

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE DOUTORADO**

**EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUAS SALOBRAS NO CULTIVO
HIDROPÔNICO DA COUVE-FOLHA**

Paula Carneiro Viana

**CRUZ DAS ALMAS, BAHIA
2017**

EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUAS SALOBRAS NO CULTIVO HIDROPÔNICO DA COUVE-FOLHA

Paula Carneiro Viana

Tecnóloga em Irrigação e Drenagem

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, 2010

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor (a) em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

**CRUZ DAS ALMAS, BAHIA
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

V614e	<p>Viana, Paula Carneiro.</p> <p>Eficiência do uso de águas salobras no cultivo hidropônico da couve-folha / Paula Carneiro Viana._ Cruz das Almas, BA, 2017.</p> <p>175f.; il.</p> <p>Orientador: Tales Miler Soares.</p> <p>Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>CDD: 631.585</p>
-------	--

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE DOUTORADO**

**EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUAS SALOBRAS NO CULTIVO
HIDROPÔNICO DA COUVE-FOLHA**

Comissão Examinadora da Defesa de Tese de
Paula Carneiro Viana

Aprovada em:

Prof. Dr. Tales Miler Soares
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Orientador)

Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Examinador Interno)

Prof. Dr. André Dias de Azevedo Neto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Manoel Januário da Silva Júnior
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(Examinador Externo)

Prof. Dr. Delfran Batista dos Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
(Examinador Externo)

DEDICATÓRIA

À minha mãe Tereza Carneiro Oliveira e ao meu pai Valdemar Viana de Oliveira.

Aos meus queridos irmãos Karinne Carneiro Viana e Manoel Carneiro Viana.

Aos meus padrinhos Francisco Moézio Soares e Maria Rosimar de Mendonça.

Aos meus incentivadores e amigos João Maria Pinheiro de Lima e Elizia Maria de Araújo Lima.

Aos meus amigos;

Dedico, com muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida, força, coragem e saúde concedida ao longo desse trabalho, por manter-me otimista e determinada a alcançar meus objetivos.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), bem como ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS) pela oportunidade na conclusão do curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa processo nº 573884/2008-0.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSAL).

Ao quadro de professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelos conhecimentos repassados e dedicação para com o programa.

Ao professor orientador Dr. Tales Miler Soares, pela dedicação, atenção, paciência e intervenções feitas ao longo deste projeto.

Aos colegas de doutorado pela companhia, boas risadas, troca de conhecimentos e problemas compartilhados.

Aos alunos da graduação da UFRB, bolsistas e estagiários, em especial a Danúbia Alves Cerqueira, Manoela Guimarães Ferreira da Paz, Mateus Gerardi Braga de Oliveira, Weyla Silva de Carvalho, Beatriz Souza Damasceno, Taise do Amor Divino Oliveira e Afonso Henrique Pires Ferreira os quais foram de fundamental importância para realização das fases desse estudo, e que a amizade de alguns levarei para sempre.

Aos meus amigos presentes ou distantes, que estão sempre em meus pensamentos.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

MEU MUITO OBRIGADA!!!!

EPÍGRAFE

“Foi o tempo que dedicastes à tua rosa que a fez tão importante” (Antoine de Saint-Exupéry).

EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUAS SALOBRAS NO CULTIVO HIDROPÔNICO DA COUVE-FOLHA

RESUMO: O semiárido brasileiro em toda sua extensão é caracterizado sobretudo por longos períodos de seca, que ocorrem em virtude da irregularidade de chuvas, muitas vezes concentradas em curtos períodos, com altas taxas de evaporação durante todo o ano, favorecendo a escassez de água superficial. Fatores como estes dificultam a implantação de sistemas agrícolas que demandam grandes quantidades de água, como a agricultura convencional. Nesse contexto o foco dessa pesquisa foi gerar e aperfeiçoar tecnologia capaz de inserir as águas subterrâneas do Semiárido do Brasil em uma atividade econômica sustentável. Desta forma, o cultivo hidropônico pode viabilizar a produção o ano todo, e assim garantir uma regularidade na oferta dos produtos. Partindo da premissa que a hidroponia pode ser condizente com a exploração de águas subterrâneas salobras, com o presente trabalho objetivou-se avaliar a eficiência do uso de águas salobras quanto à viabilidade técnica de produção da cultura da couve-folha hidropônica quando se faz o uso dessas águas. O trabalho compreendeu um experimento em condições de ambiente protegido, utilizando a cultura da couve-folha c.v 'Top Bunch', cujo delineamento experimental foi em blocos aleatorizados com sete repetições, totalizando 42 parcelas. Foram avaliados seis níveis de condutividade elétrica da água (CEa), quais sejam: 0,3; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m⁻¹, mediante seu uso, na produção da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração (ETc). O nível 0,3 dS m⁻¹ refere-se ao tratamento controle sem adição de NaCl. O sistema hidropônico utilizado foi o NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes) em canaletas de polipropileno com 4% de declividade. O aumento da salinidade da água promoveu redução no crescimento da cultura, diminuindo a altura de plantas, área foliar e o diâmetro do caule. Em contrapartida, parâmetros como comprimento da raiz, número de folhas, massa seca da raiz, relação raiz parte aérea e nível de hidratação da folha não mostraram diferenças estatísticas significativas mediante a salinidade da água. Quanto à produção de couve-folha foi observada uma redução de 7,23% na produção de matéria fresca acumulada ao final do ciclo, para cada aumento unitário de CEa. Não foram registrados sintomas que comprometessem à qualidade da cultura, que também teve seu consumo hídrico reduzido com o aumento dos sais na solução. A eficiência do uso da água com base na matéria fresca das folhas aumentou com os níveis de condutividade elétrica da água. No geral, os resultados aqui obtidos demonstraram que é possível a utilização de águas salobras no cultivo da couve-folha sem perdas significativas de qualidade.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* L. var. acephala; condutividade elétrica; cultivo sem solo

EFFICIENCY OF BRACKISH WATER USE IN THE HYDROPONIC COLLARD GREENS CULTIVATION

ABSTRACT: The Brazilian semi-arid region in its entire length is characterized mainly by prolonged periods of drought due to rainfall irregularity, which usually remain concentrated in short periods, whereas high rates of evaporation throughout the year promotes a scarcity of surface water. These factors hinder the implementation of agricultural systems that demand large amounts of water, e.g. conventional agriculture. This research focused on generating and improving technology capable of introducing the groundwater of Brazil's semi-arid region into a sustainable economic activity. Hydroponic cultivation system is able to viable the production all year round, thus ensuring regularity in products supply. Based on the premise that hydroponics can be consistent with the exploration of brackish groundwater, the present study aimed to evaluate the efficiency of brackish water use in collard greens production, regarding its technical feasibility. The experiment was carried out under protected environment conditions, using collard greens "Top Bunch", whose experimental design was performed in randomized blocks with seven replications in 42 plots. Six levels of electrical conductivity water (ECw) were evaluated, namely: 0.3; 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0 dS m⁻¹, through its use in the nutrient solution production and the replacement of evapotranspiration (ETw). The level 0.3 dS m⁻¹ refers to the control treatment without NaCl addition. The hydroponic system adopted was the NFT (Nutrient Film Technique) in polypropylene gullies with 4% slope. The increase in water salinity promoted a reduction in crop growth, decreasing plant height, leaf area and stem diameter, whereas parameters such as root length, number of leaves, root dry mass, shoot root ratio and leaf hydration level did not show significant statistical differences through water salinity. Regarding the production of cabbage leaf, a reduction of 7,23% in the production of fresh matter accumulated at the end of the cycle was observed for each unit increase of CEa. There were no symptoms that compromised the quality of the crops, which also had its water consumption reduced with the increase of the solution salinity. The Water Use Efficiency based on the fresh matter of the leaves increased with the electrical conductivity of water. In general, the results obtained here demonstrate that it is possible to use brackish water in collard greens cultivation without significant quality losses.

Keywords: *Brassica oleracea* L. var. *acephala*; electric conductivity; soiless culture

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Concentração de cloreto de sódio (NaCl) e condutividade elétrica da água (CEa) para os diferentes tratamentos aos quais foram submetidas as plantas de couve-folha.....5
- Tabela 2. Quantidades de fertilizantes para o preparo de 1 m³ de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de hortaliças, com as respectivas concentrações esperadas de nutrientes (Furlani, 1998)7
- Tabela 3. Variação percentual da condutividade elétrica da solução nutritiva do início ao final do experimento (D), salinidade média ponderada no tempo (CEsol_p) e variação percentual entre a salinidade inicial (CEsol_i) e a salinidade média ponderada (Dp), em função dos tratamentos..... 16
- Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de plantas de couve-folha hidropônica, em função da salinidade da água (CEa), aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplântio (DAT)..... 17
- Tabela 5. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC) de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplântio (DAT) .. 19
- Tabela 6. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF) de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)21
- Tabela 7. Resumo da análise de variância para comprimento da raiz de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)22
- Tabela 8. Resumo da análise de variância e regressão para área foliar (AF) de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)24
- Tabela 9. Resumo da análise de variância para massa de matéria fresca do caule (MFC) de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)26
- Tabela 10. Resumo da análise de variância para massa de matéria seca do caule (MSC) de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade

elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	26
Tabela 11. Resumo da análise de variância para massa de matéria seca da raiz (MSR) de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	27
Tabela 12. Resumo da análise de variância para relação raiz parte aérea de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	28
Tabela 13. Resumo da análise de variância para massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	31
Tabela 14. Produtividade relativa de massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) de couve-folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água nos períodos de 15, 30, 45 e 105 DAT	31
Tabela 15. Resumo da análise de variância para massa de matéria seca da parte aérea de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	32
Tabela 16. Resumo da análise de variância para massa acumulada de matéria fresca de folhas (MFFACUML) de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplântio (DAT)	33
Tabela 17. Produtividade relativa de massa acumulada de matéria fresca das folhas (MFFACUMUL) de couve hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água nos períodos de 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplântio (DAT)	37
Tabela 18. Resumo da análise de variância para massa de matéria seca das folhas por colheita de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	39

Tabela 19. Resumo da análise de variância para índice de colheita (IC) de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	40
Tabela 1. Concentração de NaCl (cloreto de sódio) e CEa (condutividade elétrica da água) para os diferentes tratamentos aos quais foram submetidas as plantas de couve-folha.....	8
Tabela 2. Resumo da análise de variância para o consumo hídrico diário de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), nos períodos de: 1-15, 16-30, 31-45, 46-60, 61-75, 75-90, 91-105 e de 1-105 dias após o transplântio (DAT).....	14
Tabela 3. Consumo hídrico (CH) relativo médio acumulado nos períodos de: 1-20, 21-33, 33-47, 47-62, 62-75, 75-89, 89-105 e do ciclo total de 1-105 dias após o transplântio (DAT) em função da condutividade elétrica da água (CEa)	16
Tabela 4. Resumo da análise de variância para teor de água na parte aérea (TAPA) de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	18
Tabela 5. Resumo da análise de variância para eficiência do uso da água (EUAMFF) para a massa de matéria fresca das folhas de couve hidropônica 'Top Bunch', em função da salinidade da água (CEa), aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dias e do ciclo todo dos 15-105 dias após o transplântio (DAT).....	19
Tabela 1. Quantidades de fertilizantes para o preparo de 1 m ³ de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de hortaliças, com as respectivas concentrações esperadas de nutrientes (Furlani, 1998)	3
Tabela 2. Características físico-químicas e organolépticas do sal (NaCl) utilizado para a composição dos tratamentos salinos	5
Tabela 3. Resumo da análise de variância para índice de esclerofilia (IE) da folha de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	10
Tabela 4. Resumo da análise de variância para nível de hidratação da folha de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	12

Tabela 5. Resumo da análise de variância para amostras de couve folha hidropônica, para as variáveis aparência, sabor, textura, impressão global e atitude, em função da salinidade da água (CEa).....	14
Tabela 6. Características observadas pelos provadores em couve-folha hidropônica e registradas na área de comentários da ficha de avaliação, para todos os tratamentos avaliados em termos de condutividade elétrica da água (CEa)	22
Tabela 7. Resumo da análise de variância para teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cloreto (Cl), sódio (Na), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) de couve-folha hidropônica em função da salinidade da água (CEa).....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Visão externa (A.) e visão interna (B.) da casa-de-vegetação onde o experimento foi desenvolvido	3
Figura 2. Vista geral da casa-de-vegetação com as unidades hidropônicas (A) e perfis instalados a 0,50 m de altura (B)	4
Figura 3. Visualização geral das mudas de couve-folha em copos descartáveis.....	6
Figura 4. Mudas de couve-folha em copos descartáveis aos 28 dias após a semeadura	8
Figura 5. Plantas de couve-folha em ponto de colheita aos 30 DAT.....	10
Figura 6. Procedimento adotado para a obtenção dos dados de diâmetro do caule (A) e altura de planta de couve-folha (B)	11
Figura 7. Valores de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) ao longo do tempo e em função dos tratamentos: T1 (CEa 0,3 dS m ⁻¹); T2 (CEa 1 dS m ⁻¹); T3 (CEa 2 dS m ⁻¹); T4 (CEa 3 dS m ⁻¹); T5 (CEa 4 dS m ⁻¹); T6 (CEa 5 dS m ⁻¹) produzidos pela adição de NaCl à água doce local	15
Figura 8. Altura de planta (AP) de couve-folha hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30,45 e 105 dias após o transplântio (DAT).....	18
Figura 9. Diâmetro do caule (DC) de couve-folha hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30,45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	20
Figura 10. Número de folhas (NF) de couve hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	22
Figura 11. Comprimento de raiz (CR) de couve-folha hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	23
Figura 12. Área foliar (AF) de couve-folha hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	24

Figura 13. Massa de matéria fresca (MFC) (A) e seca (MSC) (B) do caule de plantas de couve hidropônica 'Top Bunch' em função da salinidade da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT).....	27
Figura 14. Massa de matéria seca da raiz (MSR) de plantas de couve hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	28
Figura 15. Relação raiz parte aérea (RRPA) de plantas de couve hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT).....	29
Figura 16. Massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) (A) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) (B) de plantas de couve hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT).....	30
Figura 17. Distribuição da massa de matéria seca acumulada em plantas de couve ao final do ciclo de 105 dias após o transplântio (DAT)	33
Figura 18. Massa acumulada de matéria fresca (MFFACUML) das folhas de couve hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15 (A), 30 (B) ,45 (C), 60 (D), 75 (E), 90 (F) e 105 (G) dias após o transplântio (DAT)	35
Figura 19. Diferenças visuais entre plantas de couve-folha produzidas com água doce (tratamento controle) e o nível mais elevado da salinidade da água, aos 45 dias após o transplântio (DAT)	37
Figura 20. Aspecto visual de folhas de couve-folha 'Top Bunch' submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica da água e colhidas aos 105 dias após o transplântio (DAT)	38
Figura 21. Massa de matéria seca por colheita (MSF) das folhas de couve hidropônica em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	39
Figura 22. Índice de colheita de plantas de couve-folha 'Top Bunch' hidropônica em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 30 dias após o transplântio (DAT)	40
Figura 1. Localização da área experimental, UFRB-NEAS, Cruz das Almas-BA, 2017	3

Figura 2. Visão geral do interior da casa-de-vegetação durante o cultivo, protegido com manta termorreflectora.....	4
Figura 3. Equipamentos utilizados para obtenção das variáveis meteorológicas no interior da casa de vegetação durante todo o período experimental.....	5
Figura 4. Registro diário da temperatura do ar (°C) (A) e da umidade relativa do ar (%) mínima, média e máxima dentro da casa de vegetação, ao longo do período experimental.....	6
Figura 5. Tanque graduado do sistema de abastecimento automático, instalado na parcela hidropônica para obtenção do consumo hídrico de plantas de couve-folha.....	7
Figura 6. Mudas de couve-folha em copos descartáveis após desbaste	9
Figura 7. Evolução do consumo hídrico médio acumulado ao longo do cultivo de couve-folha hidropônica 'Top Bunch', em função dos dias após o transplântio (DAT) para todos os tratamentos testados	14
Figura 8. Consumo hídrico diário de couve-folha 'Top Bunch' nos períodos de: 1-15 (A), 16-30 (B), 31-45 (C), 46-60 (D), 61-75 (E), 76-90 (F), 91-105 (G) e do consumo hídrico acumulado no ciclo de 1-105 dias após o transplântio (DAT) (H) em função da condutividade elétrica da água (CEa)	17
Figura 9. Teor de água na parte aérea (TAPA) em função da condutividade elétrica da água (CEa) aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	18
Figura 10. Eficiência do uso da água com base na massa de matéria fresca das folhas de plantas (EUAMFF) de couve hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e do ciclo todo de 1-105 dias após o transplântio (DAT).....	20
Figura 1. Amostra de folhas de couve hidropônicas codificadas prontas para serem distribuídas aos provadores.....	7
Figura 2. Aspecto geral das plantas de couve-folha hidropônica, cv 'Top Bunch' produzidas com uso de águas salobras, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	9
Figura 3. Índice de esclerofilia (IE) na folha de couve hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30,45 e 105 dias após o transplântio (DAT).....	11

Figura 4. Nível de hidratação da folha de plantas de couve hidropônica em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)	13
Figura 5. Frequência relativa de notas dos provadores para o atributo aparência, referente as plantas de couve-folha hidropônica submetidas a níveis de condutividade elétrica da água (CEa)quais sejam: 0,3 dS m ⁻¹ (A), 1 dS m ⁻¹ (B), 2 dS m ⁻¹ (C), 3 dS m ⁻¹ (D), 4 dS m ⁻¹ (E) e de 5 dS m ⁻¹ (F).....	15
Figura 6. Frequência relativa de notas dos provadores para o atributo sabor, referente as plantas de couve-folha hidropônica, submetida a níveis de condutividade elétrica da água (CEa) quais sejam: 0,3 dS m ⁻¹ (A), 1 dS m ⁻¹ (B), 2 dS m ⁻¹ (C), 3 dS m ⁻¹ (D), 4 dS m ⁻¹ (E) e de 5 dS m ⁻¹ (F)	16
Figura 7. Frequência relativa de notas dos provadores para o atributo textura, referente as plantas de couve-folha hidropônica, submetida a níveis de condutividade elétrica da água (CEa) quais sejam: 0,3 dS m ⁻¹ (A), 1 dS m ⁻¹ (B), 2 dS m ⁻¹ (C), 3 dS m ⁻¹ (D), 4 dS m ⁻¹ (E) e de 5 dS m ⁻¹ (F).....	18
Figura 8. Frequência relativa de notas dos provadores para o atributo impressão global, referente as plantas de couve-folha hidropônica, submetida a níveis de condutividade elétrica da água (CEa) quais sejam: 0,3 dS m ⁻¹ (A), 1 dS m ⁻¹ (B), 2 dS m ⁻¹ (C), 3 dS m ⁻¹ (D), 4 dS m ⁻¹ (E) e de 5 dS m ⁻¹ (F).....	19
Figura 9. Frequência relativa de notas dos provadores para o atributo atitude, referente as plantas de couve-folha hidropônica, submetida a níveis de condutividade elétrica da água (CEa) quais sejam: 0,3 dS m ⁻¹ (A), 1 dS m ⁻¹ (B), 2 dS m ⁻¹ (C), 3 dS m ⁻¹ (D), 4 dS m ⁻¹ (E) e de 5 dS m ⁻¹ (F)	20
Figura 10. Teores foliares de nitrogênio, potássio, fósforo (A), cálcio, magnésio (B), cloreto e sódio (C) de couve-folha hidropônica em função da condutividade elétrica da água (CEa).....	27

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVA, REVISÃO DE LITERATURA, HIPÓTESES,

OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS1

1.1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA	1
1.2. OBJETIVO GERAL	3
1.3. HIPÓTESES	3
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5. REVISÃO DE LITERATURA	5
1.5.1. Agricultura no Semiárido	5
1.5.2. Considerações gerais sobre a cultura da couve-folha	6
1.5.3. Efeito dos sais sobre as plantas	7
1.5.4. A couve-folha e a salinidade	8
1.5.5. Mecanismos de tolerância ao estresse salino	9
1.5.6. Produção de hortaliças sob estresse salino	10
1.5.7. A técnica da hidroponia	11
1.5.8. Cultivo hidropônico frente ao cultivo tradicional	13
1.5.9. Utilização de águas salobras em sistemas hidropônicos	15
1.5.10. Cultivo em ambiente protegido	16
1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

CAPÍTULO II

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE COUVE-FOLHA HIDROPÔNICA COM USO DE

ÁGUAS SALOBRAS1

2.1. INTRODUÇÃO	1
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	3
2.2.1. Localização e descrição do ambiente experimental	3
2.2.2. Estrutura experimental	4
2.2.3. Tratamento e delineamento experimental	5
2.2.4. Condução da cultura	6
2.2.5. Variáveis analisadas	9
2.2.5.1. Condutividade elétrica da solução nutritiva	9
2.2.5.2. Variáveis de crescimento	10

2.2.5.3. Variáveis de produção.....	12
2.2.6. Análise estatística	13
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
2.3.1. Condutividade elétrica da solução nutritiva	14
2.3.2. Variáveis de crescimento	17
2.3.3. Variáveis de produção.....	33
2.4. CONCLUSÕES.....	42
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

CAPÍTULO III

CONSUMO HÍDRICO DE COUVE-FOLHA HIDROPÔNICA PRODUZIDA COM USO DE ÁGUAS SALOBRAS

3.1. INTRODUÇÃO	1
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
3.2.1. Localização e descrição do ambiente experimental	3
3.2.2. Monitoramento da temperatura do ar e umidade relativa no interior da casa de vegetação.....	4
3.2.3. Estrutura experimental	6
3.2.4. Uniformidade de aplicação da solução nutritiva nas calhas.....	7
3.2.5. Tratamento e delineamento experimental	8
3.2.6. Condução da cultura	8
3.2.7. Variáveis analisadas	10
3.2.7.1. Consumo hídrico	10
3.2.7.2. Eficiência do uso da água	11
3.2.7.3. Teor de água na parte aérea.....	11
3.2.7.4. Consumo hídrico relativo.....	11
3.2.8. Análise estatística	12
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
3.3.1. Consumo hídrico	13
3.3.2. Eficiência do uso da água	19
3.4. CONCLUSÕES.....	22
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

CAPÍTULO IV

ANÁLISE SENSORIAL E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE COUVE-FOLHA HIDROPÔNICA PRODUZIDAS COM ÁGUAS SALOBRAS.....

4.1.	INTRODUÇÃO	1
4.2.	MATERIAL E MÉTODOS	3
4.2.1.	Localização do ambiente experimental	3
4.2.2.	Condução da cultura	3
4.2.3.	Estrutura experimental	4
4.2.4.	Tratamento e delineamento experimental	4
4.2.5.	Variáveis analisadas	5
4.2.5.1.	Qualidade das plantas de couve-folha	5
4.2.5.2.	Análise sensorial	6
4.2.5.3.	Concentração de nutrientes nas folhas de couve-folha hidropônica	8
4.2.6.	Análise estatística	8
4.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
4.3.1.	Qualidade das plantas de couve-folha	9
4.3.2.	Análise sensorial	13
4.3.3.	Concentração de nutrientes e íons tóxicos nas folhas de couve-folha hidropônica	23
4.4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

Capítulo I

Introdução, Justificativa, Revisão de
Literatura, Hipóteses, Objetivos Geral e
Específicos

1.1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

Atualmente, a salinidade das águas e dos solos tem se tornado um problema a nível mundial, afetando de forma significativa as áreas dedicadas à agricultura, sendo mais graves em regiões áridas e semiáridas, onde os baixos índices de precipitações reduzem a possibilidade de lavagem dos sais, os quais se misturam com as águas de irrigação. Segundo o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2017), aproximadamente 500 mil propriedades rurais na área semiárida brasileira não dispõem de oferta adequada de água, aumentando sobremaneira sua vulnerabilidade às secas, cujo impacto se traduz, gravemente, na baixa-estima das comunidades atingidas. As características edafoclimáticas da Região Nordeste do Brasil contribuem para que os problemas de salinidade sejam mais acentuados.

Uma opção para essa região seria o uso de águas subterrâneas, obtidas a partir da perfuração de poços artesianos, mas que em sua maioria apresentam um alto nível de sais, as quais são caracterizadas como águas salobras. A prática da irrigação convencional com uso de águas salobras na agricultura convencional torna-se uma atividade de alto risco, tendo em vista o poder imediato de salinização nesse tipo de cultivo, dificuldades operacionais, riscos ambientais e econômicos quanto à produção das culturas.

Nesse sentido, a busca por soluções quanto à utilização de águas salobras na agricultura torna-se indispensável, fazendo-se pensar em diversos manejos que podem ser adotados procurando seguir novas estratégias que venham diminuir esses efeitos, tais como, o aproveitamento de águas salobras em hidroponia, investigando-se culturas, tipos de soluções nutritivas, tipos de sistemas, frequência de irrigação, entre outros fatores. Pesquisas com águas salobras em hidroponia são conduzidas há bastante tempo em todo o mundo, sendo historicamente relevantes para estudos voltados às alterações morfofisiológicas, às interações nutricionais e à seleção de genótipos quanto à tolerância à salinidade. Por outro lado, estudos que trabalhem com estruturas mais próximas das empregadas comercialmente e que tratem do uso de águas salobras são uma linha de pesquisa mais rara.

Recentemente no Brasil (Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba e São Paulo) esse tipo de abordagem vem sendo dada aos estudos com águas salobras em hidroponia, buscando-se a geração de tecnologias alternativas condizentes ao Semiárido, onde águas subterrâneas salobras são frequentes, sobretudo no contexto

hidrogeológico do Embasamento Cristalino, coincidindo muitas vezes com as localidades de menores índices de desenvolvimento humano do país.

Dentre os tipos de sistemas hidropônicos, disponíveis, o sistema NFT (Nutrient Film Technique, técnica do fluxo laminar de nutrientes) é o mais importante para os cultivos hidropônicos no Brasil, dentre os vários tipos de sistemas hidropônicos, destacando-se como o mais viável em instalações comerciais, no qual é muito usual adotar irrigações de 15 minutos a cada 15 minutos de intervalo. Em função da recirculação da solução, da alta frequência de irrigação, mantêm-se as raízes sempre bem supridas de água e nutrientes. Essas vantagens são condizentes ao uso racional desses insumos e também é favorável ao uso de águas salobras, de tal forma que a hidroponia potencializa as vantagens da irrigação localizada.

No Semiárido Brasileiro as hortaliças desempenham um papel importante para sociedade e na economia dessa Região. Nesse caso, a introdução de novas culturas na hidroponia como a couve-folha, que é uma cultura bastante susceptível a pragas e doenças, pode ser vantajosa, já que em solo existem limitações fitossanitárias que são um entrave para os cultivos. A couve-folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) é uma cultura bastante apreciada no Brasil, e encontra-se entre as hortaliças mais consumidas, devido ao seu poder nutricional (rica em cálcio, ferro e potássio) e por apresentar diversos benefícios para o ser humano. Seu consumo também tem aumentado, em virtude das novas formas de sua utilização na culinária e das recentes descobertas quanto às suas propriedades nutracêuticas (Azevedo et al., 2014).

Almejando tecnologia para pequenos produtores de comunidades isoladas do Semiárido, a cultura da couve-folha pode ser estratégica para programas de produção hidropônica em pequena escala, também por permitir colheitas periódicas, possibilitando aos agricultores o resgate de capital ao longo do ciclo e não apenas ao término, como no caso de outras culturas.

Assim, o presente estudo se soma aos esforços correntes que tratam da hidroponia como alternativa condizente à condição de baixa disponibilidade de água e ocorrência de águas salobras, o que pode representar em breve uma mudança positiva no Semiárido com o resgate de milhares de poços tubulares profundos que atualmente estão abandonados por causa da salinidade. O principal impacto vislumbrado é proporcionar a milhares de famílias do Semiárido mais uma opção racional de atividade econômica.

Além restrição qualitativa de suas águas, esses poços perfurados no Semiárido apresentam outro desafio: suas baixas vazões, inferiores a 4 m³/h no contexto do Embasamento Cristalino. Por essa razão, a hidroponia também se justifica visando aumentar a eficiência do uso de águas salobras disponíveis. Por essa razão, a quantificação da salinização da solução nutritiva sobre o consumo hídrico de couve-folha é um objetivo relevante para exploração dessa cultura no Semiárido.

1.2. OBJETIVO GERAL

Objetiva-se com esse trabalho, avaliar a eficiência do uso de águas salobras quanto à viabilidade técnica de produção da cultura da couve-folha em sistema hidropônico do tipo NFT.

1.3. HIPÓTESES

Este estudo foi realizado com o intuito de investigar o comportamento da cultura da couve-folha quando produzida com águas salobras. A metodologia empregada pressupõe salinização crescente. Os resultados serão de grande importância na geração de informações mais pragmáticas ao agricultor, pressupondo-se que agricultores que dispõem de águas salobras farão uso exclusivo dessas águas, sem possibilidade de mistura. Para transmitir os resultados aqui obtidos de forma mais didática, dividiu-se a pesquisa em capítulos, cujas descrições das hipóteses são:

Capítulo II

Há viabilidade técnica no que se refere à produção de matéria seca e fresca pela cultura da couve-folha em hidroponia NFT, mesmo quando se faz uso de águas salobras;

É possível utilizar águas salobras em sistema hidropônico NFT sem significativa redução da produtividade.

Capítulo III

O consumo hídrico das plantas de couve-folha será reduzido com o aumento da condutividade elétrica da água;

A eficiência do uso da água com base na massa de matéria fresca das folhas de couve será maior com o aumento da salinidade, pois a intensidade do consumo hídrico será maior que a intensidade da redução de produção de folhas comerciais.

Capítulo IV

Haverá aceitação por parte dos consumidores da couve-folha hidropônica produzida com águas salobras;

A qualidade visual das folhas de couve para comercialização *in natura* não será prejudicada por sintomas específicos de toxidez e ou deficiências nutricionais desencadeadas pela salinidade da água..

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliação do crescimento e da produção de couve-folha hidropônica quando se faz uso de águas salobras;

Quantificação do máximo consumo hídrico diário e da eficiência do uso da água para a cultura da couve-folha hidropônica produzida com uso de águas salobras;

Avaliação de preferência e intenção de compra de couve-folha hidropônica produzida com uso de águas salobras através de análise sensorial;

Quantificação dos teores de nutrientes na cultura da couve-folha produzida em hidroponia com uso de águas salobras.

1.5. REVISÃO DE LITERATURA

1.5.1. Agricultura no Semiárido

Áreas semiáridas são aquelas caracterizadas por altas temperaturas baixas precipitações que se distribuem de forma irregular durante o ano. Os solos dessas regiões apresentam problemas de salinidade devido à presença de sais como o cloreto de sódio. Segundo Cosme et al. (2011), a Região Semiárida do Nordeste brasileiro, especialmente o Polígono das Secas, apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço, aliadas às elevadas taxas de evapotranspiração e ao predomínio de rochas impermeáveis (embasamento cristalino), que favorecem a escassez de águas superficiais e limitam a implantação de sistemas de produção agrícola convencionais.

No Brasil, o semiárido ocupa 67% da região Nordeste, perfazendo 1.133 municípios de todos os estados da Região, além do norte do estado de Minas Gerais e parte do Espírito Santo, caracterizado por apresentar os menores índices pluviométricos do país, cujas precipitações médias anuais são iguais ou inferiores a 800 mm, marcada pela variabilidade espaço-temporal, baixa umidade relativa do ar, em torno de 50%, vegetação basicamente composta por caatinga hiperxerófila com trechos de floresta caducifólia e temperatura média anual de 26,3 °C, variando entre 18,2 e 34 °C (BRASIL, 2005; CORREIA et al., 2011).

Em grande parte do Semiárido, a agricultura de sequeiro de estrutura familiar, e a pecuária, principalmente de caprinos e ovinos, são as principais atividades econômicas e o meio de subsistência para grande parte da população, que utiliza na maior parte dos casos técnicas tradicionais para o aproveitamento das condições naturais desfavoráveis (IPEA, 2010).

Todavia, destaca-se no Vale do Submédio São Francisco a geração de emprego e renda em vários municípios, por conta da produção da fruticultura e horticultura irrigadas, destacando-se entre outros os perímetros irrigados de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), implantados a partir do final da década de 60 (OLIVEIRA & FÁRIAS FILHO, 2012). A região constitui-se em um verdadeiro polo de desenvolvimento regional, que vem promovendo uma nova dinâmica no Semiárido, tornando-se um dos principais polos de produção da fruticultura irrigada do país (MANTOVANI, et al., 2013).

1.5.2. Considerações gerais sobre a cultura da couve-folha

As brassicas em geral se destacam na produção olerícola do Brasil, devido ao seu alto valor nutritivo e rápido retorno econômico (STEINER et al., 2009). Dentre elas a couve, classificada como hortaliça herbácea, folhosa (BEVILACQUA, 2011a, MARTINS, 2011a), que faz parte de um complexo de cerca de 3.200 espécies inseridas em aproximadamente 350 gêneros da família Brassicaceae, superfamília Brassicaceae, que possui uma gama de variedades botânicas derivadas de *Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C. (FILGUEIRA, 2008, MILEC et al., 2007), que são amplamente cultivadas no mundo.

O cultivo de couve é muito comum em todo o país, a cultura é originária da costa do Mediterrâneo onde é cultivada desde antes de Cristo. Pertence à família botânica do repolho, couve-flor, brócolis, couve-de-bruxelas, couve-rábano, rabanete, rúcula, agrião, mostarda e nabo. A couve-folha é uma das hortaliças mais populares no Centro-Sul do Brasil, sendo produzida em pequenas áreas do cinturão verde e em hortas domésticas enriquecendo a alimentação diária da população (FILGUEIRA, 2003).

As plantas apresentam caule ereto que produzem diversos rebentos e folhas lisas com variações em tons de verde, sendo no Brasil indistintamente produzido as do grupo 'Manteiga' (FILGUEIRA, 2008), que tem multiplicado sua participação nos mercados em todo o mundo (PEÑA & HUGHES, 2015).

A couve folha (*Brassica oleracea* L.) é uma hortaliça muito rica em nutrientes, especialmente cálcio, ferro, vitaminas A, C, K e B5. Essa hortaliça é considerada boa fonte de carotenoides apresentando, entre as hortaliças, maiores concentrações de luteína e beta caroteno, reduzindo riscos de câncer no pulmão e de doenças oftalmológicas crônicas como cataratas (LEFSRUD, 2007). O consumo da couve ocorre *in natura* ou minimamente processada, sucos, salgados e doces, estando sempre entre as hortaliças mais consumidas no mercado nacional, apresentando interessantes características organolépticas, além de composto bioativo como o Glicosinolato e flavonóides (BEVILACQUA, 2011a, APAK et al., 2007).

A couve faz parte de uma importante cadeia produtiva. Aproximadamente 65% dos mais de 33 mil produtores rurais de couve, concentram a produção em áreas com menos de 10 hectares (SEBRAE, 2006), indicando uso intensivo de mão-de-obra familiar, fixação do homem no campo e geração de renda (EMBRAPA, 2015).

Segundo o SEBRAE (2006), no ano de 2006 foram produzidas no Brasil cerca de 93.551 toneladas de couve, sendo o Nordeste responsável por aproximadamente 19.700 toneladas, ficando atrás apenas da região Sudeste, responsável por mais de 56 mil toneladas. Os Estados de maior produção dentro da Região Nordeste são Alagoas (11.885 t), Bahia (3.948 t) e Pernambuco (1.547 t). Em termos monetários, isso significa mais de 17 milhões de reais para os produtores desta região.

O consumo de couve tem aumentado no Brasil devido às novas maneiras de utilização na culinária e às recentes descobertas da ciência quanto às suas propriedades nutraceuticas (NOVO et al., 2010). Devido a isso, a busca por formas mais eficientes de cultivo dessa hortaliça torna-se fundamental para que ocorra um aumento na produção bem como, na qualidade dos produtos.

1.5.3. Efeito dos sais sobre as plantas

O objetivo principal da irrigação é proporcionar uma colheita com quantidades adequadas e oportunas de água, evitando assim a perda de rendimento causada por longos períodos de estresse hídrico durante as fases de desenvolvimento das culturas que são sensíveis à escassez de água. No entanto, durante as irrigações repetidas, os sais na água de irrigação podem acumular-se no solo, reduzindo a água disponível para a cultura e acelerando o início da falta de água. A salinidade contínua é um fator importante na redução da produção de culturas e de lucros em muitas regiões áridas e semiáridas, apesar das técnicas avançadas de gestão desenvolvidas nas últimas décadas (EDELSTEIN et al., 2011).

A salinidade impõe duas restrições sobre as plantas: um efeito osmótico decorrente do menor potencial da água no solo e um efeito iônico resultante da toxicidade direta de íons salinos e o desequilíbrio de íons nas plantas levando a várias alterações fisiológicas (MUNNS & TESTER, 2008).

Os efeitos do estresse causado pela salinidade afetam o crescimento das culturas e sua produtividade pela redução do potencial osmótico, alterações no metabolismo da planta, inibição da atividade enzimática, desequilíbrio iônico, distúrbios na acumulação de solutos, íons específicos ou a combinação de todos estes fatores (MUNNS et al., 2006).

Os efeitos da salinização sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência

dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos) reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (GHEYI et al., 2010).

As soluções nutritivas com elevados conteúdos de íons, como sódio e cloreto, influenciam de maneira direta na absorção dos nutrientes. O sódio provoca uma competição direta na absorção de K^+ , o íon cloreto na de NO_3 . Tais aumentos de sais reduzem o potencial osmótico da solução e retardam a absorção de água e íons minerais que geram um desequilíbrio de água na planta. É por esta razão que a absorção e o transporte de íons, tais como Ca e B são afetados (BELTRANO e GUIMENEZ, 2015).

Estima-se que no Brasil existam, aproximadamente, nove milhões de hectares com problemas de salinidade, a maior parte dessa área localizada nos perímetros irrigados do Nordeste (LUCENA et al., 2011). Nessa Região, onde a precipitação é limitada e as temperaturas são elevadas, a salinidade tem sido um dos principais fatores responsáveis pela diminuição no crescimento e na produtividade das culturas (PEREIRA, 2008).

Estudos realizados com diversas culturas têm demonstrado que a tolerância à salinidade é controlada por mais de um gene e é altamente influenciada por fatores ambientais (FLOWERS & FLOWERS, 2005); entretanto, os efeitos dependem ainda de outros fatores como espécie, cultivar, estágio fenológico, tipo de sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

1.5.4. A couve-folha e a salinidade

A despeito de sua popularidade, entre as brassicas existentes, a cultura da couve-folha é pouco enfocada em trabalhos na literatura especializada na produção hidropônica ou mesmo sobre sua produção com águas salobras, mesmo em consulta às bases internacionais. Em relação à sua tolerância à salinidade, Maas (1984), citado por Ayers & Westcot (1999), classificou a cultura como moderadamente sensível, cuja salinidade limiar definida pelos autores é de $1,8 \text{ dS m}^{-1}$, com decréscimo relativo na produtividade de 9,7%.

Prejuízos fitossanitários são um ponto crítico para a cultura da couve, que é muito suscetível a pragas e doenças, problemas que muitas vezes implica no uso indiscriminado de defensivos. O uso de águas de qualidade inferior sobre as folhas

pode prejudicar sua aparência, desvalorizando-as, além de poder causar o aporte de patógenos para saúde humana. Nesse sentido, a hidroponia pode ser vantajosa para a cultura da couve, podendo agregar concretamente o marketing da melhor qualidade das folhas em termos de segurança alimentar (REZENDE, 2010).

Jamil et al. (2005), estudando a tolerância de espécies de brassicas à salinidade quanto ao crescimento e germinação precoce de plântulas, verificaram que para a couve-folha a salinidade teve efeito considerável no número de folhas por planta e também sobre a área foliar, além da massa fresca da parte aérea e massa das raízes terem sido fortemente inibidos devido os níveis de salinidade.

Medeiros et al. (2012) verificaram que o nível de salinidade das águas teve efeito direto sobre as produções de matéria seca da couve, sendo este efeito potencializado pelas elevadas concentrações dos demais íons e os elevados valores de pH.

Rezende (2010), estudando a produção hidropônica de couve-folha com aproveitamento de águas salobras, verificou que a produção no sistema hidropônico NFT foi reduzida pelo aumento da salinidade da água e que a redução da produtividade da couve em função da condutividade elétrica da água foi considerada baixa, da ordem de $6,4 \% (dS m^{-1})^{-1}$. O autor ainda afirma que as águas salobras avaliadas não produziram sintomas deletérios à qualidade visual da couve-folha.

1.5.5. Mecanismos de tolerância ao estresse salino

As plantas desenvolveram três mecanismos principais para neutralizar o estresse salino: desintoxicação, restauração da homeostase e regulação do crescimento (ZHU, 2001). Para isso, desenvolveram diferentes mecanismos de tolerância; o uso de um mecanismo ou outro depende do tipo de planta.

As plantas classificam-se em halófitas ou glicófitas em função de sua tolerância aos sais; as halófitas são aquelas que crescem em solos com altas concentrações de sais; já as glicófitas são aquelas que se desenvolvem em solos livres de sais ou em baixo nível de salinidade. A maioria das plantas cultivadas se encontra entre as glicófitas (GREENWAY & MUNNS, 1980). Diversos autores determinam três tipos de mecanismos de tolerância ao estresse: a tolerância ao estresse osmótico, a exclusão de íons e a tolerância dos tecidos (MUNNS & TESTER, 2008; ROY et al., 2014).

O estresse osmótico reduz de forma imediata a expansão celular em folhas e raízes, e causa o fechamento estomático (MUNNS & TESTER, 2008). Finalmente, o

desequilíbrio iônico afeta o metabolismo da planta (TURAN & TRIPATHY, 2015). O mecanismo de exclusão de íons (Na^+) da raiz é muito importante para minimizar os danos em plantas cultivadas sob estresse salino, e se baseia na existência de barreiras que interrompem a absorção e/ou transporte dos sais (LARCHER, 1995). O sódio é mais tóxico nas folhas das plantas, onde se acumula depois de ter sido depositado pelo fluxo de transpiração. A maior parte do Na^+ que chega a partir da raiz permanece na parte aérea porque a recirculação do Na^+ no floema para a raiz é muito menor. O mecanismo de exclusão iônica é utilizado pelas plantas glicófitas (ASHRAF, 2004).

A tolerância ao estresse osmótico se deve a dois mecanismos, acúmulo de Na^+ no vacúolo, ajuste osmótico através da síntese de solutos compatíveis e desintoxicação (ROY et al., 2014). Para que a planta possa absorver água do solo e manter a turgescência celular necessária para o crescimento, deve acumular solutos na célula para atingir um potencial de água abaixo do potencial de água do solo (ASHRAF, 2004).

Em solos salinos, os solutos mais abundantes são os íons Na^+ e Cl^- , no caso de plantas halófitas, o ajuste osmótico ocorre pela acumulação de íons inorgânicos (principalmente de Na^+ e Cl^-); no entanto, plantas glicófitas podem realizar o ajuste osmótico através da absorção de íons tóxicos, por conseguinte, têm de sintetizar outros solutos compatíveis a reações metabólicas que ocorrem no citosol (GREENWAY e MUNNS, 1980; WYN JONES, 1981; ASHRAF, 1994), o que requer um gasto de energia que não será mais utilizada em processos tais como o crescimento (LARCHER, 1995).

1.5.6. Produção de hortaliças sob estresse salino

A salinidade do solo e das águas de irrigação é um fator limitante para o crescimento e produtividade das plantas. Águas com altos níveis de sais são muito abundantes na Região Semiárida do Nordeste Brasileiro. Configurando-se um dos principais obstáculos encontrados para o uso desse recurso. Problemas com a qualidade da água de irrigação também são identificadas nas zonas áridas do México, onde existem em grandes quantidades águas subterrâneas ricas em sais (GONZÁLEZ BARRIOS et al., 2013).

González Barrios et al. (2014) avaliando o impacto da salinidade da água de

irrigação na qualidade de pimenta-jalapenho, concluíram que é possível produzir frutos de qualidade e aponta a necessidade de utilização de águas salobras de forma experimental para propor tecnologias de produção mais sustentáveis e melhor adaptadas a qualidade dos recursos hídricos disponíveis nas regiões áridas.

De forma geral, a maioria das hortaliças são pouco tolerantes à salinidade. Mass & Hoffman (1977) classificaram diferentes culturas, dentre elas hortaliças folhosas e de frutos quanto a sua tolerância à salinidade. Os valores tabelados determinados pelos autores devem ser tomados como um guia para avaliar as perdas de produção devido à salinidade, no entanto, para uma avaliação correta, testes mais precisos devem ser realizados com variedades locais de culturas, tipos de sistemas, condições climáticas, solo e gestão da zona representativa.

Estudos com produção de hortaliças utilizando água salobra são bastante desenvolvidos no Brasil (Medeiros et al., 2009; Oliveira et al., 2013; Silva et al., 2013), por outro lado, alguns estudos (Paulus et al., 2010; Santos et al., 2010; Soares et al., 2010; Alves et al., 2011) têm mostrado alternativa de produzir hortaliças de forma hidropônica, quando se faz uso de água de qualidade inferior, visto que essas águas podem vir a causar danos ambientais, tais como a salinização do solo.

Conforme Scuderi et al. (2011), altos níveis de sais na solução nutritiva podem limitar o desenvolvimento das culturas, uma vez que as plantas cultivadas sob estresse salino crescem lentamente, têm menor teor de água em seus tecidos e os seus rendimentos diminuem. Apesar destes inconvenientes, a produção de alface com água salobra em hidroponia tem demonstrado efeito positivo no aumento da vida útil da cultura durante a pós-colheita.

A produção de hortaliças sob estresse salino pode ser muito vantajosa, desde que se encontre o sistema adequado, visto que culturas de ciclo rápido tendem a sofrer menos com os efeitos causados pela salinidade. Portanto, quando se faz uso de água salobra na produção de hortaliças torna-se mais importante garantir uma produção equilibrada e contínua, do que produzir em maior quantidade e menor frequência.

1.5.7. A técnica da hidroponia

A hidroponia é a técnica de produção de cultivo sem solo, em que o sistema é abastecido por água e nutrientes, através de uma solução nutritiva completa

proporcionando condições necessárias para um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas.

O século XXI tem sido marcado pelo ressurgimento de técnicas agrícolas sustentáveis. Alterações em zonas tradicionalmente dedicadas ao cultivo levaram produtores a repensar na necessidade de obter cultivos de qualidade em áreas cada vez mais limitadas. Além disso, as alterações climáticas e a escassez de água têm obrigado a melhorar os sistemas de produção intensiva, incluindo a hidroponia.

Atualmente existem grandes empresas que optaram por mudar seus sistemas agrícolas tradicionais para sistemas hidropônicos, o que lhes permitiu ver grandes benefícios, principalmente na qualidade dos produtos e retornos econômicos. Além disso, nos últimos dias, tem-se visto pessoas interessadas na prática da hidroponia em pequenos espaços urbanos, sendo esta uma das vantagens da hidroponia a capacidade de adaptar-se a qualquer ambiente.

Respeitando-se as recomendações técnicas, a hidroponia pode propiciar inúmeras vantagens aos agricultores, as quais são citadas por Teixeira (1996) e Rodrigues (2002): produção de melhor qualidade; maior produtividade; menor emprego de mão-de-obra; mínimo uso de defensivos; colheita precoce; maiores eficiências no uso da água e fertilizantes; melhoria da ergonomia nas atividades; dispensa da rotação de culturas; eliminação de alguns tratamentos culturais; e utilização racional de áreas subutilizadas pelo cultivo tradicional.

Na hidroponia, os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas estão presentes na solução nutritiva, cuja concentração dos íons é quantificada através dos valores de condutividade elétrica (SORENSEN & RELF, 2009). O uso de sistemas hidropônicos pode ser combinado com o ambiente protegido a fim de controlar a temperatura, reduzir perdas de água por evaporação, controlar a presença de pragas e doenças e proteger os cultivos de fatores ambientais como vento e chuva (CONN et., 2013).

Dentre os sistemas hidropônicos existentes, mas, com viabilidade econômica comprovada até agora, destacam-se os sistemas NFT (Nutrient Film Technique) e DFT (Deep Flow Technique), ambos classificados como sistemas fechados (RODRIGUES, 2002). Em países do Hemisfério Norte, como EUA, Canadá e boa parte da Europa, há uma predominância de cultivo em vasos ou canteiros com substrato, mas com reaproveitamento da solução nutritiva (sistema fechado). No Brasil, onde tem crescido o interesse nos últimos anos pela hidroponia, o sistema NFT

é bastante consolidado entre os hidroponistas, sendo predominante (MATHIAS, 2008; FURLANI et al., 1999).

A escolha do sistema hidropônico a ser utilizado depende de muitos fatores, tais como disponibilidade financeira, cultura a ser utilizada, disponibilidade de água e energia elétrica. No entanto, qualquer espécie vegetal pode ser cultivada em sistema hidropônico, desde que sejam adaptadas estruturas adequadas para o seu cultivo (LUZ et al., 2010).

1.5.8. Cultivo hidropônico frente ao cultivo tradicional

Embora a hidroponia pareça ser um conceito de alta tecnologia, sofisticado, este método de cultivo existe desde os tempos mais remotos. O ambiente no qual vive a raiz é o que separa a hidroponia do cultivo em solo. A hidroponia é, portanto, um conceito de cultivo "sem solo" que utiliza sistemas de cultura e nutrientes estudados especificamente. O seu objetivo é estimular o crescimento da planta controlando as quantidades de água, de sais minerais e, o mais importante, de oxigênio dissolvido, acessíveis às plantas (KEHDI, 2017).

As vantagens imediatas da hidroponia em relação ao solo são fáceis de compreender. O fato de não ser utilizado solo nesse tipo de sistema permite-se utilizar a hidroponia onde desejarmos; o cultivo sem solo, significa ausência de doenças e de pragas vindas do solo e de ervas daninhas, diminuindo a aplicação de pesticidas e outros tipos de defensivos; um sistema fechado significa poupança de água e de fertilizantes, sendo a única solução nutriente utilizada a que as plantas absorvem, não existindo nenhuma perda nem no solo nem por evaporação; as plantas transformam os seus alimentos vindos do solo em íons para serem absorvidos, na hidroponia esses mesmos íons já estão prontamente disponíveis para planta; no solo, as plantas desperdiçam muita energia para desenvolver a grande massa radicular de que necessitam para encontrar e absorver os alimentos, na hidroponia as raízes estão submergidas numa solução nutriente oxigenada perfeitamente adaptada, assim a planta concentrará a sua energia unicamente para o desenvolvimento da folhagem, das flores e dos frutos. Isso resulta numa melhor utilização do espaço e uma melhoria visível da taxa de crescimento e de colheitas.

Dentre inúmeras vantagens ainda permanece uma pergunta decisiva: sabemos que no solo existem mais de cerca de 100 elementos diferentes que são úteis para as

plantas e para a saúde dos seres vivos, e que não estão todos incluídos numa solução hidropônica, a exemplo do vinho, que as qualidades intrínsecas do solo determinarão o sabor e fragrância, será a hidroponia capaz de oferecer essas características? Atualmente, a hidroponia tenta aperfeiçoar a alimentação da planta e aproxima-se cada dia mais de um ambiente como o do solo. Com efeito, elementos aditivos, completam a nutrição das plantas.

A alta eficiência de uso da água na hidroponia é uma de suas principais vantagens, em relação ao cultivo tradicional em solo. Na hidroponia, as perdas por evaporação podem ser substancialmente menores (SANJUÁN & GAVILÁN, 2004), o que implica em economia de água. Por outro lado, as condições controladas e o constante suprimento de água e nutrientes podem favorecer o aumento da produtividade da cultura. Portanto, com a hidroponia, pode-se ter a possibilidade de aumento do rendimento da cultura por unidade de volume de água consumida, constituindo-se uma vantagem muito desejável para o Semiárido. Conforme Schwarz (1995), o volume de água requerido para uma produção hidropônica deve ser menor que no cultivo convencional, sendo essa a razão para sua adoção em regiões áridas.

As limitações fitossanitárias do solo promoveram o desenvolvimento e a adoção de técnicas de cultivo sem solo ou hidroponia em regiões tradicionais de produção de hortaliças, e o exemplo mais marcante está situado em Almeria, no Sul da Espanha (CAÑADAS, 1999).

Feltrim et al. (2005) estudando a produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP, verificaram que a produção de massa fresca e seca da parte aérea das cultivares estudadas foi influenciada pela época (inverno ou verão) mas não o foi pelo sistema de cultivo (solo ou hidroponia).

Genuncio et al. (2010), estudando a produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio verificaram que o sistema hidropônico propiciou maiores produção e qualidade de frutos de tomateiros dos tipos italiano (San Marzano) e salada (Santa Clara), em comparação ao sistema fertirrigado em solo. Farias et al. (2010), avaliando os teores de minerais em diferentes variedades de jambú conduzidas em solo e hidroponia NFT em Belém-PA, constataram que as plantas cultivadas em sistemas hidropônicos apresentaram na maioria das colheitas, teores mais elevados dos nutrientes estudados, contudo não houve diferença significativa entre as variedades.

Fernandes Júnior et al. (2002), avaliando a produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido, concluíram que os sistemas hidropônicos apresentaram melhor distribuição da produção ao longo do ciclo, diferindo do pico característico do sistema convencional. Neves et al. (2005), estudando o desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo, concluíram em seus resultados que o sistema hidropônico utilizado, deixando uma lâmina de solução nutritiva nas mesas de cultivo, pode ter favorecido as plantas da hidroponia em relação às em vasos com solo, que foram irrigadas duas vezes por dia. Assim, a adequação do material e dos métodos seria uma alternativa. As plantas cultivadas em vasos com solo foram mais precoces, em sete dias, que as plantas da hidroponia, contrariando relatos da literatura que afirmam que plantas cultivadas em hidroponia têm seu ciclo diminuído.

1.5.9. Utilização de águas salobras em sistemas hidropônicos

Diante da crescente necessidade de preservação ambiental, escassez de água e demanda de alimentos pela população, algumas pesquisas foram conduzidas visando demonstrar a vantagem relacionada à viabilidade técnica da hidroponia para o aproveitamento racional de águas salobras. (Soares et al., 2007; Santos, 2009;; Soares et al., 2015; Silva et al., 2016; Cova et al., 2017), o que tem impacto positivo para o estabelecimento de uma alternativa econômica para o Semiárido. Essas pesquisas são propostas com a finalidade de gerar tecnologia para uso racional das águas subterrâneas salobras do Semiárido e do rejeito da dessalinização por osmose reversa, sendo que nesse último caso o impacto tecnológico seria duplo, por mitigar aquela que é uma das maiores restrições a essa tecnologia: a destinação apropriada do seu rejeito (SOARES et al., 2006).

A hipótese básica dos estudos anteriormente citados é que na hidroponia a resposta das plantas em condições salinas é melhor que no cultivo convencional baseado no solo, visto que, na hidroponia, pode não existir o potencial mátrico, que no solo é uma das causas da diminuição da energia livre da água (SOARES et al., 2007).

Também se tem apontado a hidroponia como um sistema de maior segurança ambiental, mais condizente com o uso de águas salobras, pois sua própria estrutura

funciona como sistema de drenagem. Assim, os sais acumulados ao final do processo produtivo podem ser facilmente dirigidos para fora do sistema (SOARES, 2007).

O aproveitamento de águas salobras na agricultura não é um tema novo nas pesquisas, sendo o sistema de produção hidropônico uma novidade no que diz respeito principalmente à adaptação desse tipo de sistema às águas salobras. O sucesso dessa prática pode ser exemplificado em alguns trabalhos: Soares et al. (2007), estudando a produção de alface com a utilização de águas salobras em sistema hidropônico, observaram a redução na produção de 14,27% de alface com água salobra em relação a água doce. A baixa redução na produção não impossibilitou a utilização de águas salobras em hidroponia, pelo contrário, demonstrou-se a possibilidade real do uso dessas águas, podendo a resposta aos sais ser superior àquela obtida em cultivos convencionais baseados em solo. Dias et al. (2011), também para a cultura da alface, obtiveram respostas positivas quanto à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. Os autores obtiveram rendimento produtivo independentemente do nível de salinidade para um dos dois genótipos estudados Verônica e Babá de Verão.

Alguns trabalhos foram desenvolvidos com a utilização de águas salobras em hidroponia em diferentes culturas, sendo: no manjeriço (BIONE et al., 2014), no girassol (MACIEL et al., 2012), no agrião (ALVES, 2011), na rúcula (SANTOS, 2010) e no pepino (SAVVAS et al., 2006); tais resultados demonstram a possibilidade de uso de águas salobras nos sistemas hidropônicos tornando-o um tema promissor, já que esses sistemas são mais eficientes no que diz respeito ao aproveitamento de recursos alternativos, menor impacto ambiental, bem como, maior rendimento econômico comparado aos sistemas de irrigação convencionais.

A hidroponia pode ser condizente com a produção intensiva, baseada em pequenas áreas, pois nela a eficiência do uso da água é reconhecidamente maior que no solo porque torna mínima a perda por evaporação. Isso permitiria o uso de águas salobras e, como benefício extra, incrementaria a proteção ambiental (ALVES, 2011).

1.5.10. Cultivo em ambiente protegido

O desafio dos produtores brasileiros na produção de hortaliças é muito grande, pois estima-se que sejam cultivados cerca de 770 mil hectares e produzidos aproximadamente 17,5 milhões de toneladas de hortaliças em todo o país

(EMBRAPA, 2006). Para suprir essa demanda do mercado consumidor em quantidade, qualidade e regularidade de hortaliças diversas, torna-se necessário o uso de sistemas de cultivo com alta produtividade, independentemente do seu tipo, com ou sem solo, protegido ou não. Assim, fazem-se sempre necessárias à formação e a atualização de recursos humanos relacionados à cadeia produtiva da horticultura, nos conceitos de nutrição de plantas e no uso das ferramentas existentes para seu manejo (FURLANI & PURQUERIO, 2010).

A utilização de sistemas de cultivo de hortaliças em ambiente protegido surgiu como uma ferramenta para driblar as variações climáticas que causavam grande dependência à produção de alimentos pela agricultura favorecendo ou não essa atividade, minimizando, portanto, as perdas de produção e possibilitando o maior cultivo de plantas com maior eficiência, maior produtividade e qualidade dos produtos. Segundo Factor et al. (2008), uma das técnicas da agricultura moderna muito utilizada para viabilizar o cultivo fora de época, diminuir custos e aumentar a produtividade, é o cultivo protegido que, juntamente com as novas tecnologias aplicadas à área de irrigação, como a fertirrigação, tem propiciado bons resultados.

Entre as principais vantagens do cultivo em ambiente protegido, citam-se: colheitas na entressafra; aumento de produtividade, sendo para algumas culturas de duas a três vezes maior que a do cultivo convencional; redução da sazonalidade de produção e regularização do abastecimento; colheitas mais precoces; melhor qualidade dos produtos. Essa atividade propicia o cultivo em locais onde as condições climáticas são limitantes. Para culturas mais exigentes em temperatura, a utilização de ambientes protegidos elimina a restrição de baixa temperatura, considerando que temperaturas mais altas podem ser obtidas mesmo em épocas ou regiões com temperaturas amenas. Por outro lado, o cultivo em ambiente protegido também apresenta desvantagens, como o alto custo para sua implantação a depender do grau de tecnologia empregada no ambiente. Além disso, este sistema de cultivo envolve áreas de conhecimento amplas para que o manejo das plantas dentro dele seja bem feito, necessitando de mais conhecimento técnico para ser realizada com sucesso (PURQUERIO & TIVELLI, 2014).

As hortaliças produzidas em ambiente protegido e com tecnologia moderna fazem parte do início de uma “nova olericultura”, mais eficiente e capaz de garantir a continuidade, a competitividade e o crescimento do agronegócio brasileiro. A busca por maiores produtividades é o principal foco de pesquisa em trabalhos científicos. A

principal finalidade de se conduzir uma cultura em ambiente protegido é a obtenção de colheitas nas épocas em que as cotações dos produtos são mais elevadas e que, normalmente, coincidem com a menor oferta do produto no mercado (GONDIM et al., 2011).

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido é bastante difundido e aceito nas áreas de produção em todo o país. A sua aceitação e expansão entre produtores deve-se à exploração racional de pequenas áreas e à garantia de colheita, permitindo a obtenção de produções elevadas e de melhor qualidade (QUEIROZ; TESTEZLAF; MATSURA, 2004).

O ambiente protegido favorece o cultivo de couve-folha, visto que, a cultura é bastante suscetível a pragas e doenças. A utilização de casas de vegetação justifica-se pela rentabilidade da cultura, sendo necessário, portanto, que o produtor saiba manejar esse tipo de cultivo, reduzindo a aplicação de agroquímicos e apostando na agricultura orgânica, agregando um valor interessante ao produto final. Outro ponto importante a se considerar para a cultura da couve é a adubação mineral. São escassas as prescrições de adubação na couve cultivada em solo ou hidroponia. Muitas fórmulas de soluções nutritivas têm sido usadas e avaliadas quanto a produtividade das culturas em hidroponia (COMETTI et al., 2008).

1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M.S. Estratégias de usos de águas salobras no cultivo de hortaliças folhosas em sistema hidropônico NFT. Cruz das Almas, 2011. 100p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB.

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

APAK, R.; GUCLU, K.; DEMIRATA, B.; OZYUREK, M.; BEKTASOQLU, B.; BERKER, K.I.; OZYURT, D. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. Molecules, v.12, p. 496 - 547, 2007.

ASHRAF, M. Breeding for salinity tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences, v.13, p. 17 - 42, 1994.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sciences, v.166, p. 3 - 16, 2004.

AZEVEDO, A.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; FERNANDES, J.S.C; PEDROSA, C.E.; VALADARES, N.R.; FERREIRA, M.R.M.; MARTINS, R.A.V. Divergência genética e importância de caracteres morfológicos em genótipos de couve. Horticultura Brasileira, v.32, p.48 - 54, 2014.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

BELTRANO, J.; GUIMENEZ, D. O Cultivo en hidroponía. 1. ed. Buenos Aires: UNLP, Digital Universidad Nacional de La Plata, 2015. 181p.

BEVILACQUA, H.E.C.R. Classificação das hortaliças, In H.E.C.R. Bevilacqua (Ed.), Cultivo de hortaliças. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2011. p. 1 - 6.

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, p. 1228 - 1234, 2014.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Cartilha do Programa de Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Semi-Árido (CONVIVER). Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/programasregionais/publicacoes/conviver.asp>> Acesso em: 10 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do Semiárido brasileiro. Brasília, DF, p. 32, 2005.

CAÑADAS, J.J.M. Sistemas de cultivo en sustrato: A solución perdida y con recirculación del lixiviado. In: FERNÁNDEZ, M. F.; CUADRADO GOMES, I. (2.Ed.) Almeria: Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Fundación para Investigación Agraria en la Provincia de Almeria e Caja Rural de Almeria, 1999. p.173 - 205.

COMETTI, N.N.; MATIAS, G.C.S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M.S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico-sistema NFT. Horticultura Brasileira, v.26, p. 252 - 257, 2008.

CONN, S.J.; HOCKING, B.; DAYOD, M.; XU, B.; ATHMAN, A.; HENDERSON, S.; AUKETT, L.; CONN, V.; SHEARER, M.K.; FUENTES, S.; TYERMAN, S.D.; GILLIHAM, M. Optimising hydroponic growth systems for nutritional and physiological analysis of *Arabidopsis thaliana* and other plants. Plant Methods, v.9 p. 1 - 4, 2013.

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

CORREIA, R.C.; KIILL, L.H.P.; MOURA, M.S.B.; CUNHA, T.J.F.; JESUS JUNIOR, L.A. de; ARAUJO, J.L.P. A região semiárida brasileira. In: VOLTOLINI, T.V. (Ed.). Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 21 - 48.

COSME, C.R.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; OLIVEIRA, E.M.M.; SOUSA NETO, O.N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p. 499-504, 2011.

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

EDELSTEIN, M.; PLAUT, Z.; BEN-HUR, M. Cloreto de sódio e de exclusão e de retenção pelo melão não enxertado e enxertado e Cucurbita. Journal of Experimental Botany, V.62, p. 177-184, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Disponível em: www.cnph.embrapa.br. Acesso: 15 ago. de 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: 2006. 306p.

FACTOR, T.L.; ARAUJO, J.A.C.; VILELLA JUNIOR, L.V.E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.143 - 149, 2008.

FARIAS, V.D.S.; SOLSA, G.T.; GUSMÃO, S.A.; SAMPAIO, I.M.G.; CASTRO, L.N. Teores de minerais em diferentes variedades de jambú conduzidas em solo e hidroponia NFT em Belém-Pará. Horticultura Brasileira v.29, p. 1658 - 1664, 2010.

FELTRIM, A.L.; CECÍLIO FILHO, A.B.; BRANCO, R.B.F.; BARBOSA, J.C.; SALATIEL, L.T. Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.505 - 509, 2005.

FERNANDES JÚNIOR, F.; FURLANI, P.R.; RIBEIRO, I.J.A.; CARVALHO, C.R.L. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. Bragantia, v.61, p. 25 - 34, 2002.

FILGUEIRA FAR. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: UFV. 2008. 421p.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. p. 274 - 294.

FLOWERS, T.J.; FLOWERS, S.A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders. Agricultural Water Management, v.78, p.15 - 24, 2005.

FURLANI, P.R.; PURQUERIO, L.F.V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: Nutrição de Plantas: diagnose foliar em hortaliças. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, 2010. p.45-62.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. 1. ed. Campinas: IAC, 1999. 52p.

GENUNCIO, G.C.; SILVA, R.A.C.; SÁ, N.M.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A.P. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. Horticultura Brasileira, v.28, p. 446 - 452, 2010.

GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. 1. ed. Fortaleza: INCTSAL, 2010, 472p.

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

GONZÁLEZ BARRIOS, L.; CASTORENA, M.V.; VALENCIA, E.A, CERVANTES, G. G.; IBARRA, M.A.I. Geografía de la calidad del agua subterránea para riego en la comarca lagunera: conductividad eléctrica. *Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia*, v.13, p. 43 - 53, 2013.

GONZÁLEZ BARRIOS, L.; VILLEGAS, U.C.; CASTORENA, M.V.; IBARRA, M.A.I.; VALENCIA, E.A.C. Impacto de la salinidad del agua de riego en la calidad del fruto de chile jalapeño. *Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia*, v.14, p. 61 - 66, 2014.

GREENWAY, H.; MUNNS, H. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, v.31, p. 149 - 190, 1980.

GASQUES, J.G.; VIEIRA FILHO, J.E.R.; NAVARRO, Z. *A Agricultura Brasileira: Desempenho, desafios e perspectivas*. 1. ed. Brasília: IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2010. 78p.

JAMIL, M.; Lee, C.C.; REHMAN, S.U.; LEE, D.B.; ASHRA, M.; RHA, E.S. Salinity (NaCl) tolerance of Brassica species at germination and early seedling growth. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, v.4, p. 970 - 976, 2005.

KEHDI, N. Hidroponia ou solo, a grande questão? Pergunte a um especialista. Disponível em http://www.eurohydro.com/pdf/articles/p_hydroponics.pdf Acesso em: 13 fev. 2017.

LARCHER, W. *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag, 1995.

LEFSRUD, M.; KOPSELL, D.; WENZEL, A.; SHEEHAN, J. Chances in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) carotenoid and chlorophyll pigment concentrations during leaf ontogeny. *Scientia Horticultura*, v.112, p. 136 - 141, 2007.

LUCENA, R.R.M.; NEGREIROS, M.Z.; MEDEIROS, J.F.; GRANGEIRO, L.C.; MARROCOS, S.T.P. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em melancia “quetzali” cultivada sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Caatinga*, v.24, p. 34 - 42, 2011.

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.

MAAS, E.V. Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE, B.R. (ed) *The handbook of plant science in agriculture*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1984. p. 20 - 21.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. *Irrigação - Princípios e métodos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013. 355p

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance: current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage*, v.103, p. 115 - 134, 1977.

MARTINS, A.L.C. Planejamento da horta,. In H.E.C.R. BEVILACQUA (ed.), *Cultivo de hortaliças*. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2011. p. 25-30.

MATHIAS, M. NFT in Brazil. *Practical Hydroponics & Greenhouses*. Narrabeen, p.33-40, 2008.

MEDEIROS, P.R.F.; DANTAS, R.M.L.; SILVA, E.F.L.; SANTOS A.N.; MARQUES, M. E.H.P.; LIMA, V.V. Produção de matéria seca da cultura couve-chinesa em função do tipo de água em hidroponia. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING & IV WINOTEC WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO. Fortaleza. Anais..., 2012.

MEDEIROS, P.R.F.; DUARTE, S.N.; DIAS, C.T.S. Tolerância da cultura do pepino a salinidade em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.406 - 410, 2009.

MILEC, A.T.; MORAIS, R.M.D.; XAVIER, V.C.; CONCEIÇÃO, D.C.; MAUCH, C.R.; MORSELLI, T.B.G.A. Produção de mudas de couve brócolis em dois sistemas de irrigação utilizando substratos orgânicos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.2, p.1483 - 1486, 2007.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mecanismos de tolerância à salinidade. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p. 651 - 681, 2008.

MUNNS, R.; JAMES, R.A.; LAUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, v.5, p. 1025 - 1043, 2006.

NEVES, M.B.; BUZETTI, S.; CARMEN, C.R.M.M.; BOARO, S.F.B. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva em solo. *Científica*, v.33, p.127 - 133, 2005.

NOVO, M.C.S.S.; PRELA-PANTANO, A.; TRANI, P.E.; BLAT, S.F. Desenvolvimento e produção de genótipos de couve manteiga. *Horticultura Brasileira*, v.28, p. 321 - 325, 2010.

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 Agroambiente On-line*, v.7, p. 170 - 178, 2013.

OLIVEIRA, A, C.; FÁRIAS FILHO, S.M. Um paralelo entre os produtores de frutas do polo Petrolina Juazeiro com os Fruticultores de toda a área de atuação do BNB. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, v.14, p. 13 - 25, 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, p.29 - 35, 2010.

PEÑA, R. de LA.; H. HUGHES. Improving vegetable productivity in a variable and changing climate. Taiwan, SAT e Journal. 22p. Disponível em <http://www.icrisat.org/journal/SpecialProject/sp1.pdf>. Acesso em: 17 ago. de 2015.

PEREIRA, F.H.F. Professor da UFERSA tem estudo para reduzir salinidade. Tribuna do Norte, Natal, 7 de mar. 2008.

PURQUEIRO, L.F.V.; TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. Instituto Agrônomo de Campinas. Disponível em <http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MANEJOCultivo_Protegido/Manejo_Cultivo_prottegido.htm>. Acesso em: 21 ago. 2014.

QUEIROZ, S.O.P.; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E.F. Avaliação de equipamentos para a determinação da condutividade elétrica do solo. Irriga. Botucatu, v.10, p. 279 - 287, 2004.

REZENDE, E.P.L. Produção hidropônica de couve-folha com aproveitamento de águas salobras. Cruz das Almas, 2010. 44 p. Monografia (Graduação em Agronomia) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB.

RODRIGUES, L.R.F. Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762p.

ROY, S.T.; NEGRÃO, S.; TESTER, M. Salt resistant crop plants. Current Opinion in Biotechnology, v.26, p. 115 - 124, 2014.

SANJUÁN, M.C.S.; GAVILÁN, M.U. Métodos de riego y fertirrigación en cultivos sin suelo. In: GAVILÁN, M.U. (Coord.). Tratado de cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa, 2004. p. 161 - 237.

SANTOS, R.S. da S. Cultivo da rúcula em fibra de coco com solução nutritiva salinizadas em diferentes épocas. Mossoró, 2010. 76p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semiárido, UFERSA.

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

SANTOS, A.N. Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface em sistema NFT no semiárido brasileiro utilizando águas salobras. Recife, 2009. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural do Pernambuco, UFRPE.

SAVVAS, D.; TRAJKOVA, F.; PAPADANTONAKIS, N. Comparative Effects of NaCl and CaCl₂ Salinity on Cucumber Grown in a Closed Hydroponic System. *Hortscience*, v.41, p. 437 - 441, 2006.

SEBRAE. Censo agropecuário. Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. 777p.

SCHWARZ, M. Soilless culture management. Berlin: Springer Verlag, 1995. 197p.

SCUDERI, D.; RESTUCCIA, C.; CHISARI, M.; BARBAGALLO, R.N.; CAGGIA, C.; GIUFFRIDA, F. Salinity of nutrient solution influences the shelf-life of fresh-cut lettuce grown in floating system. *Postharvest Biology and Technology*, v.59, p. 132 - 137, 2011.

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

SILVA, A.O.; KLAR, A.E.; SILVA, E.F.F.; TANAKA, A.A.; JUNIOR, J.F.S. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.17, p.1143 - 1151, 2013.

SOARES, H.R.; SILVA, E.F.F.; SILVA, G.F.; PEDROSA, E.M.R.; ROLIM, M.M.; SANTOS, A.N. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, p. 636 - 64, 2015.

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, p. 705 - 714, 2010.

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

SOARES, T.M.; SILVA, I.J.O.; DUARTE, S.N.; SILVA, E.F.F. Destinação de águas residuárias provenientes de dessalinizadores por osmose reversa. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p. 730 - 737, 2006.

SOARES, T.M. Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro. Piracicaba, 2007. 267 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, ESALQ.

SORENSEN, R.; RELF, D. Home Hydroponics. Virginia Cooperative Extension, publication 426 - 084., 2009.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p

TEIXEIRA, T.N. Hidroponia – uma alternativa para pequenas propriedades. Editora Agropecuária: Guaíba. 1996. 86p.

TURAN, S.; TRIPATHY, B.C. Salt and genotype impact on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in two rice cultivars during deetiolation. *Protoplasma*, v.250, p. 209 - 222, 2012.

ZHU, J.K. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, v.6, p. 66 - 71, 2001.

WYN JONES, R. G. Salt tolerance. In: JHONSON CB (ed.). *Physiological process limiting plant productivity*-Butterworths, London: 1981. P. 271 - 29.

Capítulo II

Crescimento e Produção de Couve-folha
Hidropônica com Uso de Águas Salobras

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE COUVE-FOLHA HIDROPÔNICA COM USO DE ÁGUAS SALOBRAS

Autor (a): Paula Carneiro Viana

Orientador: Tales Miler Soares

RESUMO: Objetivou-se avaliar o crescimento e a produção da couve-folha hidropônica com uso de águas salobras, empregando as águas salobras tanto para a salinização do meio quanto na reposição da evapotranspiração. O experimento foi conduzido em blocos aleatorizados com sete repetições, totalizando 42 parcelas, sendo avaliados seis níveis de condutividade elétrica da água (CEa), quais sejam: 0,3; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m⁻¹. O sistema hidropônico utilizado foi o NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes) em canaletas de polipropileno com 4% de declividade. As avaliações foram realizadas aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT) para as variáveis de crescimento e produção, além de colheitas parciais de folhas aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT. Avaliou-se: altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento de raízes, área foliar, massa de matéria fresca e seca da parte aérea, das folhas, do caule e massa de matéria seca das raízes. Foi calculada também a relação raiz parte aérea e o índice de colheita. A salinidade da água afetou negativamente o desenvolvimento das plantas de couve-folha hidropônica, no entanto, no período de 45 DAT a redução da produção de folhas de couve foi de apenas 2,96% em função do aumento unitário de CEa. Quanto à produção de couve-folha foi observada uma redução de 7,23% na produção de matéria fresca acumulada ao final do ciclo, para cada aumento unitário de CEa. Houve redução linear da produção da couve-folha com o aumento da salinidade da água, porém, não foram registrados sintomas que comprometessem à qualidade da cultura.

Palavras-chave: sistema NFT, solução nutritiva, salinidade

GROWTH AND PRODUCTION OF HYDROPONIC COLLARD GREENS USING BRACKISH WATER

Author: Paula Carneiro Viana

Supervisor: Tales Miler Soares

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the growth and production of hydroponic collard greens using brackish water, employing it both for the environment salinization as well as the replacement of evapotranspiration loss. The experiment was carried out in randomized blocks with seven replications, totaling 42 plots, where six levels of electrical conductivity of water (EC_w) were evaluated: 0.3; 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0 dS m⁻¹. The hydroponic system adopted was the NFT (Nutrient Film Technique) in polypropylene gullies with 4% slope. The evaluations were performed at 15, 30, 45 and 105 days after transplanting (DAT) considering growth and production variables, in addition to partial leaf harvest at 15, 30, 45, 60, 75, 90 and 105 DAT. Plant height, stem diameter, number of leaves, root length, leaf area, fresh and dry matter mass of shoot, leaves, stem and root dry matter mass were evaluated. It was evaluated: accumulated mass of fresh leaves matter and harvest index. Water salinity has negatively affected the development of hydroponic collard greens plants, however, in the period of 45 DAT the reduction of the production of cabbage leaves was only 2.96% as a function of the unit increase of CE_a. Regarding the production of cabbage leaf, a reduction of 7.23% in the production of fresh matter accumulated at the end of the cycle was observed for each unit increase of CE_a. There was a linear reduction of collard greens production with the increase water salinity, however, there were no symptoms that compromised the quality of the crop.

Keywords: NFT system, nutritious solution, salinity

2.1. INTRODUÇÃO

Atualmente a agricultura convencional praticada no Brasil tem demonstrado limitações relacionadas principalmente às restrições de uso dos solos e também pela escassez dos recursos hídricos. Tais restrições provocam cada vez mais a diminuição dos rendimentos dos cultivos por unidade de área, quando se pratica a agricultura de forma tradicional. Há também uma população crescente cujas necessidades alimentares devem ser supridas. Conseqüentemente, os modelos de produção agrícola no Brasil devem ser renovados, frente às características regionais do Brasil.

Ainda que a utilização de cultivos hidropônicos no Brasil seja criticada em razão da grande extensão de área cultivável no país, esse tipo de cultivo é uma opção para o emprego em pequenas áreas e também onde o cultivo convencional não seria possível (TEIXEIRA, 1996). Particularmente para o Semiárido, a hidroponia poderia em muitas oportunidades reverter o caráter lotérico da agricultura convencional extensiva, a qual ora dá retornos financeiros razoáveis, ora dá prejuízos irrecuperáveis.

A técnica da hidroponia tem sido amplamente utilizada para as pesquisas no campo da nutrição mineral de plantas, além de ser hoje o método de produção de hortaliças mais intensivo. Geralmente, este sistema de produção é de alta tecnologia, com alto investimento de capital. No Brasil, estudos têm sido realizados com estruturas hidropônicas próximas das comerciais (Soares et al., 2010; Paulus et al., 2010; Santos et al., 2010; Alves et al., 2011; Maciel et al., 2012; Bione et al., 2014) com intuito de mostrar a possibilidade de se produzir diversos tipos de culturas com o aproveitamento de águas salobras. Essas pesquisas são de grande importância principalmente para regiões de baixa disponibilidade hídrica ou mesmo de aridez.

Entre os sistemas existentes destacam-se na hidroponia o da Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT), o floating ou raiz flutuante, a Técnica do Fluxo Profundo (DFT) e os sistemas em que o meio de cultivo são os substratos. São muitas as vantagens existentes dos cultivos hidropônicos, dentre elas destacam-se: redução dos custos de produção a longo prazo, economia de água, economia de fertilizantes, menor uso de defensivos, melhor qualidade dos produtos, alto rendimento por unidade de área, dentre outras. Na hidroponia os cultivos mais rentáveis são tomate, pepino, alface, morango e flores de corte. No Brasil, a alface é a mais importante hortaliça produzida em sistema hidropônico NFT (PAULUS et al., 2010).

A cultura da couve-folha no Brasil ainda é produzida de forma tradicional em solo e em canteiros por pequenos produtores, que se utilizam de baixa tecnologia para sua produção, daí a necessidade de se investir em pesquisas que venham a aplicar tecnologias para promover um maior rendimento dessa cultura. Em termos de pesquisas científicas, estudos realizados com a cultura até o momento tratam geralmente de desempenho de genótipos (Azevedo et al., 2016; Novo et al., 2010, Sanoubar et al., 2016), produção de mudas (Costa et al., 2011; Silva et al., 2012; Benicio et al., 2011) e adubação mineral e orgânica (Shingo e Ventura 2009, Linhares et al., 2012). Dentre as brassicas existentes, a couve-folha apesar de muito consumida, é pouco enfocada em estudos quanto à sua produção em solo sob salinidade, e mais raros ainda são estudos com produção de couve-folha em hidroponia com uso de águas salobras, objetivo do presente trabalho.

A cultura da couve pode ser estratégica para programas de produção hidropônica por permitir colheitas periódicas, possibilitando aos agricultores o resgate de capital ao longo do ciclo e não apenas ao término, como no caso de outras culturas.

Além disso, a couve é uma das hortaliças mais suscetíveis às pragas e patógenos, o que pode ser mitigado na hidroponia, vantagem essa que pode ser usada pelo marketing da hidroponia, sobretudo em ambiente protegido, para favorecer sua viabilidade comercial nesse tipo de sistema de produção (REZENDE, 2010). Diante do exposto, com o presente trabalho, objetivou-se avaliar o crescimento e a produção de couve-folha hidropônica quando se faz uso de águas salobras.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Localização e descrição do ambiente experimental

O experimento foi desenvolvido de maio a setembro do ano de 2016, nas dependências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB, na cidade de Cruz das Almas-BA, cujas coordenadas geográficas são 12°40'19" de latitude Sul, 39°06'23" de longitude Oeste e altitude de 225 m. Segundo a classificação de Köppen, com a então modificação proposta por Alvares et al. (2013), o clima é tipo tropical quente e úmido (Af), em que, praticamente não há estação seca. A precipitação média é de 1.224 mm por ano, com média anual da umidade relativa do ar acima de 82%.

Para garantir maior controle ambiental e fitossanitário a cultura foi conduzida em condições de ambiente protegido. Para isso foi utilizada casa-de-vegetação em arco geminada, de 14 por 32 m, com pé-direito elevado (4,0 m) para evitar problemas de temperaturas demasiadamente altas. Esse ambiente foi protegido no teto por filme plástico, anti-UV, de 150 µm, possuindo ainda, internamente, uma manta termorrefleitora aluminizada (50%) para mitigar a temperatura ambiente; as laterais são protegidas por mureta de concreto e tela de sombreamento (50%) (Figura 1).

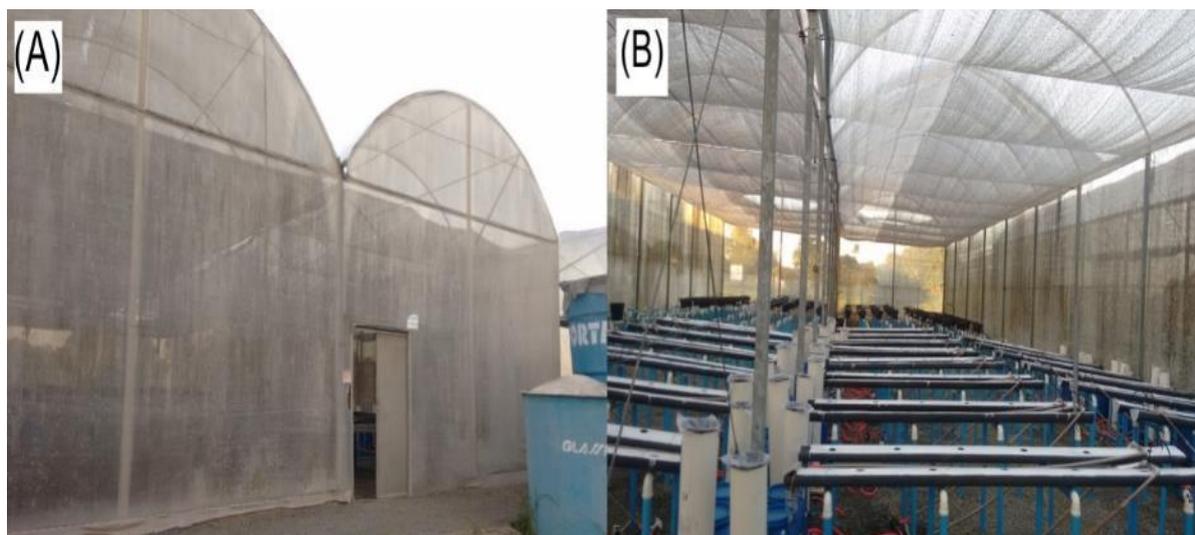


Figura 1. Visão externa (A.) e visão interna (B.) da casa-de-vegetação onde o experimento foi desenvolvido

2.2.2. Estrutura experimental

Foram construídas 42 unidades experimentais para cultivo hidropônico NFT montadas com base naquela descrita por Soares et al. (2009). Cada parcela representou um sistema hidropônico NFT independente (Figura 2A), constituindo-se de: um reservatório plástico com capacidade para 45 L de solução nutritiva; uma eletrobomba de circulação, com componentes internos em plástico para evitar o efeito corrosivo da solução nutritiva; e um perfil hidropônico feito em polipropileno com aditivo anti-ultravioleta, de tamanho médio, diâmetro comercial de 150 mm, comprimento de 3 m e orifícios espaçados em 0,50 m. As parcelas foram construídas, duas a duas sobre cavaletes de PVC, a uma altura de 0,50 m do solo (Figura 2B).

Também foram montados sistemas de abastecimento automático individualizados para cada parcela e construídos com tubulação de PVC de seção contínua e diâmetro de 0,2 m, com capacidade de 20 L. Este tipo de sistema permitiu a saída automática de água para o reservatório de solução nutritiva mediante uma torneira-boia, possibilitando a manutenção do volume contido naquele. O depósito de abastecimento foi dotado de uma régua graduada, fixada junto a uma mangueira transparente, o que permitiu o cálculo do volume consumido por planta num dado período.

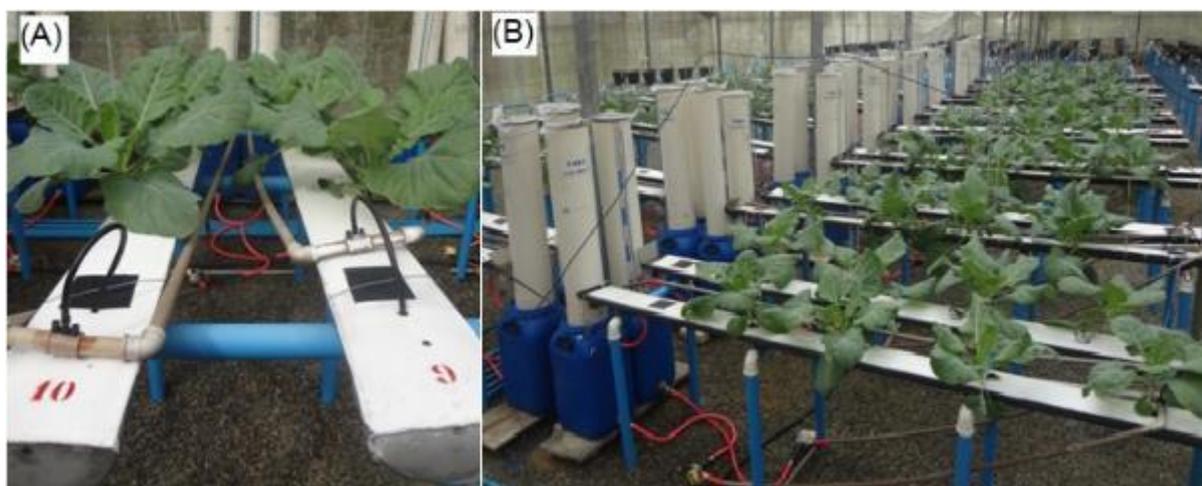


Figura 2. Vista geral da casa-de-vegetação com as unidades hidropônicas (A) e perfis instalados a 0,50 m de altura (B)

A rede elétrica foi dimensionada para operar todas as parcelas simultaneamente. No painel de controle foi instalado um contator com saída para três disjuntores. Cada disjuntor energiza um conjunto de 42 eletrobombas. Também foi instalado um temporizador digital, programável para 720 eventos.

Durante o experimento foi efetivada a seguinte programação diária de recirculação da solução nutritiva: irrigações a cada 15 min das 6 h às 11 h; irrigação constante das 11 h às 14 h; irrigações a cada 15 min, das 14 h às 19 h. O sistema novamente era ligado por 15 min às 21 h, 23 h e 2 h. Foi feito um total de 63 eventos de recirculação em um tempo total de 15h e 45 min por dia. Nesse caso, o sistema foi ativo e fechado, com recirculação de solução e gasto de energia elétrica.

2.2.3. Tratamento e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em blocos aleatorizados, com seis tratamentos e sete repetições, totalizando 42 parcelas. Cada parcela do sistema hidropônico NFT correspondeu a um perfil com cinco plantas, uma em cada orifício de cultivo.

Os tratamentos foram formados por diferentes níveis de condutividade elétrica da água (CEa), quais sejam: 0,3; 1,0; 2,0; 3,0, 4,0 e 5,0 dS m⁻¹, produzidos pela adição de NaCl à água doce local (Tabela 1).

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

TRATAMENTO	NaCl (g l ⁻¹)	CEa (dS m ⁻¹)
T1	0	0,3
T2	0,58	1,0
T3	1,17	2,0
T4	1,75	3,0
T5	2,34	4,0
T6	2,92	5,0

O nível 0,3 dS m⁻¹ refere-se ao tratamento controle, ou seja, água sem adição artificial de NaCl. A água salobra respectiva a cada CEa foi usada tanto para o preparo da solução nutritiva quanto para a reposição das perdas por evaporação, havendo um

aumento contínuo da salinidade ao longo do tempo. Após adição dos nutrientes, essas águas produziram soluções nutritivas hidropônicas com CESOL inicial de 2,3; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 e 7,0 dS m⁻¹, respectivamente.

2.2.4. Condução da cultura

A cultura utilizada foi a couve-folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), adotando-se a variedade manteiga, cultivar 'Top Bunch' da Sakata. A escolha dessa cultivar foi devido à sua alta produtividade, valor econômico, menor custo com manutenção das plantas em função do ciclo precoce e de rebrota vigorosa, e também por sua facilidade na comercialização e pela maior conservação pós-colheita, com manutenção da cor (SAKATA, 2017).

As sementes de couve-folha foram semeadas no dia 19/05/2016 em copos descartáveis (80 mL) contendo 90% de substrato derivado de fibra de coco e 10% de vermiculita (Figura 3), colocando-se cinco sementes em cada copo. Duas semanas após a semeadura foi feito o desbaste, restando apenas uma planta por copo.



Figura 3. Visualização geral das mudas de couve-folha em copos descartáveis

As mudas foram irrigadas inicialmente apenas com água doce e, do oitavo dia até o décimo quarto dia após a semeadura (DAS), com solução nutritiva diluída a 50%; a partir daí foram irrigadas com solução nutritiva a 100%, segundo a formulação de Furlani (1998) (Tabela 2). Esta solução nutritiva é indicada para hortaliças folhosas, e possui condutividade elétrica (CE) ao redor de 2 dS m⁻¹ quando composta a partir de

água com baixa salinidade ($CE < 0,5 \text{ dS m}^{-1}$). O transplântio das mudas para as calhas do sistema NFT ocorreu 28 DAS, momento em que se iniciaram os tratamentos.

Após 28 DAS, quando as plantas estavam com três pares de folhas e cerca de 0,15 m de altura (Figura 4), ocorreu o transplântio para os perfis de cultivo definitivo.

Tabela 2. Quantidades de fertilizantes para o preparo de 1 m^3 de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de hortaliças, com as respectivas concentrações esperadas de nutrientes (Furlani, 1998)

Fertilizante	q*	N-	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
		NH ₄												
		----- g m ⁻³ -----												
Nitrato de Cálcio	750	7,5	108,75			142,5								
Nitrato de Potássio	500		65		182,5									
Fósforo monoamônico	150	16,5		39										
Sulfato de magnésio	400						40	52						
Sulfato de cobre	0,15									0,02				
Sulfato de zinco	0,3													0,07
Sulfato de manganês	1,5											0,39		
Ácido bórico	1,8								0,31					
Molibdato de sódio	0,15													0,06
Fe-EDTA -13% Fe	16										2,08			
Recomendações		24	173,7	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

* q representa quantidade de fertilizante em g m^{-3}



Figura 4. Mudas de couve-folha em copos descartáveis aos 28 dias após a semeadura

A evolução da salinidade nos tratamentos foi acompanhada com medições periódicas na própria calha do sistema hidropônico NFT através de condutivímetro portátil a cada dois dias, com a mesma frequência, avaliou-se o pH. Caso o pH estivesse fora da faixa ideal para a cultura (5,5-6,5), a correção era realizada com a aplicação de ácido (ácido clorídrico) ou solução alcalina (hidróxido de potássio). Caso a CE da solução (CEsol) do tratamento controle fosse reduzida em $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, a correção era feita mediante aplicação de nutrientes para todos os tratamentos.

Em relação aos tratos culturais aplicados, a cultura foi mantida no “limpo” fazendo-se o controle de ervas daninhas dentro da casa de vegetação. Foi feito um manejo preventivo de controle de pragas e doenças. Foi realizado o controle de brotações. Todas as brotações indesejáveis que surgiram foram eliminadas pelo fato de prejudicarem o desenvolvimento vegetativo e conseqüentemente a produtividade. A cultura foi tutorada verticalmente por fitilhos amarrados a arames instalados longitudinalmente acima da calha, a uma altura de 1,0 m ao longo da linha de plantio no sistema hidropônico. Não foi necessária a aplicação de fungicidas ou inseticidas ao longo do experimento. Para controle de lagartas foi feita catação manual, após vistoria planta a planta.

2.2.5. Variáveis analisadas

2.2.5.1. Condutividade elétrica da solução nutritiva

Utilizando a Eq. (1) foi medida a variação percentual da salinidade em cada tratamento (Dt). A média ponderada da salinidade (CESol_P) no tempo também foi medida, conforme Eq. (2). O afastamento entre as salinidades médias ponderada e inicial (D_P) foi calculado para cada tratamento, conforme Eq. (3):

$$Dt = \left(\frac{CE_{\text{final}}}{CE_{\text{inicial}}} \times 100 \right) - 100 \quad (1)$$

em que:

Dt - variação percentual da salinidade ao final do ciclo para um dado tratamento t, %;

CE_{final} - média da salinidade medida ao final do ciclo, dS m⁻¹;

CE_{inicial} - média da salinidade medida no início do ciclo, dS m⁻¹.

$$CESol_P = \frac{\sum_{i=1}^I CE_i \times \Delta t_i}{\sum_{i=1}^I \Delta t_i} \quad (2)$$

em que:

CE_{Sol_P} - salinidade ponderada no tempo para um dado tratamento t, dS m⁻¹;

CE_i - condutividade elétrica da solução na i-ésima leitura, dS m⁻¹;

I - número de leituras, adimensional;

Δt_i - intervalo de tempo em que se assume constante a CE_i, dias.

$$D_P = \left(\frac{CESol_P}{CE_{\text{Inicial}}} \times 100 \right) - 100 \quad (3)$$

em que:

Dp - diferença percentual da salinidade ponderada em relação à salinidade inicial, %.

Foram feitas avaliações destrutivas (planta inteira coletada por parcela) ao longo do período experimental aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT) para variáveis de crescimento e produção. Também foram realizadas colheitas parciais das folhas de couve, a cada rebrota, para avaliar a produção de massa de matéria fresca das folhas aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT.

2.2.5.2. Variáveis de crescimento

No experimento haviam inicialmente cinco plantas por perfil hidropônico, representando uma parcela. Aos 15 dias após o transplântio (DAT), foi colhida uma planta inteira para avaliação, aos 30 DAT mais uma planta inteira foi colhida para avaliação. Como nessa segunda fase as folhas de couve já estavam com um padrão para colheita (Figura 5), foi realizada também a primeira colheita parcial de folhas nas plantas remanescentes. Nesse caso as folhas eram destacadas das plantas, seguindo-se o critério de manter cinco folhas por planta. O mesmo se fez também aos 45 DAT. A partir de então restaram apenas duas plantas por perfil hidropônico, as quais passaram por mais três colheitas de folhas aos 60, 75 e 90 DAT. Finalmente aos 105 DAT, as plantas foram colhidas completamente. Para a avaliação do crescimento e produção da couve-folha foram analisadas as variáveis abaixo relacionadas, com seus respectivos procedimentos:



Figura 5. Plantas de couve-folha em ponto de colheita aos 30 DAT

- Altura de planta (AP): determinada através de fita métrica (escala em cm), posicionando-se a fita do ponto de corte (região do colo) até a extremidade da folha mais alta, expressando-se os resultados em m (Figura 6A);
- Número de folhas (NF): com as folhas destacadas das plantas com pecíolo, procedeu-se a contagem da quantidade de folhas que cada planta produziu, expressando-se o resultado em unidades;
- Diâmetro do caule (DC): mediu-se o diâmetro do colo do caule com o auxílio de um paquímetro (escala em milímetros, com precisão de 0,01 mm) a partir do primeiro nó, expressando-se o resultado em milímetros (Figura 6B);

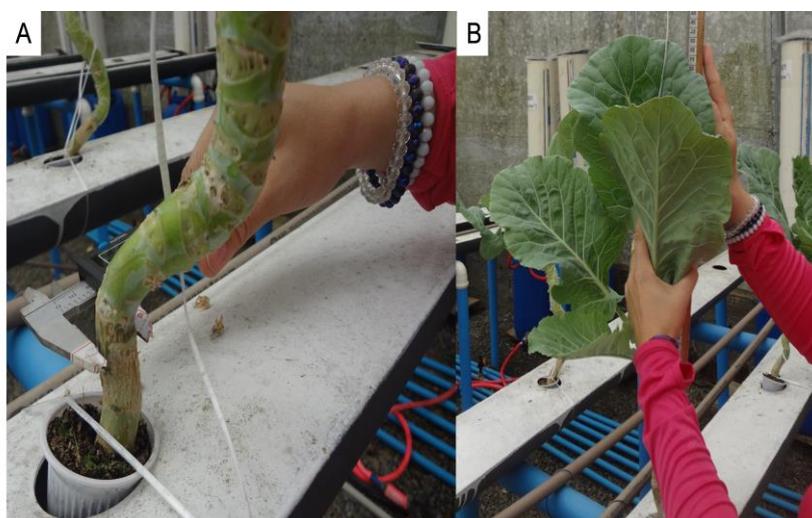


Figura 6. Procedimento adotado para a obtenção dos dados de diâmetro do caule (A) e altura de planta de couve-folha (B)

- Área foliar (AF): foi feita por meio do método dos discos foliares, que consistiu na utilização de um vazador com área de 1,76 cm² (estimada por análise de imagens dos discos retirados). Em cada planta, retiraram-se 20 discos nas folhas frescas, apenas com nervuras finas, nas porções basal e apical, e nas partes medianas das folhas. A área foliar foi estimada conforme Souza et al. (2012), pela Eq. (4):

$$AF = \frac{[(MSF + MSD) \times AD \times N]}{MSD} \quad (4)$$

em que:

AF - área foliar estimada, cm²;

MSF - massa de matéria seca das folhas sem os discos, g;

MSD - massa de matéria seca dos discos, g;

AD - área conhecida do disco retirado da folha 1,76 cm²;

N - número de discos retirados.

- Comprimento da raiz (CR): determinado através de fita métrica (escala em centímetros), expressando-se os resultados em centímetro;

- Massa de matéria fresca do caule por planta (MFC), massa de matéria seca do caule por planta (MSC), massa de matéria seca das raízes por planta (MSR). O material foi acondicionado em sacos de papel identificados e postos para secar em estufa de circulação forçada com temperatura regulada para 65 °C (± 1 °C) até atingirem massa constante em balança com precisão de 0,01 g. Os resultados foram expressos em gramas. A massa de matéria seca da parte aérea por planta (MSPA) foi obtida pelo somatório de MSF e MSC.

- Relação raiz/parte aérea (RRPA), obtida relacionando-se a massa seca da raiz com a massa seca da parte aérea, expressando-se os resultados em g/g.

2.2.5.3. Variáveis de produção

- Massa de matéria fresca das folhas por planta (MFF): Nas colheitas, as folhas de todas as plantas eram destacadas e pesadas uma a uma. Determinou-se também massa de matéria seca das folhas por planta (MSF). Também foram calculadas as produtividades relativas da couve-folha em cada nível de salinidade da água em relação ao tratamento controle e o índice de colheita, conforme a Eq. (5) e Eq. (6):

$$PR_t = \frac{MFF_{\text{TRATAMENTO}}}{MFF_{\text{CONTROLE}}} \times 100 \quad (5)$$

em que:

PR_t - produtividade relativa de um dado tratamento t, %;

MFF_{TRATAMENTO} - massa acumulada de matéria fresca da parte aérea ou massa de matéria fresca das folhas obtida em um dado nível de condutividade elétrica da água, kg;

MFF_{CONTROLE} - massa de matéria fresca da parte aérea ou massa de matéria fresca das folhas do tratamento controle, kg.

$$IC = \frac{MSFEP}{FSTC} \quad (6)$$

em que:

IC - índice de colheita, g g⁻¹;

MSFEP - massa da matéria seca da fração econômica produzida (folhas), g;

FSTC - fitomassa seca total colhida (folhas, caule e raiz), g.

2.2.6. Análise estatística

A partir dos dados obtidos em cada planta das 42 parcelas hidropônicas foram obtidas as médias de cada uma para todas as variáveis de interesse. Os dados das variáveis de interesse foram tabulados e previamente processados no Microsoft Excel 2007, sendo a análise estatística executada no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Mediante aplicação do teste F da análise de variância, avaliou-se a significância dos tratamentos. As águas salobras artificiais (produzidas pela adição de NaCl) constituíram tratamentos quantitativos, sendo seu efeito avaliado mediante análise de regressão. Nesse caso, as variáveis de interesse foram relacionadas com a condutividade elétrica da água mediante modelos de resposta, cujas validades foram estabelecidas de acordo com a significância dos seus termos e também com o valor do coeficiente de determinação, além do significado agrônomo de seus termos.

Para as variáveis cuja resposta à salinidade da água foi definida por uma equação de primeiro grau, estimou-se a redução linear ou acréscimo relativo com base nos coeficientes da função ajustada de acordo com a Eq. (8):

$$\alpha_i = \frac{a}{b} \times 100 \quad (8)$$

em que:

α_i – redução ou aumento linear relativa da variável i para cada acréscimo unitário na salinidade da água, % $(\text{dS m}^{-1})^{-1}$;

a - coeficiente angular da equação ajustada para a variável i ;

b - coeficiente linear da equação ajustada para a variável i .

Para as variáveis geradas como polinomiais de segunda ordem, foi calculado o ponto de máximo, de acordo com a Eq. (9):

$$x = \frac{-b}{2a} \quad (9)$$

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Condutividade elétrica da solução nutritiva

Observa-se na Figura 7 o comportamento da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol), durante um período de 105 dias após o transplântio (DAT) da cultura da couve-folha hidropônica.

Os valores de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) foram crescentes ao longo do período de cultivo de couve-folha para os tratamentos com CEa de 1, 2, 3, 4 e 5 dS m^{-1} . Esse comportamento ocorreu devido à reposição da lâmina evapotranspirada ter sido realizada com água salobra, e também pelo acúmulo de íons não absorvidos pelas plantas de couve-folha, o que não ocorreu quando essa reposição foi feita com água doce (CEa 0,36 dS m^{-1}). Alves et al. (2011) em experimento com alface, reportaram esse mesmo comportamento de salinização

crescente da solução nutritiva a partir da reposição das perdas por evapotranspiração com águas salobras. O maior valor de CEsol foi registrado aos 105 DAT (13,86 dS m⁻¹) para CEa 5,0 dS m⁻¹.

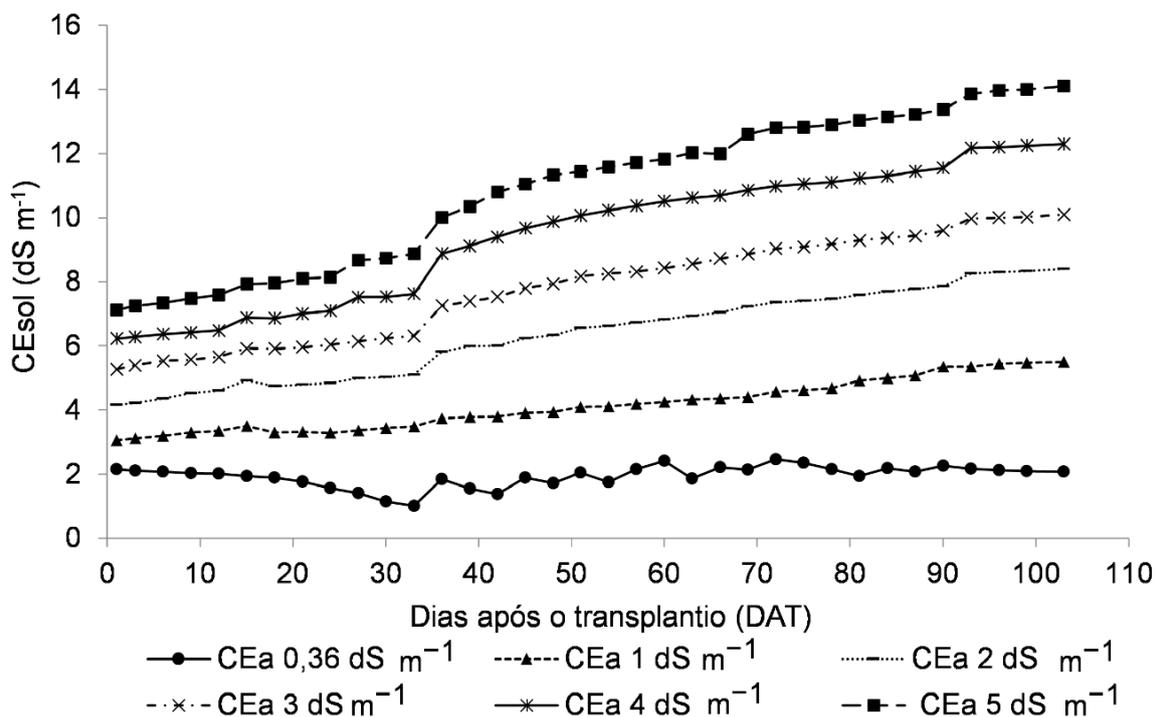


Figura 7. Valores de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) ao longo do tempo e em função dos tratamentos: T1 (CEa 0,3 dS m⁻¹); T2 (CEa 1 dS m⁻¹); T3 (CEa 2 dS m⁻¹); T4 (CEa 3 dS m⁻¹); T5 (CEa 4 dS m⁻¹); T6 (CEa 5 dS m⁻¹) produzidos pela adição de NaCl à água doce local

Em relação ao tratamento controle (0,36 dS m⁻¹) em que foi utilizada água doce tanto no preparo da solução nutritiva como na reposição das perdas por evapotranspiração, observou-se uma tendência de diminuição da CEsol (Figura 7). O menor valor de CEsol para o tratamento controle foi registrado aos 33 DAT (1,01 dS m⁻¹), diante disso apesar da alta disponibilidade de solução (9 L por planta), sabendo-se que em hidroponia NFT a disponibilidade mínima recomendada está entre 0,5 e 1 L por planta para culturas como a alface e entre 3 e 4 L por planta para culturas como o tomate (Furlani et al., 1999; Santos, 2009), houve a preocupação com a correção da CEsol, que reduziu cerca de 50% do valor inicial. Esta intervenção está de acordo

com o recomendado por Santos (2009) e Rodrigues (2002), que afirmam a necessidade de reposição de nutrientes quando ocorre redução de 50% na CEsol.

A partir dos 33 DAT as correções da CEsol ocorreram sempre que a mesma decresceu $0,25 \text{ dS m}^{-1}$ do valor inicial. Essa prática promoveu uma redução da relação entre a salinidade final sobre a salinidade inicial de apenas 0,93% (Tabela 3).

Tabela 3. Variação percentual da condutividade elétrica da solução nutritiva do início ao final do experimento (D), salinidade média ponderada no tempo (CEsol_p) e variação percentual entre a salinidade inicial (CEsol_i) e a salinidade média ponderada (Dp), em função dos tratamentos

Tratamento	CEsol _i	CEsol _p	D	Dp
	-----dS m ⁻¹ -----		-----%-----	
T1	2,15	1,93	0,93	-10,23
T2	3,05	4,20	75,41	37,70
T3	4,16	6,44	98,32	54,81
T4	5,27	7,93	89,18	50,47
T5	6,22	9,62	95,82	54,66
T6	7,12	11,05	94,66	55,20

*CEsol_i representa a média das condutividades elétricas iniciais registradas para todas as repetições de um mesmo tratamento

O decréscimo nos valores de CEsol são comuns em cultivos hidropônicos (Luz et al., 2012); Rosa et al., 2014; Sales et al., 2014), o que ocorre em virtude da absorção dos íons pelas plantas ao longo do tempo, muitas vezes com necessidade da renovação completa da solução nutritiva.

Como reportado anteriormente, ao longo do experimento houve aumento dos valores de CEsol para os tratamentos com água salobra. Consequentemente, a variação percentual da condutividade elétrica da solução nutritiva (D) também aumentou, havendo redução apenas para o tratamento controle ($0,36 \text{ dS m}^{-1}$) (Tabela 3). Para o tratamento controle a redução de CEsol foi de 0,93%, o que indica que houve uma manutenção nos valores de CE, tornando-os quase constantes ao longo do ciclo, o que seria ideal na hidroponia. Por outro lado, todos os tratamentos com água salobra (T2, T3, T4, T5 e T6) tiveram variações acima de 75%, tendo o tratamento com CEa 2 dS m^{-1} uma variação próxima a 100%. A salinidade ponderada no tempo

(CEsolp) aumentou para os tratamentos salinos, também em virtude da reposição das perdas com águas salobras. Dessa forma, a diferença percentual da salinidade ponderada em relação a salinidade inicial (Dp) foi de 10,23 % para o tratamento controle e de 55,20% para o tratamento de maior salinidade.

Devido à existência de uma relação direta entre a concentração de nutrientes e a CEsol, o monitoramento frequente da condutividade elétrica da solução nutritiva torna-se indispensável na hidroponia, com o intuito de proporcionar maior segurança durante os cultivos, principalmente quando se trabalha com águas salobras evitando assim a produção de plantas com deficiências nutricionais, pouco desenvolvidas ou até mesmo perda total dos produtos.

2.3.2. Variáveis de crescimento

O resumo da análise de variância para a altura de planta (AP) de couve-folha hidropônica aos 15, 30, 45 e 105 DAT encontra-se na Tabela 4. De acordo com os resultados da análise de variância, constatou-se que a salinidade da água imprimiu efeito significativo ($p < 0,01$) sobre a AP, ou seja, as alturas de plantas analisadas aos 15, 30, 45 e 105 DAT reduziram linearmente em função do aumento da condutividade elétrica da água, apresentando reduções de 2; 2,37, 2,32 e 5% por acréscimo unitário na CEa em (dS m^{-1}), respectivamente (Figura 8).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de plantas de couve-folha hidropônica, em função da salinidade da água (CEa), aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplantio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	0,00065 ^{ns}	0,0032 [*]	0,0034 [*]	0,0002 ^{ns}
CEa	5	0,0013 ^{**}	0,0043 ^{**}	0,0048 ^{**}	0,0347 ^{**}
Erro	30	0,00033	0,0011	0,0012	0,0008
CV (%)		5,78	6,68	6,27	4,31

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

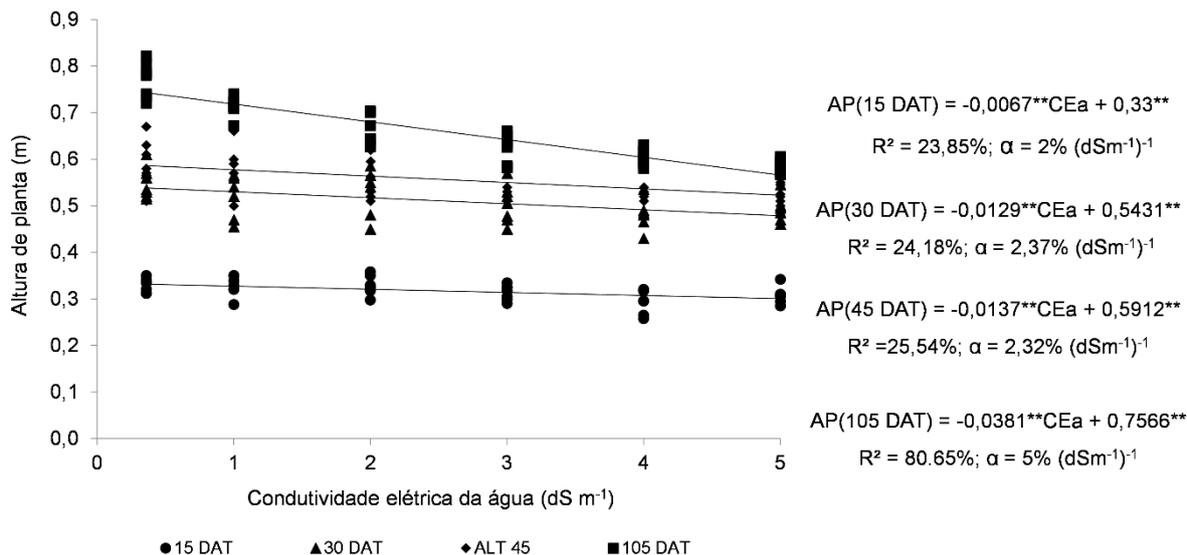


Figura 8. Altura de planta (AP) de couve-folha hidropônica ‘Top Bunch’ em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30,45 e 105 dias após o transplante (DAT)

Aos 15 DAT houve uma redução de 0,0067 m de AP por unidade de condutividade elétrica da água (dS m^{-1}). Maiores reduções foram observadas a partir dos 30 DAT até o final do ciclo, com reduções de 0,012, 0,013 e 0,038 m de AP por unidade de condutividade elétrica da água (dS m^{-1}), nos períodos de 30, 45 e 105 DAT, respectivamente. A média para a AP aos 105 DAT, para o tratamento com maior nível de salinidade da água (5 dS m^{-1}), foi de aproximadamente 0,6 m, enquanto a média do tratamento controle ($0,36 \text{ dS m}^{-1}$) foi de aproximadamente 0,7 m. Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo foram reportados por Mwazi et al. (2010), que observaram redução na altura de plantas de couve conforme os níveis de condutividade elétrica aumentavam.

A AP diminuiu possivelmente com o incremento da salinidade devido uma menor turgescência nos tecidos da planta. Os efeitos dos sais afetam o crescimento e alteram a absorção de água pelas raízes.

Identifica-se que apesar dos efeitos causados pelos sais sobre o crescimento da cultura a mesma atingiu tamanho dentro do desejável, pois, de acordo com Novo et al. (2010), a maioria das cultivares de couve-folha comercializadas no Brasil tem porte que varia de 0,4 a 0,8 m. As cultivares híbridas como a ‘Top Bunch’ são ainda mais compactas, com altura de até 0,5 m. Segundo Niewhof (1969), as cultivares de couve

de porte médio a alto são as preferidas pelos agricultores, pois suas folhas são mais facilmente colhidas.

A obtenção de plantas de couve de menor altura é vantajosa, pois possibilita maior adensamento, o que proporciona maior produção de folhas por área (NAIK & GUPTA, 2010). Azevedo et al. (2016), estudando correlações genótípicas e análise de trilha em famílias de meios-irmãos de couve de folha, obtiveram altura média de plantas de 0,8 m no período de aproximadamente 100 DAT.

Esses resultados demonstram que a couve-folha hidropônica pode ser cultivada utilizando-se água com condutividade elétrica de até 5 dS m⁻¹ sem afetar de forma considerada o porte das plantas.

O resumo da análise de variância para o diâmetro do caule (DC) de couve-folha hidropônica aos 15, 30, 45 e 105 DAT encontra-se na Tabela 5. De acordo com os resultados da análise de variância, constatou-se que a salinidade da água imprimiu efeito significativo ($p < 0,05$) sobre o DC, com redução de aproximadamente 0,2, 0,3, 0,2 e 0,5 mm para cada acréscimo unitário na CE, o que implica em uma redução relativa de 3,90, 2,67, 1,54 e 1,81% por acréscimo unitário de salinidade em dS m⁻¹, aos 15, 30, 45 e 105 DAT respectivamente (Figura 9). O DC foi mais afetado aos 15 DAT quando reduziu 3,90%, comparado com 1,81% aos 105 DAT. Apesar disso não se pode falar em aclimação da couve-folha ao estresse salino, ao longo do tempo, pois a redução foi considerada baixa e na mesma magnitude.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC) de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	0,190 ^{ns}	1,543 ^{ns}	1,567 ^{ns}	3,183 ^{ns}
CEa	5	1,086*	2,344*	2,133*	6,549*
Erro	30	0,372	0,953	0,819	2,691
CV (%)		13,25	9,96	7,45	6,63

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

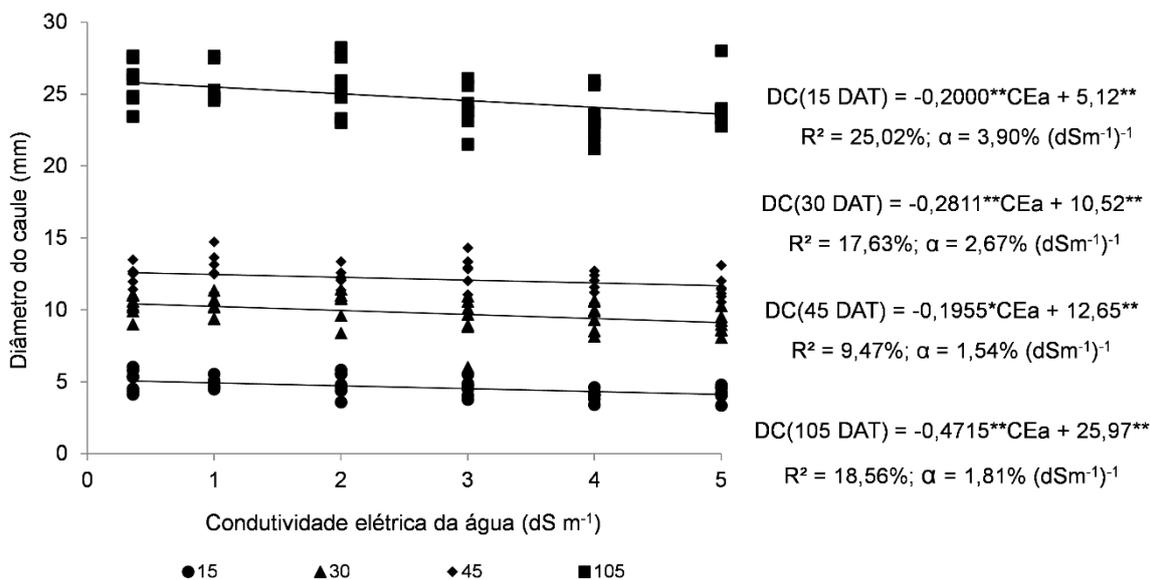


Figura 9. Diâmetro do caule (DC) de couve-folha hidropônica ‘Top Bunch’ em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplante (DAT)

Poucos autores tratam o DC como uma variável importante de plantas submetidas à salinidade, no entanto é comprovado que plantas submetidas a salinidade sofrem redução de DC. Africano-Peréz & Pinzón et al. (2014) observaram redução no DC de plantas de rabanete quando submetidas à salinidade da solução do solo; Coca et al. (2012) observaram o mesmo comportamento em pseudocaule de cebola. Chakwizira (2008) verificou que o desenvolvimento do caule de couve está relacionado com as condições do ambiente.

No Estado de São Paulo, Novo et al. (2010) produziram genótipos de couve manteiga em solo e aos 128 dias após o transplante obtiveram valor máximo de DC de aproximadamente 20 mm, considerando-os satisfatórios.

Há uma procura por plantas de couve-folha com menor altura, menor número de brotações, maior número de folhas por planta e maior DC. Todas estas características poderão possibilitar maior adensamento, maior rendimento por área e redução de tratamentos culturais, como a desbrota e o tutoramento, o que permite a maior rentabilidade da cultura (AZEVEDO et al., 2012, 2014).

Novo et al. (2010) afirmam que na agricultura, além do interesse por plantas produtivas, tem-se interesse por plantas com maior diâmetro de caule, o que reduz a necessidade de tutoramento e diminui a perda de plantas por tombamento. Nota-se, portanto, que apesar da redução do DC de plantas de couve-folha hidropônica, não

houve depreciação do padrão de qualidade da cultura quando produzida com águas salobras. Outro ponto a ser destacado é que na hidroponia, quando se utiliza sistema de produção do tipo NFT, no qual as plantas são sustentadas apenas por uma pequena quantidade de substrato ou espuma fenólica, as mesmas tendem a ficar mal posicionadas ou até mesmo sofrerem tombamentos. Nesse caso, produzir plantas de couve com maior DC aumenta a capacidade de sustentação das plantas nos perfis hidropônicos, bem como, auxilia na capacidade de absorção de luz pelas folhas e consequente aumento da produtividade.

A variável número de folhas (NF) de plantas de couve-folha hidropônica não foi influenciada significativamente ($p > 0,05$) pela salinidade da água de acordo com a análise de variância em todos os períodos avaliados (Tabela 6). O NF por planta (Figura 10) foi similar em todos os tratamentos aos 15, 30, 45 e 105 DAT, aumentando com o tempo. Aos 45 DAT as plantas apresentaram maior NF em relação aos demais períodos. Os resultados encontrados nesse estudo corroboram com os encontrados por Rezende (2010) que não registrou efeito significativo da salinidade da água em relação ao NF de couve hidropônica produzidas com água salobra durante um período de cultivo de 55 DAT. Esses resultados são muito importantes, uma vez que as folhas são o produto comercial das plantas de couve. O fato dos níveis de condutividade elétrica da água não terem afetado o NF por planta, mesmo em um longo período de exposição aos sais, indica que a cultura é uma opção muito vantajosa quando se faz uso de águas salobras em hidroponia, desde que mantida uma área foliar mínima por folha.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF) de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplantio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	0,547 ^{ns}	6,357 ^{ns}	10,079 ^{**}	6,817 ^{ns}
CEa	5	1,338 ^{ns}	3,909 ^{ns}	3,452 ^{ns}	9,966 ^{ns}
Erro	30	0,538	5,909	2,307	4,388
CV (%)		6,83	12,35	7,87	12,73

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

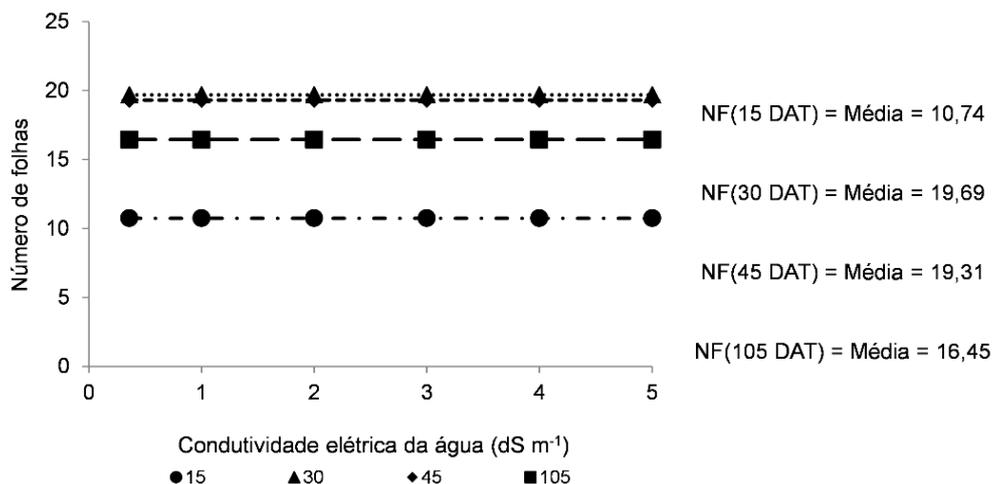


Figura 10. Número de folhas (NF) de couve hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplante (DAT)

A variável comprimento da raiz (CR) de plantas de couve-folha hidropônica não foi influenciada significativamente ($p > 0,05$) pela salinidade da água de acordo com a análise de variância e regressão em todos os períodos avaliados (Tabela 7). A Figura 11 representa de forma clara o comportamento da variável CR ao longo dos períodos avaliados em função da salinidade da água. Verifica-se, portanto, que os valores de CR sofreram pouca variação em relação aos tratamentos salinos dentro de um mesmo período de cultivo. Aos 105 DAT registrou-se maior crescimento das raízes de couve-folha em relação aos demais períodos. A explicação para isso seria de que nessa fase a planta tenha atingido um maior potencial de crescimento.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para comprimento da raiz de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplante (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	16,309 ^{ns}	27,246 ^{ns}	326,509 ^{ns}	125,484 ^{ns}
CEa	5	17,077 ^{ns}	141,00 ^{ns}	131,171 ^{ns}	128,772 ^{ns}
Erro	30	48,482	73,79	225,940	87,204
CV (%)		19,89	13,31	20,08	15,51

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

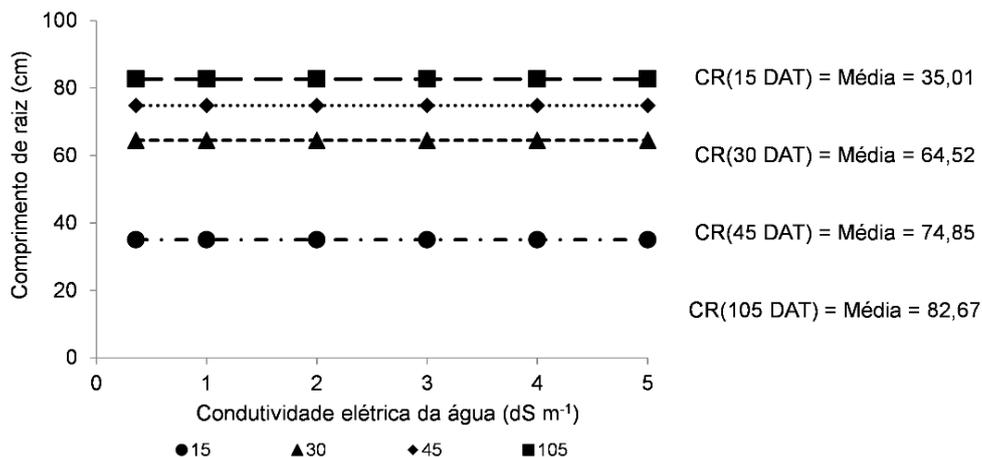


Figura 11. Comprimento de raiz (CR) de couve-folha hidropônica ‘Top Bunch’ em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

Segundo Tesi et al. (2003), em muitos experimentos desenvolvidos com águas salobras em hidroponia NFT, não se registram efeito da salinidade da água sobre o sistema radicular. Tas et al. (2005), estudando a resposta da alface hidropônica à salinidade produzida por NaCl e CaCl₂, também não observaram efeito significativo da salinidade no comprimento radicular. Nos trabalhos já citados de Paulus et al. (2010) e Soares et al. (2007) também não se registrou efeito da salinidade da água sobre o sistema radicular da alface ‘Verônica’ em hidroponia NFT.

Apesar do maior tempo de exposição aos sais no presente estudo em relação aos experimentos com alface, a couve não foi afetada pela salinidade respondendo de forma satisfatória em relação às variáveis NF e CR, o que é desejável quando se trabalha com uso de águas salobras, uma vez que a salinidade tende a reduzir o crescimento das plantas, como ocorreu com outras variáveis analisadas anteriormente.

As folhas e as raízes desempenham funções de suma importância para o desenvolvimento da planta, pois é através das folhas que ocorrem a maioria dos processos fisiológicos, tais como fotossíntese, transpiração e respiração. As raízes são responsáveis pelo suporte mecânico, absorção de água e nutrientes do solo e pelo transporte e distribuição de ambos para as partes aéreas da planta.

De acordo com os resultados da análise de variância, constatou-se que a salinidade da água não imprimiu efeito significativo ($p > 0,05$) sobre a área foliar (AF)

de plantas de couve hidropônica aos 15 DAT, com média geral de 0,117 m² (Tabela 8). Houve efeito da salinidade sobre a área foliar nos períodos de 30, 45 e 105 DAT ($p < 0,05$). Para 30 e 105 DAT, o efeito foi linear com redução de 0,843 e 0,1596 m² para cada acréscimo unitário na CEa, o que implica em uma redução relativa de 5,35 e 11,34% por acréscimo unitário na CEa em dS m⁻¹, respectivamente (Figura 12).

Tabela 8. Resumo da análise de variância e regressão para área foliar (AF) de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplante (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	0,00271 ^{ns}	0,23270 ^{**}	0,09684 ^{ns}	0,05827 [*]
CEa	5	0,00207 ^{ns}	0,17266 [*]	0,37567 ^{**}	0,60581 ^{**}
Erro	30	0,00121	0,06903	0,08628	0,01961
CV (%)		29,66	19,35	15,84	14,04

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns – não significativo; CV - coeficiente de variação; FV -Fonte de variação; GL- Grau de Liberdade

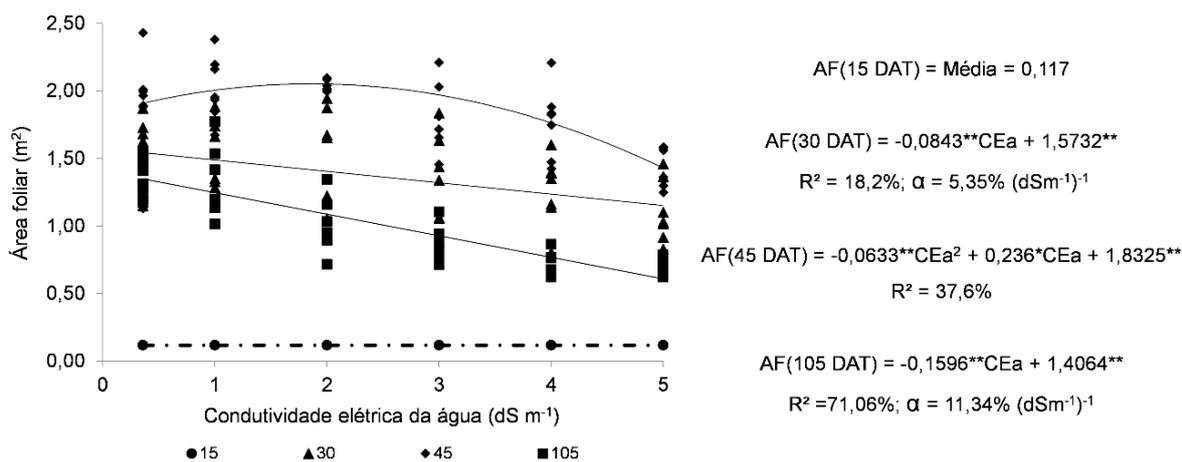


Figura 12. Área foliar (AF) de couve-folha hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplante (DAT)

Aos 45 DAT a AF da couve-folha hidropônica foi afetada pela salinidade da água, apresentando, inicialmente, resposta positiva até a salinidade de aproximadamente 2 dS m⁻¹, na qual obteve-se AF de 2,05 m², e decrescendo a partir desta salinidade, de forma que os dados foram ajustados à equação quadrática. A AF decresceu 3,38, 13 e 30%, nas CEa de 3, 4 e 5 dS m⁻¹, respectivamente. Os menores valores foram

observados nas plantas cultivadas com água de maior salinidade ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$), com $1,42 \text{ m}^2$. Quando se comparou a AF das plantas de couve-folha cultivadas com CEa $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ (tratamento controle) com as de maior salinidade (CEa 5 dS m^{-1}), verifica-se perda de 26%, 30% e 48% para os períodos de 30, 45 e 105 DAT respectivamente (Figura 12).

Resultados semelhantes foram observados por Jamil et al. (2007) para a cultura do repolho hidropônico (planta pertencente à mesma família da couve), cuja AF foi reduzida com o incremento da salinidade. Nesse sentido, o estresse salino reduz a AF e exerce ação negativa na fotossíntese das plantas, absorção de água e nutriente e, conseqüentemente, no crescimento e produção de biomassa (SOUTO et al., 2013).

Na literatura são encontrados diversos trabalhos relatando o efeito depressivo da salinidade sobre as hortaliças, principalmente as folhosas a exemplo de DIAS et al. (2011a, 2011b), OLIVEIRA et al. (2011). A AF tem sua importância por ser uma variável de crescimento indicativa da produtividade, visto que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, sendo este um processo que ocorre diretamente na folha (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Segundo Taiz & Zeiger (2013), em ambiente salino as plantas regulam a sua fisiologia impedindo a perda da turgidez, retardando o crescimento celular, enquanto gera um maior potencial osmótico, que permite o acesso à água para o crescimento vegetal. Entretanto, essas plantas frequentemente continuam a crescer mais lentamente após esse ajuste e, algumas alterações morfológicas, tais como abscisão de folhas e redução da AF, são características de plantas que sobrevivem em meio salino.

Portanto, a redução da AF nas plantas de couve-folha submetidas à salinidade trata-se de um mecanismo desenvolvido pela cultura para manter o seu potencial de água elevado, pois conseqüentemente ao diminuir sua AF, ocorre a diminuição das perdas por transpiração. Uma característica importante a ser destacada é que a AF é, também o produto de interesse econômico da cultura da couve-folha, constituindo-se em importante parâmetro para quantificar a sua produção.

As concentrações de sais na água influenciaram significativamente ($p < 0,05$) os resultados das variáveis: massa de matéria fresca (MFC) e seca (MSC) do caule de couve-folha hidropônica para todos os períodos avaliados (Tabela 9 e 10), exceto para MSC aos 15 DAT, com média geral de $0,34 \text{ g}$ (Figura 13B). Em relação à MFC, a mesma foi crescente ao longo do tempo para todos os tratamentos, sendo maior aos

105 DAT em relação aos demais períodos, nesse mesmo período a redução relativa também foi maior com perda de 47,13% da MFC no tratamento de maior salinidade da água (5 dS m⁻¹) em relação ao tratamento controle, cujos dados se ajustaram a uma função polinomial de segundo grau com curva com concavidade para cima (Figura 13A). Para a MSC, comportamento semelhante foi observado, ou seja, a MSC foi maior aos 105 DAT em relação aos demais períodos para todos os tratamentos avaliados.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para massa de matéria fresca do caule (MFC) de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	1,191*	37,444 ^{ns}	54,781 ^{ns}	207,970 ^{ns}
CEa	5	1,752**	213,11**	441,38**	7809,88**
Erro	30	0,467	21,465	87,004	251,63
CV (%)		20,11	17,43	18,60	13,33

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

Tabela 10. Resumo da análise de variância para massa de matéria seca do caule (MSC) de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	0,010*	0,464 ^{ns}	0,414 ^{ns}	8,820*
CEa	5	0,009 ^{ns}	1,540**	3,545**	37,552**
Erro	30	0,003	0,262	0,963	3,630
CV (%)		18,22	16,50	16,16	12,56

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

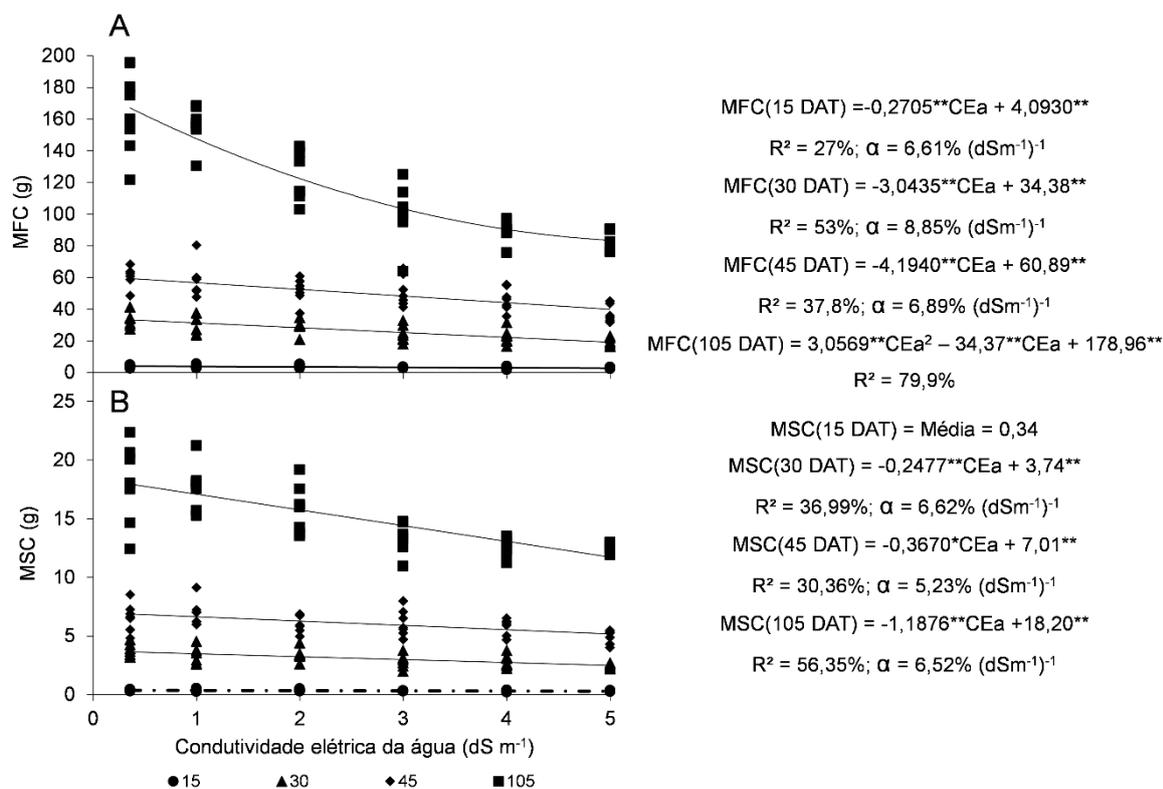


Figura 13. Massa de matéria fresca (MFC) (A) e seca (MSC) (B) do caule de plantas de couve hidropônica ‘Top Bunch’ em função da salinidade da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

Como pode ser constatado nas Tabelas 11 e 12, a salinidade da água não alterou significativamente a massa de matéria seca da raiz (MSR) e nem a relação raiz parte aérea (RRPA), em todos os períodos avaliados.

Tabela 11. Resumo da análise de variância para massa de matéria seca da raiz (MSR) de plantas de couve folha hidropônica ‘Top Bunch’, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	0,014 ^{**}	1,233 ^{**}	0,970 ^{**}	6,836 [*]
CEa	5	0,002 ^{ns}	0,775 ^{ns}	0,633 ^{ns}	3,160 ^{ns}
Erro	30	0,003	0,378	0,314	2,726
CV (%)		22,61	23,85	14,35	19,99

^{**}, ^{*} - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

A MSR pouco aumentou durante os períodos de cultivo, apresentado valores muito baixos aos 15 DAT para todos os tratamentos avaliados, e crescendo aproximadamente 100% aos 105 DAT (Figura 14).

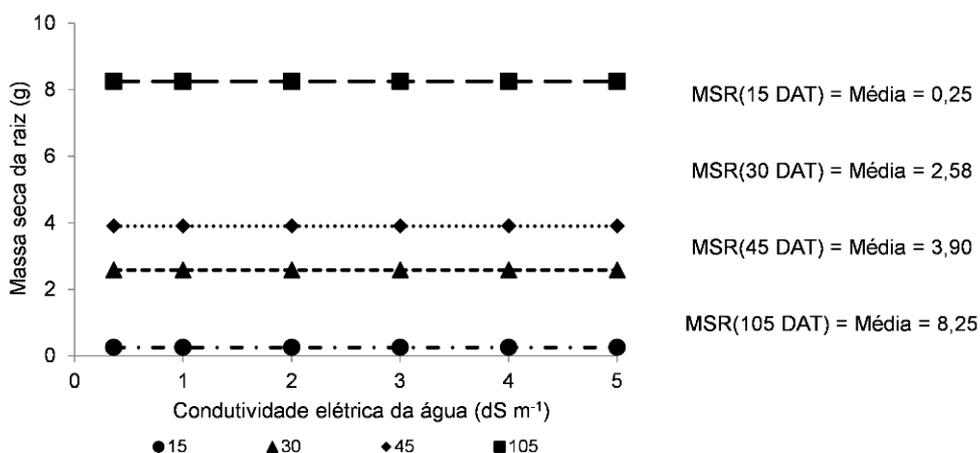


Figura 14. Massa de matéria seca da raiz (MSR) de plantas de couve hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplante (DAT)

Os resultados encontrados nesse estudo foram semelhantes aos de Alves et al. (2011), Paulus et al. (2010), Soares et al. (2010) e Soares et al. (2007) que utilizaram águas salobras para a produção de alface hidropônica e não observaram efeito significativo da condutividade elétrica da água sobre a produção de matéria seca das raízes. Abreu et al. (2008) sugerem que as raízes apresentam maior capacidade de ajuste osmótico e melhor proteção ao estresse oxidativo sob condições de estresse salino.

Em consequência à não sensibilidade das raízes ao estresse salino, a RRPA também não demonstrou efeito em função dos níveis de salinidade da água, ou seja, isso significa que mesmo as plantas estando expostas ao estresse causado pelos sais, não houve competição pela distribuição de assimilados entre a raiz e a parte aérea (Tabela 12).

Tabela 12. Resumo da análise de variância para relação raiz parte aérea de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplante (DAT)

Quadrado Médio					
FV	GL	15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	0,000371 ^{ns}	0,000698 ^{**}	0,001316 ^{**}	0,003594 ^{**}
CEa	5	0,000267 ^{ns}	0,000237 ^{ns}	0,000331 ^{ns}	0,000496 ^{ns}
Erro	30	0,000201	0,000182	0,000296	0,000975
CV (%)		16,45	15,97	20,41	14,82

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

A RRPA em plantas de couve-folha submetidas à salinidade da água foi semelhante aos 15, 30 e 45 DAT e foi cerca de 60% maior aos 105 DAT em relação aos demais períodos para todos os tratamentos (Figura 15).

A relação raiz parte aérea é um fator dependente da distribuição de fotoassimilados, que podem estar influenciados por estímulos ambientais (ROGERS et al., 1996). Além disso, esta relação também depende da capacidade da planta para modificar a distribuição de matéria seca, de modo que esta alteração lhe permita tolerar as condições adversas em que se desenvolve.

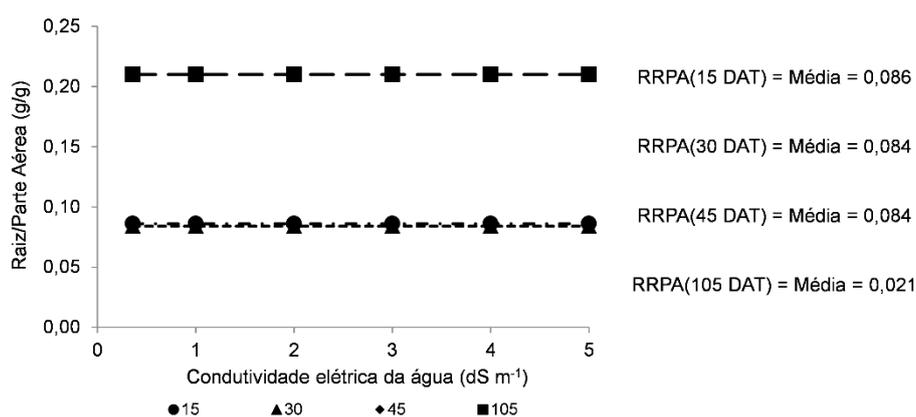


Figura 15. Relação raiz parte aérea (RRPA) de plantas de couve hidropônica 'Top Bunch' em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplante (DAT)

O resumo da análise de variância demonstra que a salinidade da água promoveu efeito significativo ($p < 0,05$) sobre a variável massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) de plantas de couve-folha hidropônica em todos os períodos de cultivo, à

exceção do período dos 15 DAT ($p>0,05$) (Tabela 13), que apresentou média geral igual a 35,34 g (Figura 16A).

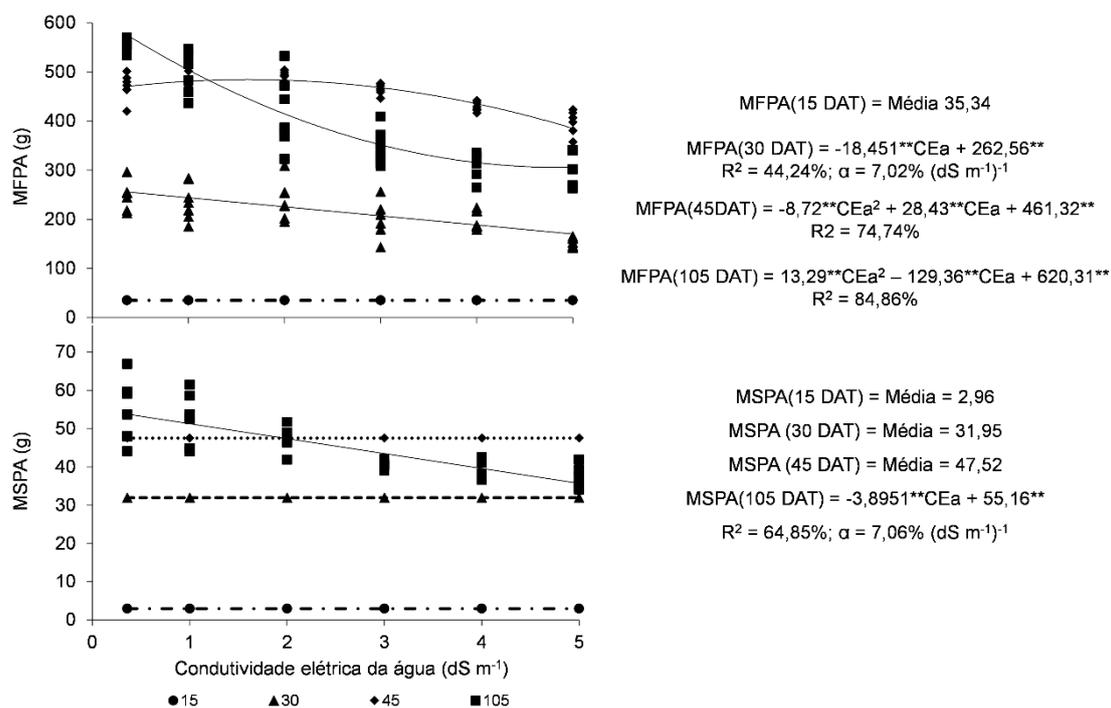


Figura 16. Massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) (A) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) (B) de plantas de couve hidropônica ‘Top Bunch’ em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT).

A MFPA decresceu linearmente no período de 30 DAT, com redução relativa de 7% para cada aumento unitário da condutividade elétrica da água. Por outro lado, para os períodos de 45 e 105 DAT (Figura 16A), os dados de MFPA foram ajustados a uma equação polinomial de segundo grau. No entanto, foi verificado comportamento diferente para o período de 45 DAT em relação ao de 105 DAT. Isso pode ser confirmado pela concavidade das curvas, em que nota-se uma curva com concavidade para baixo aos 45 DAT, mostrando que nesse período a MFPA de couve hidropônica aumentou até a salinidade da água de 2 $dS\ m^{-1}$ o maior valor de MFPA (494 g) foi obtido para esse nível de salinidade, a partir daí ocorreram perdas relativas de 0,95, 8,95 e 17,11% em função do aumento da salinidade comparado ao tratamento controle (Tabela 14). No caso do período 105 DAT, a curva apresentou concavidade para cima, sendo a redução da MFPA de couve em relação ao

tratamento controle mais acentuada com perdas na ordem de (10,31, 27,14, 38,71, 45,13 e 45,97%), quando se aumentou a condutividade elétrica da água, respectivamente para as CEa de 1, 2, 3, 4 e 5 dS m⁻¹(Tabela 14).

Tabela 13. Resumo da análise de variância para massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	132,33 ^{ns}	3118,25 ^{**}	179,271 ^{ns}	3601,47 ^{ns}
CEa	5	104,42 ^{ns}	8619,61 ^{**}	10266,29 ^{**}	83278,73 ^{**}
Erro	30	57,689	778,37	477,16	1728,42
CV (%)		21,49	12,96	4,81	10,11

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

Tabela 14. Produtividade relativa de massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) de couve-folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água nos períodos de 15, 30, 45 e 105 DAT

TRAT	CEa (dS m ⁻¹)	MFPA (%)			
		15	30	45	105
		DAT			
T1 (Contr)	0,3	100	100	100	100
T2	1	92,75	95,21	101,49	89,69
T3	2	98,67	96,28	105,07	72,86
T4	3	81,21	86,98	99,05	61,29
T5	4	75,86	80,42	91,05	54,87
T6	5	85,63	61,81	82,89	54,03

A massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de couve-folha hidropônica não sofreu efeitos significativos ($p > 0,05$) (Tabela 15), da salinidade da água aos 15, 30 e 45 DAT, com média geral de 2,96, 31,95, e 47,52 g, respectivamente. Somente na avaliação aos 105 DAT a MSPA sofreu uma redução

linear de 7,06%, em função do aumento unitário dos níveis de condutividade elétrica da água (Figura 16B).

Tabela 15. Resumo da análise de variância para massa de matéria seca da parte aérea de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	1,5103**	36,2576 ^{ns}	112,375 ^{ns}	41,9120 ^{ns}
CEa	5	1,0381 ^{ns}	12,0518 ^{ns}	135,189 ^{ns}	356,621**
Erro	30	0,4431	30,06	53,912	18,474
CV (%)		22,45	17,16	15,45	9,51

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

Observou-se maiores reduções na MFPA do que na MSPA de couve-folha. Isto pode estar relacionado em parte ao teor de água nas folhas, que não foi afetado pela salinidade da solução nutritiva. Como as folhas compõem a maior parte da planta, isso contribui diretamente na massa fresca da parte aérea que pode ter sido mais influenciada pelo teor de água do que pelo acúmulo de matéria seca. Silva et al. (2013) afirmam que o estresse salino reduz a absorção de água pelas plantas e, em contrapartida, reduz o acúmulo de massa seca.

Ao final de um ciclo de 105 dias após o transplântio, a massa de matéria seca acumulada das folhas de couve hidropônica submetidas a salinidade representou cerca de 72%, a matéria seca do caule representou 18% e as raízes 10% do total, para todos os tratamentos (Figura 17).

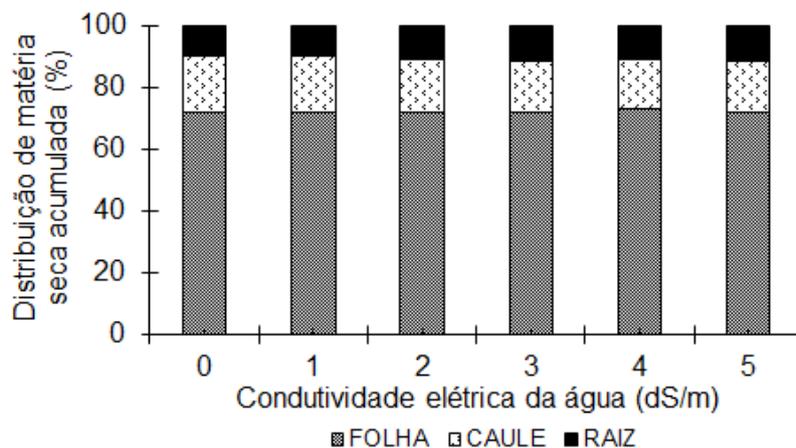


Figura 17. Distribuição da massa de matéria seca acumulada em plantas de couve ao final do ciclo de 105 dias após o transplântio (DAT)

2.3.3. Variáveis de produção

A análise de variância demonstrou que a salinidade da água (CEa) promoveu efeito significativo ($p < 0,05$) sobre a variável massa acumulada de matéria fresca das folhas (MFFACUMUL) de couve folha hidropônica, em todos os períodos de cultivo, à exceção do período dos 15 DAT ($p > 0,05$) (Tabela 16).

Tabela 16. Resumo da análise de variância para massa acumulada de matéria fresca de folhas (MFFACUMUL) de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio						
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	60 DAT	75 DAT	90 DAT	105 DAT
Bloco	6	0,0001 ^{ns}	0,002 [*]	0,002 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,015 ^{**}	0,037 ^{**}	0,065 ^{**}
CEa	5	0,0008 ^{ns}	0,002 ^{**}	0,012 ^{**}	0,061 ^{**}	0,138 ^{**}	0,316 ^{**}	0,539 ^{**}
Erro	30	0,00005	0,0009	0,0013	0,004	0,004	0,009	0,010
CV (%)		22,19	12,96	5,74	6,73	5,71	6,85	5,80

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

Aos 15DAT a MFFACUMUL de couve-folha apresentou média geral igual a 0,031 kg (Figura 18A). A MFFACUMUL de couve decresceu linearmente nos períodos de

30, 60, 75, 90 e 105 DAT, com reduções de 4,26% (Figura 18B), 4,29% (Figura 18D), 5,72% (Figura 18E), 6,77% (Figura 18F) e 7,23% (Figura 18G), com o incremento unitário da condutividade elétrica da água, respectivamente.

Para o período de 45 DAT (Figura 18C), os dados de MFFACUMUL foram ajustados à equação linear. Diferentemente dos demais períodos, o comportamento dos dados, demonstrou uma baixa redução da produção acumulada de massa de matéria fresca das folhas de couve em termos relativos de apenas 2,96%, para cada aumento unitário dos níveis de condutividade elétrica da água (CEa).

A distinção do efeito de CEa sobre a MFFACUMUL de couve pode ser em partes explicada pelo fato das colheitas parciais serem dependentes das colheitas anteriores. Assim, folhas de tratamentos mais salinos que não estavam em ponto de colheita, na colheita seguinte tendiam a incrementar a produção.

Rezende (2010) obteve redução relativa da produção acumulada de folhas de couve hidropônica cultivar 'Manteiga da Georgia', aos 55 DAT de 6,4% (dS m^{-1}), com redução em termos absolutos de 0,112 kg para cada acréscimo unitário na salinidade da água. Tal redução está na ordem de magnitude daquela registrada no presente estudo aos 90 DAT, qual seja 6,77% (dS m^{-1})⁻¹.

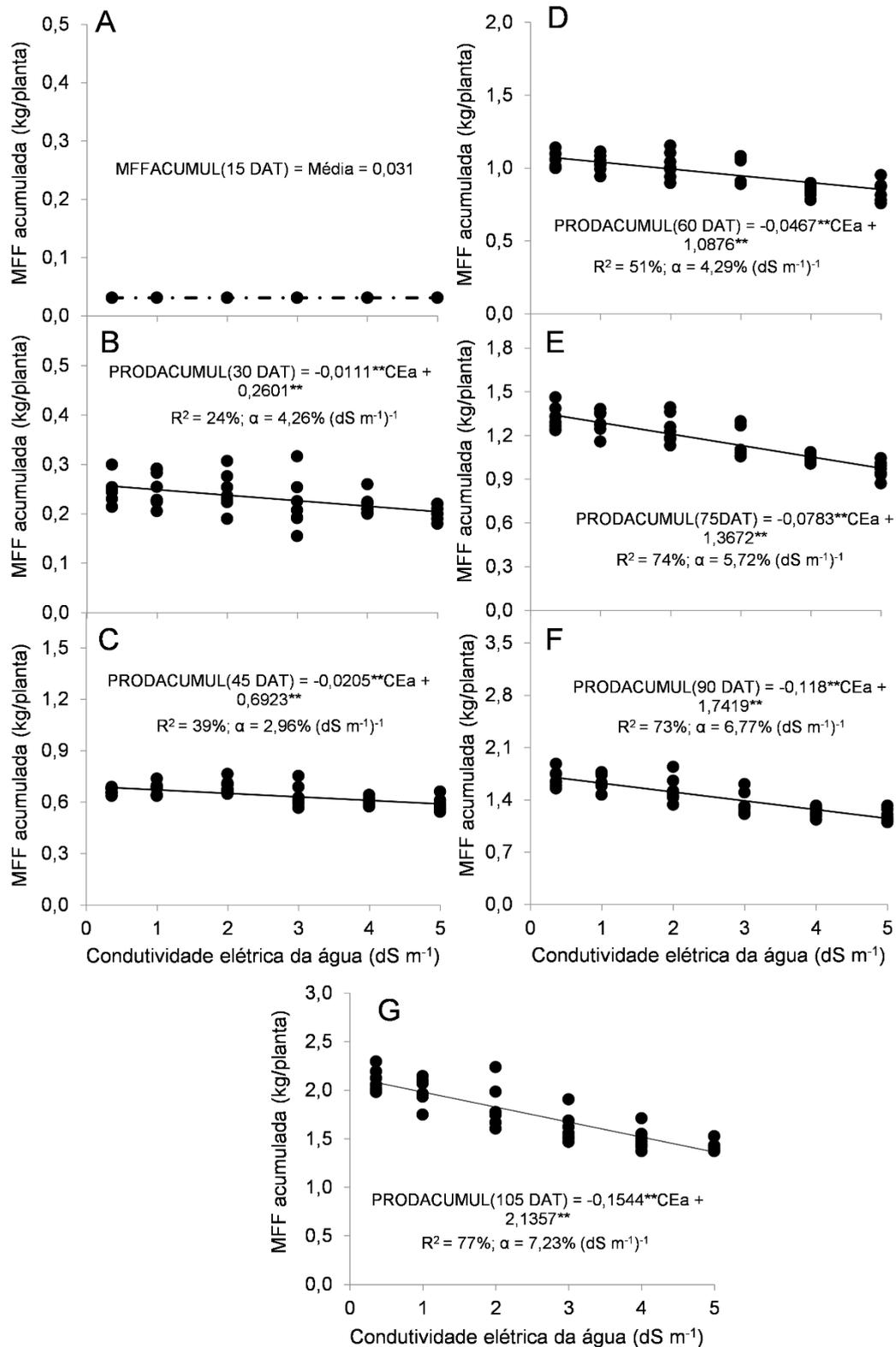


Figura 18. Massa acumulada de matéria fresca (MFFACUMUL) das folhas de couve hidropônica ‘Top Bunch’ em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15 (A), 30 (B), 45 (C), 60 (D), 75 (E), 90 (F) e 105 (G) dias após o transplante (DAT)

Pode-se considerar que a cultura da couve-folha é vantajosa em relação a outras folhosas quando se trata de produção com águas salobras em hidroponia, visto que a mesma permite a realização de inúmeras colheitas parciais ao longo do tempo. Por mais que ocorram reduções na produção em consequência dos níveis de salinidade da água, prolongar o tempo de cultivo faz com que se explore melhor o potencial produtivo da cultura, até um ponto em que esse prolongamento deixe de ser viável em função da salinização da solução. O produtor que dispõe apenas de água salobra poderá escolher o momento de substituição das plantas nos perfis hidropônicos, adotando como critério o fator econômico e a qualidade do que está sendo produzido.

No presente estudo o estresse causado pela salinidade sobre a produção acumulada de folhas não impediu de forma drástica que as plantas continuassem a produzir e se desenvolver ao longo do tempo sob salinidade crescente.

Na Tabela 17 é possível observar os valores de produtividade relativa da MFFACUMUL de couve hidropônica de cada tratamento em relação ao tratamento controle, sendo o menor valor de 67,60% apresentado pelo tratamento de maior salinidade (5 dS m^{-1}) aos 105 DAT.

Estabelecendo-se um limite de perda percentual aceitável de 20%, observa-se (Tabela 17) que só se superaria tal redução com CEa 5 dS m^{-1} a partir dos 75 DAT. Para CEa 4 dS m^{-1} só a partir dos 90 DAT. E para CEa 3 dS m^{-1} somente aos 105 DAT. Por outro lado, aos 45 DAT quando se observou os valores de produtividade relativa de MFFACUMUL para todos os tratamentos avaliados, verifica-se perda de 11,47% ao se comparar a água de maior salinidade (5 dS m^{-1}) com ao tratamento controle, portanto pode-se obter uma produção satisfatória (redução menor que 15% da produtividade do tratamento controle) utilizando o nível mais salino.

Este resultado indica que o produtor poderá utilizar águas salobras de forma exclusiva para o cultivo de couve-folha em hidroponia, sem perdas consideráveis de produção e de qualidade do produto (Figura 19), o que será uma grande vantagem se em sua propriedade somente estiver disponível água salobra com condutividade elétrica de até 5 dS m^{-1} , com isso a água doce disponível poderá ser economizada para outros fins.

Tabela 17. Produtividade relativa de massa acumulada de matéria fresca das folhas (MFFACUMUL) de couve hidropônica ‘Top Bunch’, em função da condutividade elétrica da água nos períodos de 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o transplântio (DAT)

TRAT	CEa (dS m ⁻¹)	Produção relativa MFF (%)						
		15	30	45	60	75	90	105
		DAT						
T1	0,3	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T2	1	92,89	101,71	101,44	98,85	98,14	97,93	95,78
T3	2	99,44	98,21	103,63	97,55	94,80	90,96	87,19
T4	3	81,39	88,32	95,71	97,71	85,96	80,19	76,81
T5	4	76,52	87,41	89,82	81,37	80,04	73,19	71,44
T6	5	87,32	81,30	88,53	81,11	73,38	70,61	67,60



Figura 19. Diferenças visuais entre plantas de couve-folha produzidas com água doce (tratamento controle) e o nível mais elevado da salinidade da água, aos 45 dias após o transplântio (DAT)

A qualidade comercial da couve-folha é determinada pela aparência e tamanho das folhas. Essas características estão diretamente relacionadas à massa fresca das folhas e à área foliar. Apesar de ambas variáveis terem sofrido efeito significativo da salinidade da água, como também terem sofrido perdas relativas nos períodos de cultivo avaliados, não se detectou presença de sintomas que pudessem comprometer a comercialização do produto, fato importante principalmente para agricultores que dispõem apenas de água salobra (Figura 20).

Ao longo do tempo foram observadas folhas menores para os tratamentos de maior salinidade (Figura 20), embora esses sintomas não tenham depreciado a qualidade do produto, mesmo com a água de maior salinidade (CEa 5 dS m⁻¹). A redução relativa obtida com essa CEa na última colheita ao final do ciclo de 105 DAT (32,40%) (Tabela 17) em relação ao tratamento controle, pode ser compensada com o aumento da densidade de plantio garantindo assim uma maior produção por unidade de área cultivada.

A real viabilidade econômica só poderá ser estabelecida após estudos específicos. A partir daí poderão ser feitas recomendações definitivas e conclusivas. Porém, pode-se garantir que os índices de redução quantitativa e qualitativa da couve-folha produzida em hidroponia NFT com águas salobras apontam positivamente para o aproveitamento racional de águas salobras do Semiárido brasileiro.

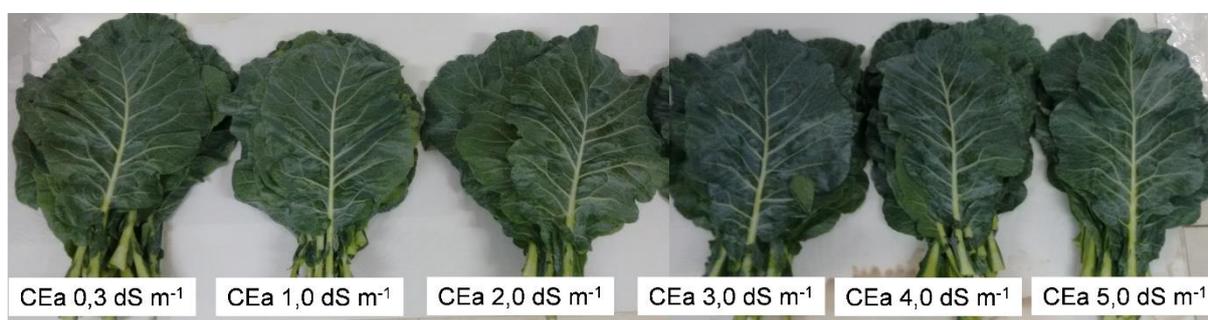


Figura 20. Aspecto visual de folhas de couve-folha 'Top Bunch' submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica da água e colhidas aos 105 dias após o transplântio (DAT)

A massa de matéria seca das folhas (MSF) de couve hidropônicas não foi afetada significativamente ($p > 0,05$), pela salinidade da água aos 15, 30 e 45 DAT, com média geral de 2,62, 27,49 e 41,44 g, respectivamente. Por outro lado, para o período de 105 DAT o resultado da análise de variância foi significativo ($p < 0,05$) (Tabela 18), em relação aos efeitos da salinidade da água sobre a MSF de couve, com redução em termo absoluto de 2,55 g por unidade de CE, o que promove redução relativa de 6,95% para acréscimo unitário na salinidade da água (Figura 21).

Tabela 18. Resumo da análise de variância para massa de matéria seca das folhas por colheita de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	1,295*	33,1282 ^{ns}	101,574*	22,0068 ^{ns}
CEa	5	0,859 ^{ns}	31,6904 ^{ns}	99,251 ^{ns}	152,330**
Erro	30	0,380	20,56	43,629	11,8359
CV (%)		23,52	16,50	15,94	11,40

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

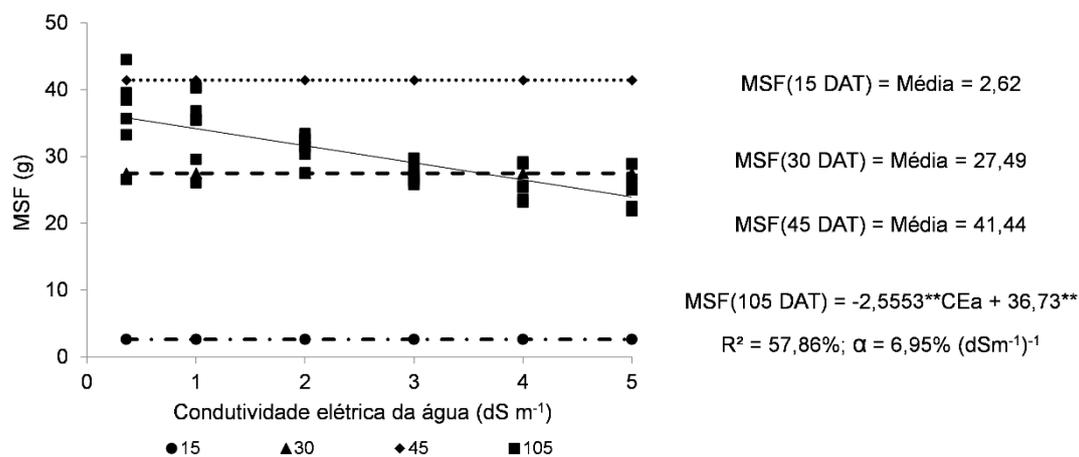


Figura 21. Massa de matéria seca por colheita (MSF) das folhas de couve hidropônica em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

Pereira e Machado (1987) fazem referência ao índice de colheita (IC) como um quociente frequentemente usado para medir a eficiência de conversão de produtos sintetizados em material de importância econômica. Em relação à cultura da couve-folha, as folhas são o principal produto econômico. Baseado nisso calculou-se o IC da cultura em função dos níveis de salinidade aplicados. A análise de variância demonstrou que não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da CEa sobre essa variável nos períodos de 15, 45 e 105 DAT, com média geral de 0,81, 0,80 e 0,56 g g⁻¹, respectivamente (Tabela 20). Portela et al. (2012), em estudo desenvolvido com

morango hidropônico cultivado com água de condutividade elétrica de até 2,5 dS m⁻¹, também não observaram efeito significativo sobre o índice de colheita, obtendo médias de até 0,62 g g⁻¹.

Tabela 19. Resumo da análise de variância para índice de colheita (IC) de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	7,545643 ^{ns}	3,718950 ^{ns}	7,469490 ^{ns}	18,54176 ^{ns}
CEa	5	5,270125 ^{ns}	9,116068 ^{**}	0,724121 ^{ns}	17,27381 ^{ns}
Erro	30	4,539720	1,962947	2,679754	12,92595
CV (%)		2,62	1,69	2,03	6,43
Média		0,81	--	0,80	0,56

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

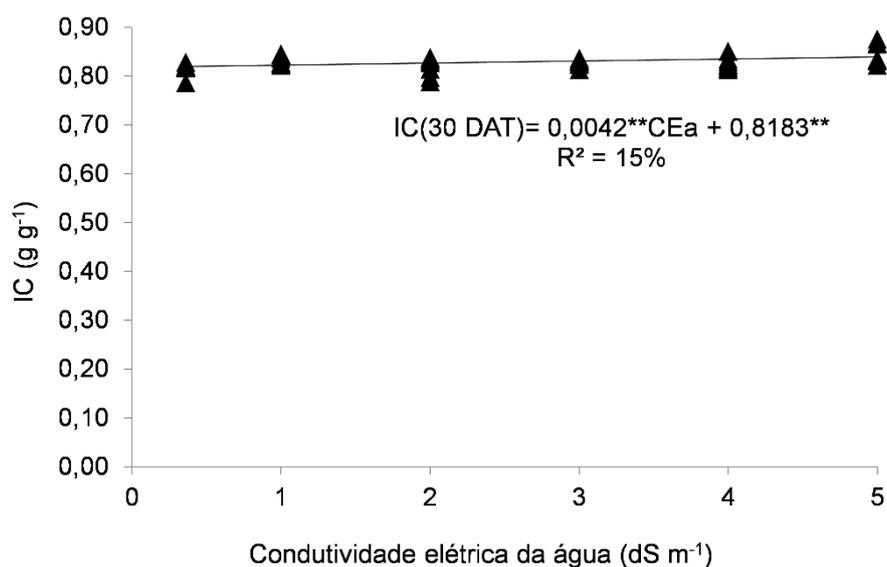


Figura 22. Índice de colheita de plantas de couve-folha 'Top Bunch' hidropônica em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 30 dias após o transplântio (DAT)

Somente aos 30 DAT houve efeito significativo positivo do incremento da salinidade sobre o índice de colheita de plantas de couve-folha hidropônica (Tabela 20), em que ocorreu um crescimento linear do índice de colheita de aproximadamente

4% para cada aumento da salinidade da água (Figura 23). O mesmo ocorreu em estudo realizado por Assis Júnior et al. (2007) que observaram que a salinidade provocou incremento no índice de colheita do feijão-de-corda. Por outro lado, diferentemente desse estudo, Nobre et al. (2011) observaram decréscimo no índice de colheita do girassol cultivado em solo sobre estresse salino de 3,9% por aumento unitário da condutividade elétrica.

Os resultados obtidos no presente estudo, cujos índices de colheita foram altos significa dizer que houve uma absorção adequada de água e nutrientes pelas plantas de couve, o que conduziu a um equilíbrio entre a proporção de massa seca total da planta e a massa seca das folhas, consideradas como produto comercial da cultura.

2.4. CONCLUSÕES

A salinidade é uma condição que afeta a produção de couve-folha hidropônica, no entanto, no período de 45 DAT a redução da produção de folhas de couve foi de apenas 2,96% em função do aumento unitário de CEa.

Durante o período experimental não foram verificados sintomas de toxidez ou deficiências nutricionais que pudessem prejudicar visualmente a qualidade das plantas, portanto, a massa de matéria fresca das folhas pôde caracterizar o rendimento comercial da couve-folha.

Parâmetros como comprimento da raiz, número de folhas, massa seca da raiz, e relação raiz parte aérea de couve-folha não mostraram diferenças estatísticas significativas decorrentes da salinidade da água.

O produtor que dispõe somente de água salobra em sua propriedade poderá utilizar água com condutividade elétrica de até 5 dS m⁻¹ com perdas relativas de até 20% na produção de couve-folha a depender do tempo de cultivo estabelecido.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil, *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p. 711 - 728, 2013.

ABREU, C.E.B.; PRISCO, J.T.; NOGUEIRA, A.R.C.; BEZERRA, M.A.; LACERDA, C.F.; GOMES-FILHO, E. Physiological and biochemical changes occurring in dwarf-cashew seedlings subjected to salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.20, p.105 - 118, 2008.

AFRICANO-PERÉZ, K.L.; PINZÓN, E.H.S. Comportamiento fisiológico de plantas de rábano (*Raphanus sativus L.*) sometidas a estrés por salinidad. *Conexión Agropecuaria JDC*, v.4, p. 11 - 22, 2014.

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

ASSIS JÚNIOR, J.O.; LACERDA, C.F.; SILVA, F.B.; SILVA, F.L.B.; BEZERRA, M.A.; GHEYI, H.R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. *Engenharia Agrícola*, v.27, p.702 - 713, 2007.

AZEVEDO, A.M.; SEUS, R.; GOMES, C.L.; FREITAS, E.M.; CANDIDO, D.M.; SILVA, D.J.H.; CARNEIRO, P.C.S. Correlações genótípicas e análise de trilha em famílias de meios-irmãos de couve de folhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, p. 35 - 44, 2016.

AZEVEDO, A.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C. de.; PEDROSA, C.E.; FERNANDES, J.S.C.; VALADARES, N.R.; FERREIRA, M.R.A.; MARTINS, R.A. do V. Desempenho agrônomico e variabilidade genética em genótipos de couve. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, p.1751 - 1758, 2012.

AZEVEDO, A.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; FERNANDES, J.S.C; PEDROSA, C.E.; VALADARES, N.R.; FERREIRA, M.R.M.; MARTINS, R.A.V. Divergência genética e importância de caracteres morfológicos em genótipos de couve. Horticultura Brasileira, v.32, p.48 - 54, 2014.

BENÍCIO, L.P.; SILVA, L.L.; LIMA, S.O. Produção de mudas de couve sob efeito de diferentes concentrações de biofertilizante. Revista ACTA Tecnológica, v.6, p. 123 - 128, 2011.

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, p.1228 - 1234, 2014.

CHAKWIZIRA, E. Growth and development of 'Pasja' and kale crops with two methods and four rates of phosphorus (P) application. Lincoln, 2008. 127p. Dissertação (Masters of Agricultural Science) - Lincoln University, UL.

COCA, A.C.; CARRANZA, C.E.; MIRANDA, D.; RODRIGUEZ, M.H.; Efecto del NaCl sobre los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) bajo condiciones controladas. Revista Colombiana de Ciências Hortícolas, v.6, p. 196 - 212, 2012.

COSTA, M.R.S.; LEITE, D.T.; QUEIROGA, V.P.P.; LOPES, K.P. COSTA, C.C. Desenvolvimento de mudas de couve em diferentes substratos e idade. Revista Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA), v.4, p.01 - 06, 2011.

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

DIAS, N.S.; JALES, A.G.O.; SOUSA NETO, O.N.; GONZAGA, M.I.S.; QUEIROZ, I.S. R.; PORTO, M.A.F. Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface, cultivada em fibra de coco. Revista Ceres, v.58, p.632 - 637, 2011a.

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

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

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. 1. ed. Campinas: IAC, 1999. 52p.

FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: IAC, 1998. 30 p.

JAMIL, M.; REHMAN, S.; RHA, E.S. Salinity effect on plant growth, PSII photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris L.*) and cabbage (*Brassica oleracea capitata L.*). *Pakistan Journal of Botany*, v.39, p.753 - 760, 2007.

LINHARES, P.C.F.; PEREIRA, M.F.S.; MARTINS, M.L.; MOREIRA, J.C.; SILVA, E.M.; FERNANDES, J.P. Couve-folha fertilizada com mata- pasto (*Senna uniflora*) sob diferentes quantidades e formas de aplicação. *Revista Verde*, v.8, p. 102 - 106, 2012.

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

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

MWAZI, F.N.; MPADHI, M.; MUBIANA, F.S. Effects of saline water on the growth performance of cabbage (*Brassica oleracea L.*) grown in a hydroponic floating system along the coast of Namibia. *Agrícola*. v.20, p. 11 - 13, 2010.

NAIK, I.A.; GUPTA, A.J. Effect of plant density and integrated nutrient management on growth, yield, quality and economics of kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) in temperate region. Indian Journal of Agricultural Sciences, v.80, p.80 - 84, 2010.

NIEUWHOF, M. 1969. Cole Crops. Londres: World Crops Books. p.92 - 95.

NIÑIROLA, E.C.; FERNANDEZ, J.A.; GILABERT, C.E. Influencia de la salinidad de la solución nutritiva en la calidad y producción de dos cultivares de lechuga baby leaf. HortScience, v.20, p. 77 - 86, 2014.

NOBRE, R.G.; GHEYI, R.H.; SOARES, F.A.L.; CARDOSO, J.A.F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p. 929 - 937, 2011.

NOVO, M.C.S.S.; PRELA-PANTANO, A.; TRANI, P.E.; BLAT, S.F. Desenvolvimento e produção de genótipos de couve manteiga. Horticultura Brasileira, v.28, p.321 - 325, 2010.

OLIVEIRA, F.A.; CARRILHO, M.J.S.O.; MEDEIROS, J.F.; MARACAJÁ, P.B.; OLIVEIRA, M.K.T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.771 - 777, 2011.

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

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de vegetais. Campinas. Instituto Agrônomo. Campinas:1987. 33 p.

PORTELA, I.P.; PEIL, R.M.N.; ROMBALDI, C.V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. Horticultura Brasileira, v.30, p.266 - 273, 2012.

REZENDE, E.P.L. Produção hidropônica de couve-folha com aproveitamento de águas salobras. Cruz das Almas, 2010. 44 p. Monografia (Graduação em Agronomia) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB.

ROGERS, H.H.; PRIOR, S.A.; REUNION, G.B.Y.; MITCHELL, R.J. Root to shoot ratio of crops as influenced by CO₂. *Plant and Soil*, v.187, p. 229 - 248, 1996.

RODRIGUES, L.R.F. Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.

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

SAKATA, Couve-manteiga Top Bunch, 2017. Disponível em:<<http://www.sakata.com.br/produtos/hortalicas/outros/couve-manteiga> />. Acesso em: 16 fev. 2017.

SALES, F.A.L.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; BARBOSA, J.P.R.A.D.; VIANA, T.V.A.; FREITAS, C.A.S. Telas agrícolas como subcobertura no cultivo de alface hidropônica. *Ciência Rural*, v.44, p. 1755 - 1760, 2014.

SANOUBAR, R.; CELLINI, A.; VERONI, A.M.; SPINELLI, F.; MASIA, A.; ANTISARI, L.V.; ORSINI, F.; GIANQUINTO, G. Salinity thresholds and genotypic variability of cabbage (*Brassica oleracea* L.) grown under saline stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.96, p. 319 - 330, 2016.

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

SANTOS, A.N. Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface em sistema NFT no semiárido brasileiro utilizando águas salobras. Recife, 2009. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural do Pernambuco, UFRPE.

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

SILVA, C.P.; GARCIA, K.G.V.; SILVA, R.M.; OLIVEIRA, L.A.A.; TOSTA, M.S. Desenvolvimento inicial de mudas de couve-folha em função do uso de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*). Revista Verde, V.6, p. 7 - 11, 2012.

SHINGO, G.Y.; VENTURA, M.U. Produção de couve *brassica oleracea* L. var. *acephala* com adubação mineral e orgânica. Semina-Ciencias Agrarias, v.30, p. 589 - 594, 2009.

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, p. 705 - 714, 2010.

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

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

SOUTO, A.G.L.; CAVALCANTE, L.F.; NASCIMENTO, J.A.M.; MESQUITA, F.O. LIMA NETO, A.J. Comportamento do noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. Irriga, v.18, p. 442 - 453, 2013.

SOUZA, M.S.; ALVES, S.S.V.; DOMBROSKI, J.L.D.; FREITAS, J.D.B.; AROUCHA, E.M.M. Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, p. 241 - 245, 2012.

TAS, G.; PAPADANDONAKIS, N.; SAWAS, D. Responses of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. longifolia) grown in a closed hydroponic system to NaCl- or CaCl₂- salinity. *Journal of Applied Botany and Food Quality Angewandte Botanik*, v.79, p.136 - 140, 2005.

TAIZ, L, ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Artmed, Porto Alegre, BR. 2013, 918 p.

TEIXEIRA, T.N. *Hidroponia – uma alternativa para pequenas propriedades*. Editora Agropecuária: Guaíba. 1996. 86p.

TESI, R.; LENZI, A.; LOMBARDI, P. Effect of salinity and oxygen level on lettuce grown in a floating system. *Acta Horticulturae*, v.47, p.383 - 387, 2003.

Capítulo III

Consumo Hídrico de Couve-folha
Hidropônica Produzida com Uso de
Águas Salobras

CONSUMO HÍDRICO DE COUVE FOLHA HIDROPÔNICA PRODUZIDA COM USO DE ÁGUAS SALOBRAS

Autor (a): Paula Carneiro Viana

Orientador: Tales Miler Soares

RESUMO: Objetivou-se com esse estudo avaliar os efeitos do uso de águas salobras no preparo da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração no cultivo de couve-folha cv 'Top Bunch', em sistema hidropônico NFT, sobre o consumo hídrico e a eficiência do uso da água. O experimento foi conduzido em blocos aleatorizados com sete repetições, totalizando 42 parcelas, sendo avaliados seis níveis de condutividade elétrica da água (CEa), quais sejam: 0,3; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m⁻¹, obtidos pela adição de NaCl à água doce local, sendo o nível de 0,3 dS m⁻¹ o tratamento controle, ou seja, água doce sem adição de sais. O sistema hidropônico utilizado foi o NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes) em canaletas de polipropileno com 4% de declividade, dotados de sistema de abastecimento automático, através dos quais eram registradas as leituras de consumo hídrico diário. A salinidade da água promoveu efeito significativo negativo sobre o consumo hídrico acumulado para todos os períodos avaliados. A absorção de água pela cultura da couve-folha foi significativamente reduzida com o aumento da salinidade da água a partir do primeiro período quinzenal. O uso de águas salobras pode representar uma menor restrição à absorção de água pelas plantas de couve entre os 31 e 45 dias após o transplântio. A salinidade da água promoveu aumento da eficiência do uso da água com base na matéria fresca de folhas de couve (EUAMFF) nos períodos de 1 a 15 e de 31 a 45 dias após o transplântio (DAT), indicando que o impacto da salinidade da água nesses períodos foi maior para o volume consumido do que para a produção de matéria fresca das folhas.

Palavras-chave: eficiência do uso de água, cultivo protegido, estresse salino

WATER COMSUMPTION IN HYDROPONIC COLLARD GREENS RAISED WITH BRACKISH WATER SUPPLY

Author: Paula Carneiro Viana

Supervisor: Tales Miler Soares

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effects of brackish water use for preparing nutrient solution and replacing evapotranspiration in a collard greens 'Top Bunch' cultivation system, where hydroponic NFT method was employed in order to assess water consumption and efficiency on water usage. The experiment was carried out in randomized blocks with seven replications, totaling 42 plots, where six levels of water electrical conductivity (EC_w) were evaluated: 0.3; 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0 $dS\ m^{-1}$, obtained by NaCl addition to the local fresh water, while the 0.3 $dS\ m^{-1}$ level was the control treatment, i.e. fresh water without salts addition. The hydroponic system undertaken was the NFT (Nutrient Film Technique) in 4% slope polypropylene channels, with an automatic supply system, through which daily water consumption readings were recorded. The water salinity had a significant negative effect on the accumulated water consumption for all evaluated periods. Water uptake by collard greens was significantly reduced with increasing water salinity from the first fortnightly period. Brackish water use may represent a lower restriction to water absorption by collard greens in the periods from 1 to 15 and 31 to 45 days after transplanting. Water salinity increased the efficiency of water use based on fresh matter of collard greens (EUAMFF) in days 15 and 45 after transplanting (DAT), indicating that the impact of water salinity in these periods was higher for the volume consumed than for the production of fresh leaf matter.

Keywords: water use efficiency, protected cultivation, saline stress

3.1. INTRODUÇÃO

A condição de semiaridez na Região Nordeste do Brasil caracteriza-se por precipitações escassas, altas temperaturas e elevada evaporação. Esta condição, em conjunto com períodos de seca prolongada, torna imprescindível uma gestão adequada da água, que, quando disponível na maioria das reservas subterrâneas, apresenta considerada concentração de sais. O estudo do efeito da salinidade sobre os cultivos hortícolas, apresenta um crescente interesse devido à gradual deterioração da qualidade da água de irrigação. A disponibilidade de informações que ajude o manejo dos cultivos sob condições salinas já existe, no entanto, ainda existe a necessidade de se desenvolver estudos que direcionem o produtor a fazer o uso racional dos recursos hídricos, bem como impulse o aproveitamento de fontes alternativas de água na agricultura.

A salinidade é um dos fatores mais importantes que limitam o crescimento e a produção de várias culturas hortícolas (SAVVAS et al., 2007; AZARMI et al., 2010; CARILLO et al., 2011; ZEINOLABEDIN, 2012). A salinidade é um estresse ambiental que afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas (AFSHARI et al., 2011) e é um problema amplamente reconhecido em regiões irrigadas em todo o mundo. Por outro lado, a salinização continua a aumentar, particularmente nas regiões áridas e semiáridas (YOKAS et al., 2008; ABU-KHADEJEH et al., 2012). O acúmulo de sais na rizosfera pode limitar a absorção de água, causar desequilíbrio iônico e afetar o crescimento das plantas (IQBAL et al., 2014).

Os sais têm um grande efeito sobre as relações hídricas das plantas, o estresse osmótico reduz tanto o consumo de nutrientes como de água. Na produção, em ambiente protegido, especialmente em cultivos hidropônicos em substrato, que requer alta aplicação de fertilizantes, muitas vezes a planta não absorve todos os nutrientes, tendendo a concentrar os sais no substrato (LUDWING et al., 2013). Porém acredita-se que na hidroponia há um menor estresse hídrico, pelo fato de ocorrer a presença constante de água, os efeitos negativos dos sais não são tão fortes como no solo.

Dentre os tipos de sistemas hidropônicos existentes, destaca-se em instalações comerciais o NFT que consiste em uma lâmina fina de solução nutritiva a qual possui recirculação frequente geralmente a cada quinze minutos, e as culturas se encontram diretamente sobre a água as quais absorvem de forma direta nutrientes e oxigênio. O funcionamento desse tipo de sistema permite que sejam acoplados aos reservatórios

de solução nutritiva, sistemas de abastecimento automático, capazes de registrar todas as variações do consumo hídrico dos cultivos em tempo real, permitindo a partir desses dados o conhecimento do volume consumido pela cultura em determinado período de tempo.

A quantidade de água necessária para a produção das culturas é afetada por uma grande quantidade de fatores, quais sejam: estado fenológico da cultura, condições climáticas dentro da casa de vegetação, tipo de substrato, salinidade da água e da solução nutritiva, dentre outros. O grau de transpiração da cultura é um fator determinante ao estabelecer o consumo de água pela planta (STANGHELLINI e VAN MEURS, 1989).

O consumo hídrico em cultivos hidropônicos é um parâmetro que deve ser levado em consideração na hora de estimar a viabilidade técnica e econômica da cultura a ser implantada. O consumo da água por hortaliças folhosas é influenciado pelo incremento da salinidade nas águas provocando reduções no potencial osmótico da planta (SOARES et al., 2010). A utilização de indicadores da eficiência do uso de água (EUA) é uma das formas de se analisar a resposta dos cultivos às diferentes condições de disponibilidade de água, pois relaciona a produção de biomassa seca ou a produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura (LIU e STUZEL, 2004; PUPPALA et al., 2005).

Quanto à cultura da couve-folha, a literatura existente não oferece informações pertinentes sobre o assunto, embora a cultura tenha se destacado entre as demais hortaliças folhosas que estão em expansão no mercado. Segundo Silva et al. (2007), a couve-folha (*Brassica oleracea* var. *acephala*) é uma folhosa de grande importância na tradição culinária brasileira e que apresenta alto valor nutricional, sendo rica em ferro, cálcio, vitamina A e ácido ascórbico.

Portanto, seria interessante poder diversificar a oferta de hortaliças folhosas hidropônicas, potencializando o uso de recursos considerados por muitos sem utilidade como é o caso das águas salobras, através do desenvolvimento de novas técnicas de cultivo, que venham a agregar valor ao produto, sendo a hidroponia uma ótima alternativa. Diante do exposto, objetiva-se com esse estudo avaliar o consumo hídrico e a eficiência do uso da água da cultura da couve-folha hidropônica produzida com uso de águas salobras.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Localização e descrição do ambiente experimental

O estudo foi desenvolvido de maio a setembro do ano de 2016, durante o período de inverno, nas dependências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pertencente a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas, Bahia, cujas coordenadas geográficas são 12°40'19" de latitude Sul, 39°06'23" de longitude Oeste e altitude de 225 m (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen (1948), com a então modificação proposta por Alvares et al. (2013), o clima é tipo tropical quente e úmido (Af), em que, praticamente, não há estação seca.



Figura 1. Localização da área experimental, UFRB-NEAS, Cruz das Almas-BA, 2017

Para garantir maior controle ambiental e fitossanitário a cultura da couve-folha foi conduzida em condições de ambiente protegido. Para isso foi utilizada uma casa-de-vegetação em arco geminada, de 14 x 32 m, com pé-direito elevado (4,0 m) para evitar problemas de temperaturas demasiadamente altas. Esse ambiente foi protegido no teto por filme plástico, anti-UV, de 150 um, possuindo ainda, internamente, uma manta termorreflectora aluminizada (50%) para mitigar a temperatura ambiente; as

laterais são protegidas por mureta de concreto e tela de sombreamento (50%) (Figura 2).



Figura 2. Visão geral do interior da casa-de-vegetação durante o cultivo, protegido com manta termorreflectora

3.2.2. Monitoramento da temperatura do ar e umidade relativa no interior da casa de vegetação

Durante a condução do experimento foram monitoradas a umidade relativa do ar (%) e a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), ambas variáveis meteorológicas foram obtidas por meio de um termohigrômetro modelo HMP45C (Vaisala, Inc.; Helsinki, Finland) instalado no interior da casa de vegetação a uma altura de 1,0 m em relação aos perfis hidropônicos (Figura 3), conectado a um *datalogger* modelo CR1000 (Campbell Scientific, Inc.; Logan, Utah, USA). As médias das variáveis citadas acima foram obtidas a cada 60 minutos durante todo período experimental.

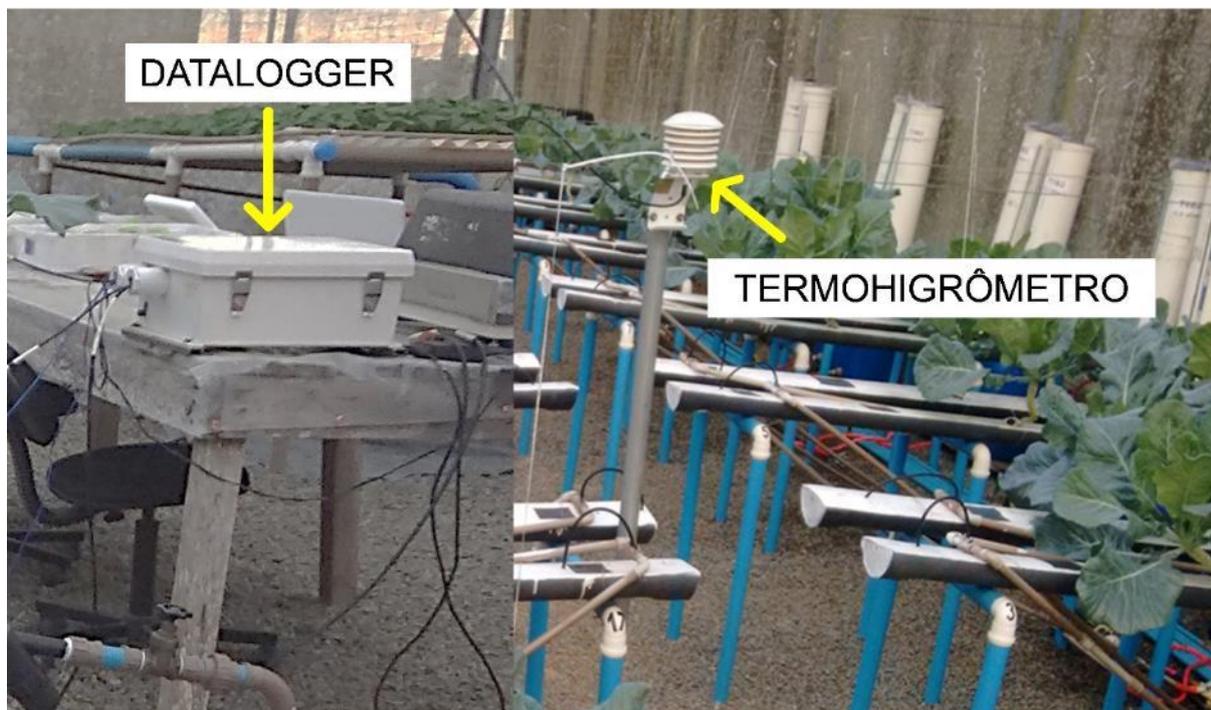


Figura 3. Equipamentos utilizados para obtenção das variáveis meteorológicas no interior da casa de vegetação durante todo o período experimental

O monitoramento climático dentro da casa de vegetação torna-se algo imprescindível uma vez que o desenvolvimento dos cultivos está condicionado diretamente a esses fatores. Ao longo do período experimental a média diária de temperatura do ar dentro da casa de vegetação oscilou entre 20 °C e 27 °C (Figura 4A), ou seja, os valores de temperatura do ar variaram pouco ao longo do período experimental, mantendo-se na maior parte dos dias entre 20 e 22 °C, valores estes que se encontram dentro da faixa ótima de temperatura média para a cultura da couve-folha, que é de 16 a 22 °C segundo ETHUR (2017). A média diária para a umidade relativa registrada durante todo o período experimental variou entre 68,20 e 90,94% (Figura 4B), tendo ocorrido maior variação ao final do ciclo de cultivo.

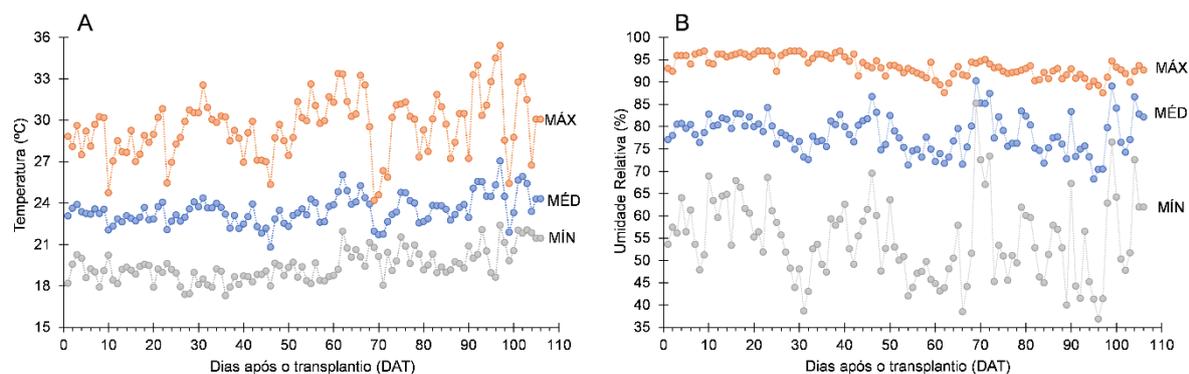


Figura 4. Registro diário da temperatura do ar (°C) (A) e da umidade relativa do ar (%) mínima, média e máxima dentro da casa de vegetação, ao longo do período experimental

3.2.3. Estrutura experimental

Foram construídas 42 unidades experimentais para cultivo hidropônico NFT montadas com base naquela descrita por Soares et al. (2009). Cada parcela representa um sistema hidropônico NFT independente, constituindo-se de: um reservatório plástico com capacidade para 45 L de solução nutritiva; uma eletrobomba de circulação, com componentes internos em plástico para evitar o efeito corrosivo da solução nutritiva. Apesar do reservatório possuir capacidade de 60 L, no mesmo conectou-se uma torneira-boia, que mantinha o volume de solução nutritiva de 45 L. Um perfil hidropônico feito em polipropileno com aditivo anti-ultravioleta, de tamanho médio, diâmetro comercial de 150 mm, comprimento de 3 m e orifícios espaçados em 0,50 m. As parcelas foram construídas, duas a duas sobre cavaletes de PVC, a uma altura de 0,50 m do solo.

O consumo hídrico por planta foi obtido a partir de sistemas de abastecimento automático individualizados, montados em cada parcela e construídos com tubulação de PVC de seção contínua e diâmetro de 0,2 m, com capacidade de 20 L (Figura 5). Este tipo de sistema permite a saída automática de água para o reservatório de solução nutritiva mediante uma torneira-boia, possibilitando a manutenção do volume contido naquele. O depósito de abastecimento é dotado de uma régua graduada, fixada junto a uma mangueira transparente, o que permitiu o cálculo do volume consumido por planta num dado período.



Figura 5. Tanque graduado do sistema de abastecimento automático, instalado na parcela hidropônica para obtenção do consumo hídrico de plantas de couve-folha

3.2.4. Uniformidade de aplicação da solução nutritiva nas calhas

Para verificar a uniformidade de aplicação da solução nutritiva nas calhas, antes de iniciar o experimento foram coletadas as lâminas aplicadas no sistema em baldes de 5 L em um tempo fixo de 1 minuto. Após a coleta, fez-se a leitura do volume da amostra com o auxílio de uma proveta. Com os dados coletados, foram estimados o coeficiente de uniformidade, (CUC) proposto por Christiansen, (1942) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) conforme descrito por Mantovani et al. (2009).

A uniformidade de aplicação da solução nutritiva nas calhas apresentou resultados médios para todos os tratamentos avaliados acima de 90% para o método de CUC e CUD, o que indica uma alta eficiência de aplicação, segundo Mantovani et al. 2009. O registro da uniformidade de distribuição da solução nutritiva nos perfis hidropônicos para os tratamentos avaliados garante confiabilidade aos estudos,

indicando que para todos os tratamentos houve aplicação uniforme, com cerca de 3,5 L min⁻¹. Segundo Soares et al. (2007), a vazão da solução nutritiva nos canais de cultivo NFT pode influenciar na resposta das culturas à salinidade, como no consumo hídrico das plantas.

3.2.5. Tratamento e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em blocos aleatorizados, com sete repetições, sendo os tratamentos formados por diferentes níveis de salinidade da água, quais sejam: 0,3; 1,0; 2,0; 3,0, 4,0 e 5,0 dS m⁻¹ produzidos pela adição de NaCl à água doce local (Tabela 1), totalizando 42 parcelas. O nível 0,3 dS m⁻¹ refere-se ao tratamento controle, ou seja, água sem adição artificial de sais. A água salobra foi usada tanto para o preparo da solução nutritiva quanto para a reposição das perdas por evaporação, havendo um crescimento contínuo da salinidade ao longo do tempo. Após adição dos nutrientes, essas águas produziram soluções nutritivas hidropônicas com CEsol de 2,3; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 e 7,0 respectivamente. Cada parcela do sistema hidropônico NFT corresponde a um perfil com cinco plantas uma em cada orifício.

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

TRATAMENTOS	NaCl (g.L ⁻¹)	CEa (dS m ⁻¹)
T1	0	0,3
T2	0,58	1,0
T3	1,17	2,0
T4	1,75	3,0
T5	2,34	4,0
T6	2,92	5,0

3.2.6. Condução da cultura

A cultura utilizada foi a couve-folha (*Brassica oleracea* L. var. acephala), adotando-se a variedade manteiga, cultivar 'Top Bunch' da SAKATA. As sementes de couve-folha foram semeadas em copos descartáveis contendo substrato derivado de fibra de coco e vermiculita, colocando-se cinco sementes em cada copo, duas semanas após a semeadura foi feito o desbaste restando apenas uma planta por copo (Figura 6).



Figura 6. Mudanças de couve-folha em copos descartáveis após desbaste

As mudas foram irrigadas inicialmente apenas com água doce e, do oitavo até o décimo quarto dia após a semeadura (DAS), com solução nutritiva diluída a 50%; a partir daí foram irrigadas com solução nutritiva a 100% segundo a formulação de Furlani (1998), a qual é indicada para hortaliças folhosas, sendo caracterizada com condutividade elétrica (CE) ao redor de 2 dS m^{-1} quando composta a partir de água com baixa salinidade ($\text{CE} < 0,5 \text{ dS m}^{-1}$). O transplântio das mudas para as calhas do sistema NFT, ocorreu 28 DAS, momento em que se iniciaram os tratamentos.

Após 28 dias da sementeira, quando as plantas estavam com três pares de folhas e cerca de 15 cm de altura, ocorreu o transplante para os perfis de cultivo definitivo. A solução nutritiva foi fornecida com a frequência supracitada e seu pH e condutividade elétrica (CE) registrados periodicamente

A evolução da salinidade nos tratamentos foi acompanhada com medições periódicas na própria calha do sistema hidropônico NFT através de condutivímetro portátil a cada 2 dias; com a mesma frequência, avaliou-se o pH. Caso o pH estivesse fora da faixa ideal para a cultura (5,5-6,5), a correção era realizada com a aplicação de ácido (ácido clorídrico) ou solução alcalina (hidróxido de potássio). Caso a CE da solução (CEsol) do tratamento controle fosse reduzida em $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, a correção era feita mediante aplicação de nutrientes para todos os tratamentos.

3.2.7. Variáveis analisadas

3.2.7.1. Consumo hídrico

Para que não ocorressem perdas de água nos perfis por evaporação os espaços vazios nas calhas foram cobertos por fita adesiva sempre que haviam colheitas destrutivas de plantas.

Foram registradas diariamente as leituras do nível da água nos reservatórios de abastecimento automático. A partir dos volumes repostos, calculou-se o consumo hídrico diário para os seguintes períodos: 1-15, 16-30, 31-45, 46-60, 61-75, 76-90 e 91-105 dias após o transplante (DAT), além do consumo hídrico acumulado no ciclo (1-105 DAT), mediante a Eq. (1):

$$V_{etc} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \times 10^3 \quad (1)$$

em que:

V_{etc} - volume evapotranspirado, $\text{L planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$;

L_f - leitura final do nível da água no depósito de abastecimento automático, m;

L_i - leitura inicial do nível da água no depósito de abastecimento automático, m;

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

ΔT - intervalo de tempo entre as leituras, dias;

n - número de plantas no perfil no intervalo de tempo ΔT .

3.2.7.2. Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada pela relação entre a produção com base na massa de matéria fresca das folhas de plantas de couve-folha e o volume consumido nos períodos de 1-15, 16-30, 31-45, 46-60, 61-75, 76-90 e 91-105 DAT, além do consumo hídrico acumulado no ciclo (1-105 DAT), conforme Eq. (2):

$$EUA = \frac{MASSA_{MFF}}{CH_{ACUM}} \quad (2)$$

em que:

EUA - eficiência do uso da água, g L⁻¹;

MASSA_{MFF} - massa de matéria fresca das folhas de plantas de couve, g;

CH_{ACUM} - consumo hídrico acumulado por período, L.

3.2.7.3. Teor de água na parte aérea

O teor de água (U) na parte aérea da planta foi calculado conforme Eq. (3):

$$U(\%) = \left(\frac{MFPA - MSPA}{MFPA} \right) \times 100 \quad (3)$$

em que:

U - teor de umidade da parte aérea da planta, %;

MPFA - massa fresca da parte aérea da planta, g;

MPSA - massa seca da parte aérea da planta, g.

3.2.7.4. Consumo hídrico relativo

$$CH = \frac{CH_{\text{TRATAMENTO}}}{CH_{\text{CONTROLE}}} \times 100 \quad (4)$$

em que:

CH - consumo hídrico relativo, %;

$CH_{\text{TRATAMENTO}}$ - consumo hídrico em cada nível de condutividade elétrica da água, L;

$CH_{\text{TRATAMENTO CONTROLE}}$ - consumo hídrico do tratamento controle, L.

3.2.8. Análise estatística

Mediante aplicação do teste F da análise de variância (ANAVA), avaliou-se a significância dos tratamentos. As águas salobras artificiais (produzidas pela adição de NaCl) constituíram tratamentos quantitativos, sendo seu efeito avaliado mediante análise de regressão. Nesse caso, as variáveis de interesse foram relacionadas com a condutividade elétrica da água mediante modelos de resposta, cujas validades foram estabelecidas de acordo com a significância dos seus termos e também com o valor do coeficiente de determinação. Os coeficientes de determinação apresentados se referem a todos os dados avaliados e não apenas às médias.

Para as variáveis cuja resposta à salinidade da água foi definida por uma equação de primeiro grau, estimou-se a redução linear relativa com base nos coeficientes da função ajustada, de acordo com a Eq. (5):

$$\alpha_i = \frac{a}{b} \times 100 \quad (5)$$

em que:

α_i - redução linear relativa da variável i para cada acréscimo unitário na salinidade da água, % $(\text{dS m}^{-1})^{-1}$;

a - coeficiente angular da equação ajustada para a variável i;

b - coeficiente linear da equação ajustada para a variável i.

A partir dos dados obtidos nas 42 parcelas hidropônicas foram obtidas as médias de cada uma para todas as variáveis de interesse. Os dados das variáveis de interesse

foram tabulados e previamente processados no Microsoft Excel 2007, sendo a análise estatística executada no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Consumo hídrico

Observa-se na Figura 7 a evolução do consumo hídrico acumulado das plantas de couve-folha 'Top Bunch' ao longo do período experimental para todos os tratamentos. De modo geral, observa-se que para cada tratamento o consumo hídrico foi crescente, não sendo visualizados patamares, ou seja, mesmo após cada colheita parcial as plantas continuavam transpirando, em virtude das folhas remanescentes.

Quanto ao consumo hídrico em função dos tratamentos testados, observou-se um comportamento inverso, ou seja, conforme aumentavam os níveis de CEa a quantidade de água evapotranspirada pela cultura foi menor (Figura 7). É notável que a absorção de água pela cultura da couve-folha foi significativamente reduzida com o aumento da salinidade da água. Ao final do ciclo, o consumo médio acumulado para as plantas tratamento controle foi de aproximadamente 51 L, já para as plantas submetidas ao tratamento de maior salinidade o consumo foi de 32,1 L (Figura 7).

A redução da transpiração é um comportamento que tem sido interpretado como um mecanismo de resposta das plantas à salinidade (POSADA et al., 2006). Resultados semelhantes foram encontrados por diversos autores, tais como: Magán Cañadas (2003), para a cultura do tomate, Silva et al. (2012) em rúcula, Soares et al. (2010) em alface. Mesmo trabalhando em hidroponia, sem restrição de disponibilidade física de água, todos esses autores verificaram decréscimo do consumo hídrico de acordo com o incremento da salinidade da água. Isso decorre do efeito osmótico que diminui a disponibilidade química (energia livre de Gibbs) de água para as plantas.

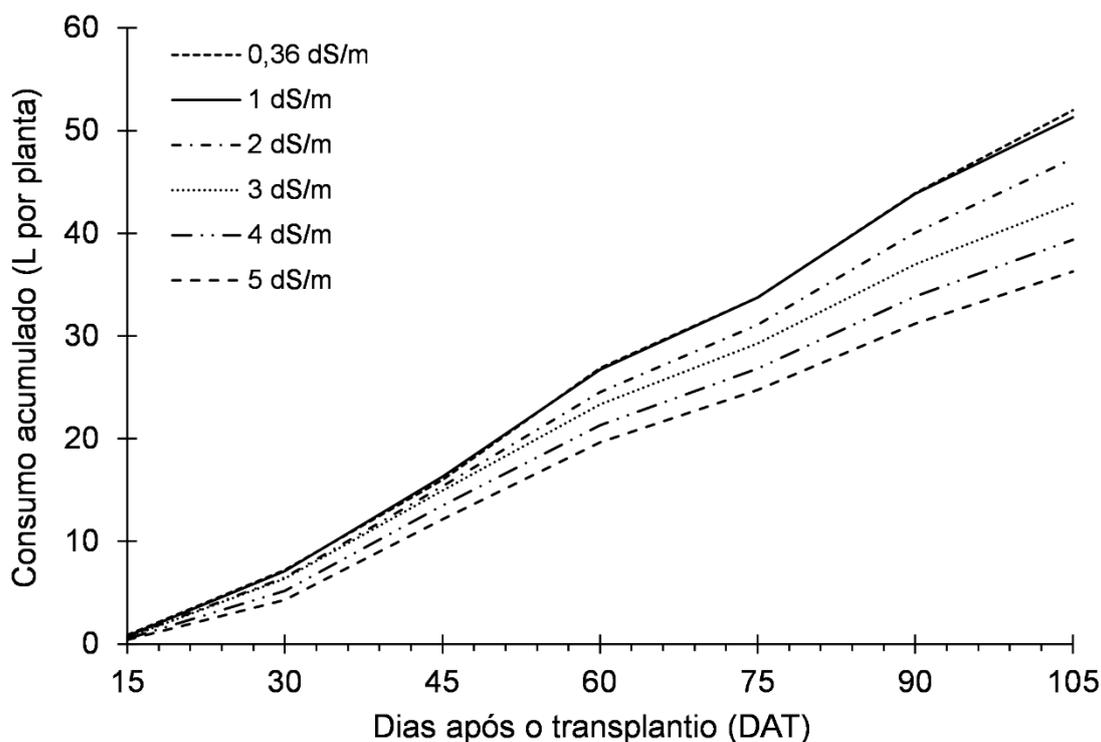


Figura 7. Evolução do consumo hídrico médio acumulado ao longo do cultivo de couve-folha hidropônica 'Top Bunch', em função dos dias após o transplântio (DAT) para todos os tratamentos testados

O resumo da análise de variância demonstra que a salinidade da água promoveu efeito significativo ($p < 0,05$) sobre o consumo hídrico diário para todos os períodos avaliados (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o consumo hídrico diário de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), nos períodos de: 1-15, 16-30, 31-45, 46-60, 61-75, 75-90, 91-105 e de 1-105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	DAT							
		1-15	16-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-105	1-105
		Quadrado Médio							
Bloco	6	0,00003 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,001 ^{ns}	5,85 ^{ns}
CEa	5	0,001 ^{**}	0,03 ^{**}	0,006 ^{**}	0,062 ^{**}	0,017 ^{**}	0,07 ^{**}	0,04 ^{**}	287,5 ^{**}
Erro	30	0,00006	0,0010	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	3,09
CV (%)		17,31	9,07	5,95	10,08	8,35	7,86	7,62	3,93

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

Para o tratamento controle ($0,36 \text{ dS m}^{-1}$) foi registrado consumo hídrico diário variando de 0,06 a 0,859 L por planta de couve-folha, média mínima e máxima dos 1 aos 15 DAT e dos 46 aos 60 DAT, respectivamente (Figura 8). Para o tratamento mais salino (5 dS m^{-1}) foi registrado consumo hídrico diário variando de 0,02 a 0,599 L por planta (Figura 8), média mínima e máxima dos 1 aos 15 DAT e dos 46 aos 60 DAT.

Um menor consumo observado no início do ciclo (1 a 15 DAT) tanto para o tratamento controle como para o tratamento mais salino, pode ser explicado pelo fato de que a demanda hídrica da cultura nessa fase ainda era muito baixa, visto que a planta encontrava-se em fase inicial de desenvolvimento e adaptação. Por outro lado, o maior consumo hídrico diário para o menor e maior nível de condutividade elétrica da água (CEa), pode estar relacionado ao maior acúmulo de matéria fresca, maior área foliar da cultura ou maior demanda atmosférica de água no período de 46 aos 60 DAT.

Em experimentos realizados com rúcula em hidroponia Silva et al. (2012), obtiveram nos primeiros dias após transplântio consumo diário de 0,250 L por planta, para os tratamentos controle e de 0,212 L para os maiores níveis de salinidade ($5,2 \text{ dS m}^{-1}$). No final do ciclo o mesmo autor registrou um consumo de 0,850 L e de 0,650 L para o tratamento controle e mais salino respectivamente.

Montezano et al. (2002), em experimento com alface obtiveram para níveis salinos um consumo diário de 0,150 L por planta. Bione (2013) obteve máximo consumo hídrico diário, média semanal, do manjeriço, cultivado no sistema NFT em condições não salinas e com solução nutritiva convencional, de 0,502 L por planta, registrado dos 42 aos 48 DAT.

Para as condições desse estudo uma planta de couve-folha consumiu de 20 mL a 859 mL de água por dia, durante um período total de 105 DAT. Supondo um projeto de 10.000 pés de couve-folha o consumo será de 200 a 8.590 litros de água por dia. Um reservatório de solução nutritiva no sistema NFT deverá ter a capacidade de armazenamento suficiente para suprir a necessidade da cultura.

O consumo hídrico relativo médio acumulado reduziu com o aumento da salinidade, para o maior nível testado (5 dS m^{-1}), ocorreram diminuições de 52,6, 40,7, 23,8, 26,9, 26,7, 28,9 e 30,1% dos valores consumidos para os períodos de 1-15, 16-30, 31-45, 46-60, 61-75, 76-90 e 91-105 DAT, respectivamente, em relação ao tratamento controle (Tabela 3). Possivelmente, o efeito osmótico da salinidade reduziu

a disponibilidade de água para a planta, contribuindo com o estresse hídrico (RICHARDS, 1974).

Tabela 3. Consumo hídrico (CH) relativo médio acumulado nos períodos de: 1-20, 21-33, 33-47, 47-62, 62-75, 75-89, 89-105 e do ciclo total de 1-105 dias após o transplântio (DAT) em função da condutividade elétrica da água (CEa)

TRAT	CEa (dS m ⁻¹)	CH (%)						
		1-15	16-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-105
		DAT						
T1	0,3	100	100	100	100	100	100	100
T2	1	88,4	98,1	102,0	99,5	99,9	99,9	98,7
T3	2	80,8	89,9	96,3	91,3	92,1	91,2	91,0
T4	3	71,8	87,9	93,8	86,9	86,6	84,2	82,5
T5	4	57,9	71,7	84,7	79,2	79,5	77,1	75,7
T6	5	47,4	59,2	76,1	73,1	73,3	71,1	69,8

Houve redução linear na ordem de 10,6, 7,78, 2,43, 7,06, 5,85, 8,23, 8,02 e 6,64% com o incremento da condutividade elétrica da água para os períodos de 1 a 15, 16 a 30, 31 a 45, 46 a 60, 61 a 75, 76 a 90, 91 a 105 e para o ciclo todo de 1 a 105 DAT, respectivamente, para cada aumento unitário da salinidade da água (Figura 8A, 8B, 8C, 8D, 8E, 8F, 8G e 8H).

Nota-se que dos 31 aos 45 DAT a redução do consumo hídrico para os tratamentos salinos foi menor em relação aos demais períodos, coincidindo com o período mais produtivo da cultura da couve-folha que ocorreu aos 45 DAT e contrariando a afirmação de que produções mais elevadas ocorrem em virtude de um maior consumo de água pelas culturas. A explicação para tais resultados é de que nesse período a demanda hídrica pode ter sido menos acentuada, ou as plantas tinham massa no mesmo patamar decorrente do saldo de colheita anterior.

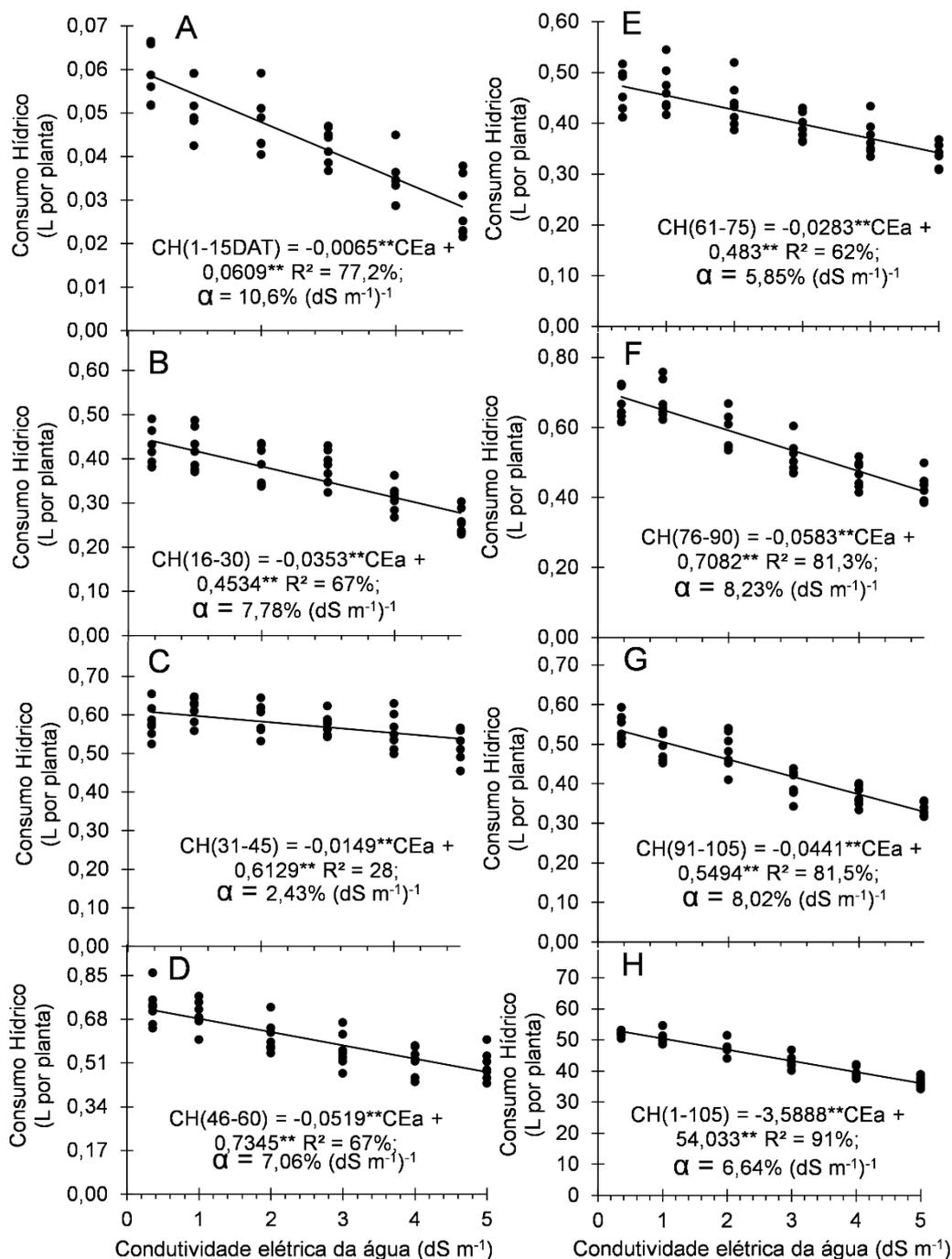


Figura 8. Consumo hídrico diário de couve-folha 'Top Bunch' nos períodos de: 1-15 (A), 16-30 (B), 31-45 (C), 46-60 (D), 61-75 (E), 76-90 (F), 91-105 (G) e do consumo hídrico acumulado no ciclo de 1-105 dias após o transplante (DAT) (H) em função da condutividade elétrica da água (CEa)

A quantidade de água evapotranspirada pela cultura se reduz severamente com o aumento da quantidade de NaCl da solução nutritiva. Isso ocorre devido à redução da turgescência que induz o fechamento estomático, com isso a planta diminui a

transpiração como estratégia de defesa, utilizada para evitar os efeitos negativos da salinidade. Tais resultados podem ser confirmados ao se analisar o resultado da análise de variância para o teor de água na parte aérea de plantas de couve-folha (Tabela 4), uma vez que a salinidade da água não imprimiu efeito ($p > 0,05$) sobre essa variável aos 15 e 45 DAT, e que a redução ocorrida aos 30 e 105 DAT foi muito baixa na ordem de 1,37 e 0,69% para cada aumento unitário da salinidade da água (Figura 9).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para teor de água na parte aérea (TAPA) de plantas de couve folha hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	1,1568**	11,677*	4,824 ^{ns}	1,306 ^{ns}
CEa	5	0,3832 ^{ns}	41,290**	1,808 ^{ns}	9,969**
Erro	30	0,340	4,297	2,295	1,668
CV (%)		0,64	2,44	1,69	1,46
Média		91,66	--	89,53	--

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

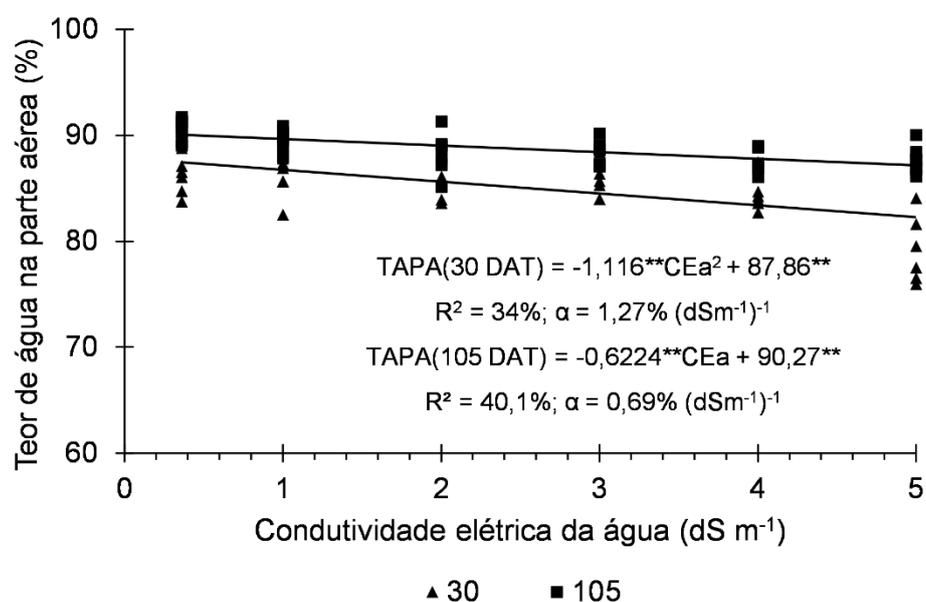


Figura 9. Teor de água na parte aérea (TAPA) em função da condutividade elétrica da água (CEa) aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

3.3.2. Eficiência do uso da água

Observou-se através da análise de variância que a salinidade da água não influenciou na eficiência do uso da água com base na matéria fresca (EUAMFF) das folhas de couve hidropônica nos períodos de 16 a 30 e de 46 a 60 (Tabela 5) com uma média de 34,9 e 35 g L⁻¹ respectivamente (Figura 10B e 10D). Já para os períodos de 1 a 15, 31 a 45, 61 a 75, 76 a 90, 91 a 105 e para todo o ciclo de 1 a 105 DAT, a CEa promoveu efeito significativo ($p < 0,05$) na EUAMFF (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para eficiência do uso da água (EUAMFF) para a massa de matéria fresca das folhas de couve hidropônica 'Top Bunch', em função da salinidade da água (CEa), aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dias e do ciclo todo dos 15-105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	DAT							
		1-15	16-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-105	1-105
		Quadrado Médio							
Bloco	6	358,05 ^{ns}	26,48 ^{ns}	24,07 ^{**}	28,83 ^{ns}	38,86 ^{**}	118,1 ^{**}	33,22 ^{ns}	18,89 ^{**}
CEa	5	1309,2 ^{**}	28,48 ^{ns}	25,31 ^{**}	10,11 ^{ns}	64,85 ^{**}	91,33 ^{**}	124,1 ^{**}	13,23 ^{**}
Erro	30	240,39	18,52	7,46	23,11	8,64	21,59	31,83	3,46
CV (%)		30,10	12,34	5,82	13,72	8,41	14,62	12,74	4,88

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

Quando se calculou a EUAMFF para todo o ciclo baseado no consumo hídrico total e na produção total, houve uma redução muito baixa em função dos níveis de condutividade elétrica da água, com cerca de 1,84 (dS m⁻¹)⁻¹, isso pode explicar em partes o aumento da EUAMFF no início do ciclo seguido de uma redução ao final (Figura 10H).

A salinidade da água imprimiu efeito significativo positivo sobre a EUAMFF nos períodos de 1 a 15 e de 31 a 45 dias após o transplântio (DAT). A eficiência do uso da água com base na MFF de couve hidropônica cresceu linearmente em função dos níveis de salinidade da água, com aumento de 48,2 % no início do ciclo (Figura 10A). O impacto da salinidade da água no período de 1 a 15 DAT foi maior para o volume consumido do que para a produção de matéria fresca das folhas, corroborando com o que foi reportado por Silva Filho et al. (2014) com hortelã em hidroponia NFT, que

observaram que o incremento na salinidade da água promoveu resposta linear crescente na eficiência do uso da água.

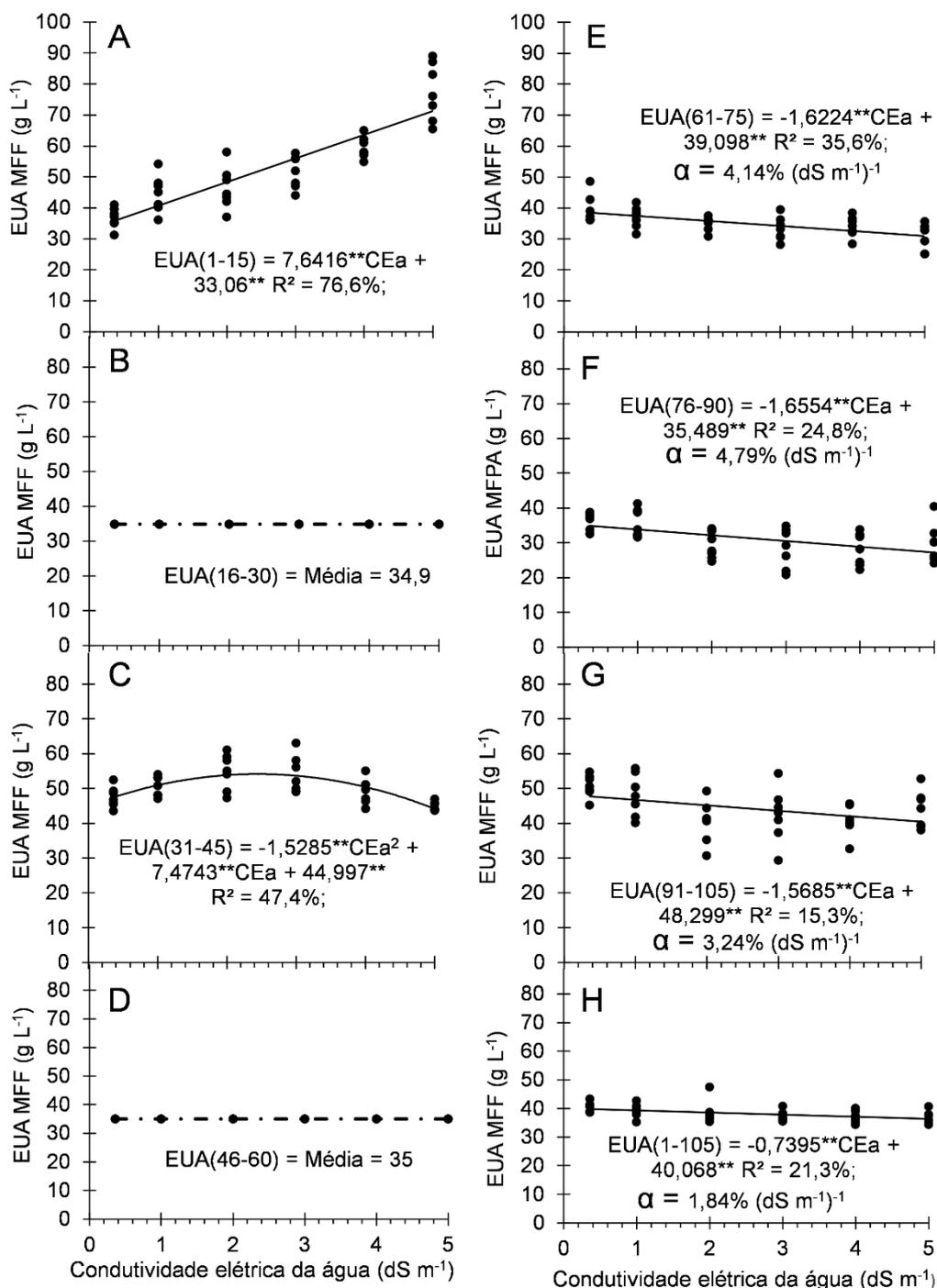


Figura 10. Eficiência do uso da água com base na massa de matéria fresca das folhas de plantas (EUAMFF) de couve hidropônica 'Top Bunch', em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e do ciclo todo de 1-105 dias após o transplântio (DAT)

No período de 31 a 45 DAT a EUAMFF da couve-folha hidropônica foi afetada pela salinidade da água, apresentando, inicialmente, resposta positiva até a condutividade elétrica da água de aproximadamente $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, na qual obteve-se EUAMFF de $54,13 \text{ g L}^{-1}$, e decrescendo a partir desta salinidade, de forma que os dados foram ajustados a equação de regressão quadrática, a partir desse ponto a EUAMFF decresceu 0,86, 6,01 e 12,45%, nas CEa de 3, 4 e 5 dS m^{-1} respectivamente. Os menores valores foram observados nas plantas cultivadas com água de maior salinidade ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$), com $44,15 \text{ g L}^{-1} \text{ cm}^2$ (Figura 10C).

Os efeitos negativos dos sais sobre a EUAMFF só foram observados nos períodos de 61 a 75, 76 a 90 e de 91 a 105 DAT, cuja eficiência do uso da água com base na MFF de couve (EUAMFF) reduziu linearmente com o aumento da salinidade da água (CEa), com reduções na ordem de 4,14, 4,79 e 3,24% respectivamente (Figura 10E, 10F e 10G). Em condições de estresse salino, o efeito da salinidade sobre a eficiência do uso da água segue diversos padrões segundo a natureza dos sais. Se o estresse salino for devido à toxicidade dos íons, ocorre o fechamento estomático que promove aumento da respiração ou diminuição da fotossíntese. Tanto o aumento na respiração como a diminuição da fotossíntese, diminuem a quantidade de assimilados produzidos, o que irá resultar na redução da biomassa acumulada na planta, por unidade de água transpirada, resultando em uma baixa eficiência do uso da água, o que provavelmente ocorreu no presente estudo ao final do ciclo de cultivo da couve. Segundo Bhattarai (2005), a eficiência do uso da água e a salinidade demonstram normalmente um comportamento inversamente proporcional, uma vez que a proporção de água fornecida pela irrigação, que é utilizada na transpiração, se reduz como consequência da diminuição do potencial osmótico da solução. No entanto, a afirmação feita pelo autor só funciona se a produção pela cultura for mantida, ou se a redução da produção de biomassa for menor que a redução no consumo de água.

Em relação a outras culturas produzidas em hidroponia com águas salobras, Silva et al. (2012) observaram redução de 9% na EUA da rúcula em função do aumento da condutividade elétrica da água, Santos Júnior et al. (2013) em cultivo hidropônico com uso de água salobras também observaram redução da EUA do girassol na ordem de 7% para cada aumento da condutividade elétrica da água. Contudo é possível chegar à conclusão de que a cultura da couve-folha hidropônica é

mais eficiente no uso da água sob condições salinas quando comparada aos resultados acima, obtidos por outros autores.

3.4. CONCLUSÕES

O máximo consumo hídrico diário registrado para cultura da couve-folha foi de 0,859 L por planta, registrado durante o período de 46 a 60 dias após o transplântio.

A salinidade da água promoveu efeito significativo negativo sobre o consumo hídrico diário da couve-folha para todos os períodos avaliados, ou seja, a absorção de água pela cultura da couve-folha foi significativamente reduzida com o aumento da salinidade da água a partir da primeira quinzena de cultivo.

A salinidade da água promoveu aumento da eficiência do uso da água com base na massa de matéria fresca de folhas de couve nos períodos de 1-15 e 31-45 dias após o transplântio (DAT), indicando que o impacto da salinidade da água nesses períodos foi maior para o volume consumido do que para a produção de matéria fresca das folhas.

Efeitos negativos dos sais sobre a EUAMFF só foram observados nos períodos de 61-75, 76-90 e 91-105 DAT, a EUAMFF reduziu linearmente com o aumento da salinidade da água (CEa) produzida artificialmente pela adição de NaCl, com reduções na ordem de 4,14, 4,79 e 3,24%, respectivamente.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-KHADEJEH, A.; SHIBLI, R.; MAKHADMEH, I.; MOHAMMAD, M. Influence of increased salinity on physiological responses of hydroponic grown tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). Jordan Journal of Agricultural Sciences, v.8, p. 321 - 332, 2012.

AFSHARI, H.; ASHRAF, S.; EBADI A.; JALALI, S.; ABBASPOUR, H.; DALIRI M. S.; TOUDAR, S.R. Study of the effects irrigation water salinity and ph on production and relative absorption of some elements nutrient by the tomato. Plant American Journal of Applied Sciences v.8, p. 766 - 772, 2011.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil, Meteorologische Zeitschrift, v.22, p. 711 - 728, 2013.

AZARMI, R.; TALESHMIKAIL R.D.; GIKLOO A. Effects of salinity on morphological and physiological changes and yield of tomato in hydroponics system. Journal of Food, Agriculture & Environment, v.8, p. 573 - 576, 2010.

BIONE, M.A.A. Produção hidropônica de manjeriço com solução nutritiva convencional em águas salobras e solução nutritiva orgânica. Cruz das Almas, 2013. 154p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB.

BHATTARAI, S.P. The physiology of water use efficiency of crops subjected to subsurface drip irrigation, oxygenation and salinity in a heavy clay soil. Rockhampton, 2005. 29p. Tese (Doctorado in Agricultural scientist) Central Queensland University.

CARILLO, P.; ANNUNZIATA, G.; PONTECORVO, M.G.; FUGGI, A.; WOODROW, P. Salinity Stress and Salt Tolerance, Abiotic Stress in Plants - Mechanisms and Adaptations, Prof. Arun Shanker (Ed.), InTech, 2011.

CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. Berkley: University of California, 1942. 124p.

ETHUR, L.Z. Produção de mudas e comercialização: Agricultura familiar da fondeira Oeste do Rio Grande do Sul. 1.ed. São Borja: 2017, 110p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A computer statistical analysis system. Ciência & Agrotecnologia, v.35, p. 1039-1042, 2011.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. 1.ed. Campinas: IAC, 1998. 52p.

IQBAL, N. UMAR, S.; KHAN, N. A.; KHAN, M. I. R. A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: regulation of proline metabolism. Environmental and Experimental Botany, v.100, p. 34 - 42, 2014.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. Scientia Horticulturae, v.102, p.15 - 27, 2004.

LUDWIG, F.; FERNÁNDEZ, D. M.; MOTA, P.R.D.; VILLAS, B.R. Electrical conductivity and pH of the substrate solution in gerbera cultivars under fertigation. Horticultura Brasileira, v.31, p. 356 - 360, 2013.

MAGÁN CAÑADAS, J.J. Efectos de la salinidad sobre el tomate en cultivo en substrato en las condiciones del sureste peninsular: Resultados Experimentales. Almería, 2003. 16p. Especialización (Agrarias) - Centro de Investigación y formación Agraria de Almería.

MANTOVANI, F.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. Irrigação: Princípios e métodos. Viçosa: MG: Editora UFV, 2009, p. 355.

MONTEZANO, E. M.; PEIL, R.M.; FERREIRA, H.S. Concentração salina da solução nutritiva para a cultura da alface em sistema NFT. Parte I: Consumo hídrico e eficiência no uso da água. *Revista Horticultura Brasileira*, v.20, p. 20 - 25, 2002.

POSADA, F.C.; PEREZ, W.A.; POTILLA, F. Relaciones hídricas y distribución de materia seca en especies de fique (*Furcraea* sp. Vent.) cultivadas bajo estrés por NaCl. *Agronomía Colombiana*, v.24, p. 280 - 289, 2006.

PUPPALA, N.; FOWLER, J.L.; JONES, T.L.; GUTSCHICK, V.; MURRAY, L. Evapotranspiration, yield, and water-use efficiency responses of *Lesquerella fendleri* at different growth stages. *Industrial Crops and Products*, v.21, p.33 - 47, 2005.

RICHARDS L.A. Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sódicos. DAEUA. México: Editorial Limusa, 1974, 172p.

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

SAVVAS D.E.; STAMATI, I.L.; TSIROGIANNIS, N.; MANTZOS, P.E.; BAROUCHAS, N.; KATSOULAS, C.K. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. *Agriculture water management*, v.91, p. 102 - 111, 2007.

SILVA, S.S.; ARAÚJO NETO, S.E.; KUSDRA, J.F.; FERREIRA, R.L.F. Produção orgânica de mudas de couve-manteiga em substratos à base de coprólito de minhocas. *Caatinga*, v.20, p.78 - 83, 2007.

SILVA FILHO, J.A.; SOARES, T.M.; SILVA, M.G.; BATISTA, L.S.; RAFAEL, M. R. S.; MELO, D. M. Consumo hídrico da hortelã utilizando águas salobras em sistema hidropônico NFT. In: II BRAZILIAN SYMPOSIUM ON SALINITY & II BRAZILIAN MEETING ON IRRIGATION ENGINEERING, Fortaleza. Anais... 2014.

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

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, p. 705 - 714, 2010.

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

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

STANGHELLINI, C.; VAN MEURS, W.T.M. Crop transpiration: greenhouse climate control parameter. *Acta Horticulturae*, v.254, p. 384 - 388, 1989.

YOKAS, I.A.; TUNA, L.; BURUN, B.; ALTUNLU, H.; ALTAN, F.; KAYA, C. Responses of the Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant to exposure to different salt forms and Rates. *Turkish journal of agriculture and forestry*, v.32, p. 319 - 329, 2008.

ZEINOLABEDIN JOUYBAN. The Effects of Salt stress on plant growth. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, v.2, p. 7 - 10, 2012.

Capítulo IV

Análise Sensorial e Concentração de
Nutrientes em Folhas de Couve-folha
Hidropônica Produzidas com Águas
Salobras

ANÁLISE SENSORIAL E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE COUVE-FOLHA HIDROPÔNICA PRODUZIDAS COM ÁGUAS SALOBRAS

Autor (a): Paula Carneiro Viana

Orientador: Tales Miler Soares

RESUMO: Plantas de couve-folha cv. 'Top Bunch' foram cultivadas em sistema hidropônico do tipo NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes) com uso de águas salobras, objetivando-se avaliar os teores de nutrientes acumulados e o nível de aceitação de suas folhas através de análise sensorial. O experimento foi conduzido em blocos aleatorizados com sete repetições, totalizando 42 parcelas, sendo avaliados seis níveis de condutividade elétrica da água (CEa), quais sejam: 0,3; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m⁻¹, obtidos pela adição de NaCl à água doce local, sendo o nível de 0,3 dS m⁻¹ o tratamento controle, ou seja, água doce sem adição de sais. Para a análise de teores de nutrientes nas folhas de couve, avaliou-se apenas quatro níveis de condutividade elétrica da água (CEa), quais sejam: 0,3; 2,0; 3,0; e 5,0 dS m⁻¹, com cinco repetições, totalizando 20 parcelas das 42 instaladas. Quanto à análise sensorial, todos os tratamentos foram avaliados aplicando-se escala hedônica e através dessa, registrava-se o que os provadores mais apreciaram e o que menos gostaram de cada amostra, além de intenção de compra e consumo. Também foram avaliados parâmetros de qualidade, da cultura através de análise de sintomas, nível de hidratação na folha e índice de esclerofilia. Não houve efeito significativo da salinidade da água sobre as características sensoriais da couve-folha hidropônica. Quanto aos parâmetros de qualidade, não foram identificados sintomas visuais de toxidez nas folhas durante todo o período experimental. O nível de hidratação na folha não foi comprometido pelo aumento da CEa. Por outro lado, o índice de esclerofilia aumentou com o incremento da CEa nos períodos de 45 e 105 DAT. A concentração foliar de Na⁺ e Cl⁻ em níveis que não comprometeram a saúde humana aumentou em função do incremento da salinidade da água, em contrapartida a concentração de Ca, Mg e P diminuíram. Os teores de N, K⁺ e micronutrientes não foram afetados com aumento da salinidade da água.

Palavras-chave: degustação, íons tóxicos, salinidade

SENSORY ANALYSIS AND NUTRIENTS CONCENTRATION ON COLLARD GREENS RAISED WITH BRACKISH WATER SUPPLY

Author: Paula Carneiro Viana

Supervisor: Tales Miler Soares

ABSTRACT: Collard greens cv. 'Top Bunch' plants were cultivated in hydroponic NFT (Nutrient Film Technique) system using brackish water, aiming to evaluate accumulated nutrient contents as well as the acceptability level of collard greens leaves through sensory analysis. The experiment was carried out in randomized blocks with seven replications, totaling 42 plots, where six levels of water electrical conductivity (EC_w) were evaluated: 0.3; 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0 dS m⁻¹, obtained by NaCl addition to the local fresh water. The CEa 0.3 dS m⁻¹ level was the control treatment, i.e. fresh water without addition of NaCl. For the nutrient content analysis in collard green leaves, only four levels of water electrical conductivity (EC_w) were evaluated 0.3; 2.0; 3.0; and 5.0 dS m⁻¹, with five replications, totaling 20 plots out of the 42 installed ones. Regarding the sensorial analysis, all treatments were evaluated through hedonic scale therefore it was recorded which leave the tasters most appreciated and what they liked least of each sample, besides purchase and consumption intention. Also, quality parameters of the crops were evaluated by symptoms analysis, level of hydration in the leaf and sclerophyllia index. There was no significant effect of water salinity on the sensory characteristics of hydroponic collard greens. As for the quality parameters, no toxicity visual symptoms were detected in the leaves throughout the whole experimental period. The level of hydration in the leaf was not compromised by the EC_w increase. On the other hand, the sclerophyllia index increased with the increase of the water conductivity in days 45 and 105 after transplanting. The leaf concentration of Na⁺ and Cl⁻ concentration at levels that did not compromise human health increased as a function of the increase of the water salinity, whereas the concentration of Ca, Mg and P decreased, besides the N, K⁺ and the micronutrients were not affected with increase in water salinity.

Keywords: toxic ions, nutrients, tasting

4.1. INTRODUÇÃO

A economia de uma região semiárida pode ter características próprias, aproveitando-se as condições particulares do local. Um erro cometido consiste em se convencer de que a economia de uma região siga as diretrizes de outras que têm condições completamente diferentes. Através de investigação científica e do emprego de novas tecnologias é possível criar polos de desenvolvimento com elementos próprios da Região Nordeste do Brasil.

O aproveitamento de recursos considerados rejeitáveis, pode ser uma alternativa para alavancar esse desenvolvimento. Como exemplo desses recursos, cita-se as águas salobras, que são abundantemente encontradas nos poços perfurados no Semiárido, mas cujos níveis de salinidade são elevados. Por outro lado, o uso direto dessas águas na agricultura convencional pode causar problemas ambientais, tais como a salinização dos solos. Pensando nisso, tem-se investigado sobre o aproveitamento dessas águas em sistema hidropônico em ambiente protegido, com o objetivo de identificar uma tecnologia capaz de satisfazer os requerimentos de água pelas plantas, proporcionando assim uma alternativa econômica para produtores que dispõem apenas desse recurso.

A hidroponia caracteriza-se como um sistema de produção em que as raízes das plantas são irrigadas com solução nutritiva composta por nutrientes necessários ao desenvolvimento da cultura, sem a presença de solo. Em alguns casos o solo é substituído por substratos constituídos de material inerte e estéril. Os sistemas hidropônicos possuem vantagens concretas, permitindo um bom controle do crescimento e desenvolvimento das plantas e está atualmente em prática em todo o mundo, o que pode resultar em maiores rendimentos (JONES, 2008; LIBIA et al., 2012). Dentre as vantagens da hidroponia cita-se a economia de água, já que a técnica se baseia na recirculação da solução nutritiva. Em alguns sistemas avançados, como no Norte da Europa e Israel, a aplicação de água é feita por meio de sistema computadorizado automático para minimizar as perdas de água.

Os cultivos podem ser adversamente afetados pela salinidade, induzindo desordens nutricionais. Estas desordens podem resultar em um dos efeitos causados pela salinidade sobre a disponibilidade de nutrientes, resposta competitiva, transporte ou no particionamento dentro da planta. O conteúdo nutricional das brassicas é

variável e depende das condições ambientais em que a planta se desenvolve, da idade da mesma e do manejo do cultivo.

Em plantas cultivadas com águas salobras podem ocorrer efeitos prejudiciais em decorrência do estresse salino, como desordens metabólicas causadas pelo acúmulo de Na^+ e Cl^- nas células das plantas (GEILFUS et al., 2015).

Para efeitos tóxicos específicos, se uma quantidade excessiva de sal entra na planta no fluxo de transpiração, podem ocorrer lesões nas células nas folhas (YOKAS et al., 2008; PARVAIZ e PRASAD, 2012), interferindo na absorção de nutrientes (AZARMI et al., 2010). A absorção de íons salinos provoca a síntese de maiores concentrações de moléculas como sacarose, prolina e glicina, enquanto a absorção desses cátions pode destruir a clorofila, além de dificultar a absorção de potássio (MAROTO, 2008). A exposição a longo prazo à salinidade pode levar a planta à senescência prematura de folhas adultas, e, portanto, à redução da área fotossintética disponível para o crescimento (CARILLO et al., 2011), resultando em maior redução no crescimento.

O mercado consumidor está cada vez mais exigente, buscando produtos de alta qualidade e produzidos de forma a atender a área social e ambiental (PAULUS et al., 2010). Isso envolve produtos frescos como a couve-folha, cujo consumo ocorre *in natura* ou minimamente processadas, sucos, salgados e doces, estando sempre entre as hortaliças mais consumidas no mercado nacional (BEVILACQUA, 2011a). Com base no exposto um estudo de aceitação por meio de análise sensorial é de extrema importância, principalmente quando se deseja saber o grau de preferência dos consumidores de produtos frescos como a couve-folha.

A análise sensorial é utilizada como método de avaliação de aceitação de um determinado produto, análise esta que é feita por meio dos sentidos humanos. Trabalhos que englobem estudos conjuntos sobre teores de nutrientes e análise sensorial de couve-folha produzida em hidroponia com água salobra ainda são bastante escassos. Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo avaliar a preferência e intenção de compra de couve-folha através de análise sensorial, bem como, avaliar os teores de nutrientes na cultura produzida em hidroponia com uso de águas salobras.

sódio														
Fe-EDTA	16									2,08				
-13% Fe														
Recomendações	24	173,75	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07	

* q representa quantidades de fertilizantes em g m^{-3}

A solução nutritiva empregada tanto na produção das mudas quanto no cultivo foi baseada em Furlani (1998), a qual é indicada para hortaliças folhosas, sendo caracterizada com condutividade elétrica (CE) ao redor de 2 dS m^{-1} quando composta a partir de água com baixa salinidade ($\text{CE} < 0,5 \text{ dS m}^{-1}$). O transplântio das mudas para as calhas do sistema NFT ocorreu 28 DAS, momento em que se iniciaram os tratamentos.

4.2.3. Estrutura experimental

O sistema hidropônico utilizado foi do tipo NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes). A solução nutritiva foi distribuída nos canais de cultivo numa vazão média de 3,4 L por minuto, cuja programação de irrigação foi a seguinte: irrigações a cada 15 minutos das 06:00 às 11:00; irrigação constante das 11:00 às 14:00; irrigações a cada 15 minutos, das 14:00 às 19:00; irrigações de 15 minutos às 21:00, 23:00 e 02:00, ou seja, com um total de 63 irrigações intermitentes em um tempo total de 15h e 45 minutos por dia.

4.2.4. Tratamento e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em blocos aleatorizados, com 7 repetições, sendo os tratamentos formados por diferentes níveis de condutividade elétrica da água (CEa), quais sejam: 0,3; 1,0; 2,0; 3,0, 4,0 e 5,0 dS m^{-1} , produzidos pela adição de NaCl à água doce local, totalizando 42 parcelas. Cada parcela do sistema hidropônico NFT correspondeu a um perfil com cinco plantas, uma em cada orifício. O nível 0,3 dS m^{-1} refere-se ao tratamento controle, ou seja, água sem adição artificial de sais. A água salobra foi usada tanto para o preparo da solução nutritiva quanto para a reposição das perdas por evapotranspiração, havendo um crescimento contínuo da salinidade ao longo do tempo. Após adição dos nutrientes, essas águas produziram

soluções nutritivas hidropônicas com CEsol de 2,3; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 e 7,0 dS m⁻¹, respectivamente.

As características do cloreto de sódio utilizado no experimento encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Características físico-químicas e organolépticas do sal (NaCl) utilizado para a composição dos tratamentos salinos

Características Físico-Químicas e Organolépticas	NaCl “Sal Fort SOCEL®”
Sais de iodo metalóide	Isento
Umidade	0,3%
Insolúveis	0,2%
Cálcio	0,14%
Magnésio	0,08%
Sulfato	0,42%
Cloreto de sódio (BS)	98,98%
Cloreto de Sódio (BU)	95,99%
Antiumectante (Ferrocianeto de sódio)	5 ppm
Aspecto	Cristais
Odor	Inodoro
Cor	Branco
Sabor	Salino

*BU-base úmida

*BS-base seca

4.2.5. Variáveis analisadas

4.2.5.1. Qualidade das plantas de couve-folha

- Análise de sintomas: As plantas foram avaliadas visualmente para possível detecção de sintomas de toxidez e/ou deficiência nutricional, ou estresse hídrico.

- Índice de esclerofilia (IE): foi determinado através da relação entre massa seca (g) e a área foliar (m²) da 6^o folha da planta de couve-folha totalmente expandida, obtendo-se assim o resultado em g m⁻².

A sexta folha expandida foi escolhida para fins de padronização na avaliação, pois esta folha segundo Azevedo et al. (2016), sempre apresenta grau de desenvolvimento similar na maioria dos genótipos de couve;

- Nível de hidratação na folha (NHF) (Eq. 1):

$$NHF = \left(\frac{MFF - MSF}{MFF} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que:

NHF - nível de hidratação na folha, %;

MFF - massa de matéria fresca da folha, g;

MSF - massa de matéria seca da folha, g.

4.2.5.2. Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada com plantas colhidas aos 60 dias após o transplântio (DAT). O objetivo da análise foi verificar as notas dadas mediante escala hedônica, recebidas por cada tratamento da couve-folha, avaliando possíveis diferenças de aceitação das amostras, o quanto o indivíduo gostou ou desgostou das folhas e a intenção de compra pelos provadores.

Participaram da análise 26 provadores com idade entre 20 e 60 anos, divididos em sexo masculino e feminino, a maioria correspondia a estudantes e funcionários do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB. Os provadores foram voluntários para a análise sensorial, considerando-se a sua disponibilidade, o seu interesse e o seu poder discriminativo para avaliar a diferença sensorial entre seis diferentes tratamentos de couve-folha.

O preparo das seis amostras seguiu a metodologia: (a) recepção das amostras no Laboratório do Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS); (b) (ii) separação das amostras de acordo com os seis tratamentos utilizados no teste: T1 (CEa 0,36 dS m⁻¹), T2 (CEa 1 dS m⁻¹), T3 (CEa 2 dS m⁻¹), T4 (CEa 3 dS m⁻¹), T5 (CEa 4 dS m⁻¹) e T6 (CEa 5 dS m⁻¹); (c) separação das folhas das plantas, seguida de lavagem com

água corrente e acondicionamento em bandejas de plástico codificadas com número de oito dígitos, de acordo com cada tratamento avaliado (Figura 1). As amostras foram casualizadas, a temperatura da sala de avaliação foi mantida entre 18 e 22° através de ar condicionado para evitar que as folhas murchassem rapidamente.

Os provadores receberam, cada um, seis folhas de couve, referente, às seis amostras codificadas, em pratos descartáveis na cor branca, e foram orientados a prová-las uma a uma. A cada prova os mesmos foram orientados a tomar água em pequena quantidade para que não interferisse na avaliação da amostra seguinte.

Entre uma amostra e outra, o provador registrava sua nota que variava de 1 a 9, sendo: 1 - desgostei muitíssimo; 2 - desgostei muito; 3 - desgostei moderadamente; 4 - desgostei ligeiramente; 5 - nem gostei/ nem desgostei; 6 - gostei ligeiramente; 7 - gostei moderadamente; 8 - gostei muito; 9 - gostei muitíssimo. Essas notas para cada amostra foram relacionadas às variáveis: Aparência (cor), Sabor, Textura (crocância), Impressão Global.

Foi realizada na mesma ficha de avaliação, o quanto os provadores estariam dispostos a consumirem o produto avaliado, por meio da variável 'Atitude', atribuindo notas de 1 a 9 sendo: 1 - só comeria se fosse forçado; 2 - só comeria se não pudesse escolher outro alimento; 3 - raramente comeria; 4 - não gostei, mas comeria ocasionalmente; 5 - comeria se estivesse acessível, não me esforçaria para conseguir; 6 - gostei e comeria de vez em quando; 7 - comeria frequentemente; 8 - comeria muito frequentemente; 9 - comeria sempre que tivesse oportunidade. No final da ficha de avaliação existia um espaço para que os provadores registrassem comentários sobre as amostras avaliadas.



Figura 1. Amostra de folhas de couve hidropônicas codificadas prontas para serem distribuídas aos provadores

4.2.5.3. Concentração de nutrientes nas folhas de couve-folha hidropônica

Para a análise da concentração de nutrientes nas folhas de couve, avaliou-se quatro níveis de condutividade elétrica da água (CEa), quais sejam: 0,3; 2,0; 3,0; e 5,0 dS m⁻¹, com cinco repetições, totalizando 20 parcelas das 42 instaladas.

As folhas frescas de couve hidropônica foram acondicionadas em sacos de papel identificados e postos para secar em estufa de circulação forçada com temperatura regulada para 65 °C (± 1 °C) até atingirem massa constante em balança com precisão de 0,01 g. Após a secagem as folhas foram moídas em um micro moinho de facas tipo Wiley e, logo após serem ensacadas e identificadas, foram enviadas ao Laboratório de Análises Químicas de Solos e Plantas da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte), para determinação dos níveis de nutrientes e possíveis acúmulos de elementos em níveis fitotóxicos ou capazes de comprometer a segurança alimentar. A concentração de nutrientes foi determinada conforme metodologia proposta por Miyazawa et al. (1999).

4.2.6. Análise estatística

Mediante aplicação do teste F da análise de variância (ANAVA), avaliou-se a significância dos tratamentos. As águas salobras artificiais (produzidas pela adição de NaCl) constituíram tratamentos quantitativos, sendo seu efeito avaliado mediante análise de regressão. Nesse caso, as variáveis de interesse foram relacionadas com a condutividade elétrica da água mediante modelos de resposta, cujas validades foram estabelecidas de acordo com a significância dos seus termos e também com o valor do coeficiente de determinação. Os coeficientes de determinação apresentados se referem a todos os dados avaliados e não apenas às médias. Para os resultados da análise sensorial foi feito teste de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade).

Os dados das variáveis de interesse foram tabulados e previamente processados no Microsoft Excel 2007, sendo a análise estatística executada no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Qualidade das plantas de couve-folha

Durante o período experimental não foram verificados sintomas de toxidez, deficiências nutricionais ou de ataque de pragas e doenças que pudessem ser atribuídos à salinidade, como por exemplo, clorose e necrose nas folhas, o que prejudicaria visualmente a qualidade das plantas, impedindo ou dificultando a comercialização das mesmas. Portanto, a massa de matéria fresca das folhas pôde caracterizar o rendimento comercial da couve-folha (Figura 2).

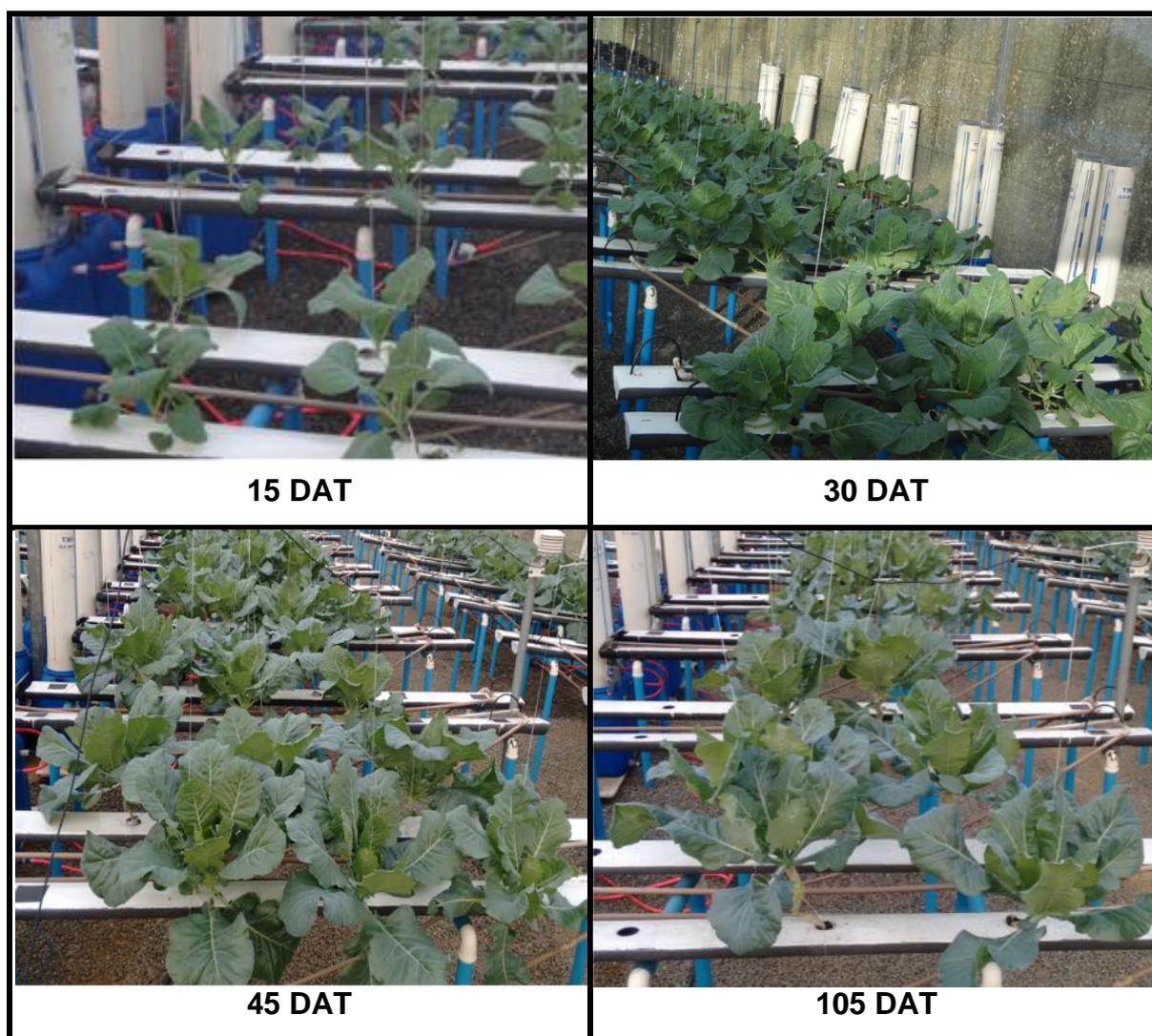


Figura 2. Aspecto geral das plantas de couve-folha hidropônica, cv 'Top Bunch' produzidas com uso de águas salobras, aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

Algumas modificações na tonalidade do verde foram observadas nas plantas submetidas aos tratamentos mais salinos. Um tom de verde mais escuro e azulado predominava na maioria das plantas submetidas a esses tratamentos. Outro aspecto bastante visível foi uma leve cerosidade foliar que recobria as folhas das plantas de couve submetidas aos tratamentos mais salinos.

Essa cerosidade não foi quantificada para análise nesse estudo, apenas observada. A condutividade elétrica da água aumentou a percepção de cerosidade, provavelmente a planta desenvolveu um mecanismo para manter um nível de água nos tecidos, devido às condições as quais estava exposta.

Quanto a esses fatores abordados, Rezende (2010), em estudo sobre produção de couve-folha hidropônica com aproveitamento de águas salobras, também não relatou sintomas deletérios nas plantas.

Em relação à variável índice de esclerofilia (IE) da folha de couve hidropônica, os resultados da análise de variância demonstraram que não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da salinidade da água em relação a esta variável aos 15 e 30 DAT (Tabela 3), com média geral de 1,55 e 2,81 g m^{-2} , respectivamente. Por outro lado, aos 45 e 105 DAT houve efeito significativo ($p < 0,05$) com incremento linear de 10,61 e 18,32%, respectivamente (Figura 3), para cada aumento unitário da CEa. Constata-se ainda, a partir do estudo de regressão, que as plantas cultivadas com CEa de 5 dS m^{-1} apresentaram aumento em termos absolutos de 0,4 e 0,7 g m^{-2} no IE da folha aos 45 e 105 DAT, respectivamente, em relação ao tratamento controle.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para índice de esclerofilia (IE) da folha de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	0,532**	0,468**	0,226**	0,448**
CEa	5	0,185 ^{ns}	0,124 ^{ns}	0,160**	0,570**
Erro	30	0,143	0,079	0,045	0,078
CV (%)		24,34	9,98	6,73	6,51

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

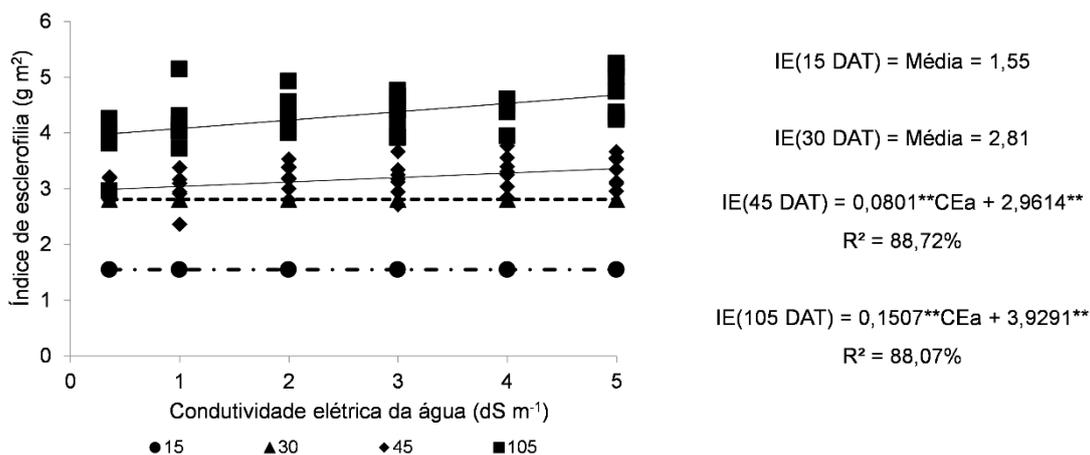


Figura 3. Índice de esclerofilia (IE) na folha de couve hidropônica ‘Top Bunch’ em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplante (DAT)

Sabendo-se que o IE da folha pode influenciar na espessura, quanto maior esse índice maior a massa da folha e consequentemente maior a espessura. O efeito positivo da salinidade sobre o IE da folha pode ser atribuído às estratégias desenvolvidas pelas plantas quando estão sob estresse salino, as quais desenvolvem mecanismos que afetam a estrutura da folha sendo um deles o aumento da espessura foliar. A esclerofilia é definida como uma resposta não específica a ambientes com múltiplos estresses ambientais (READ et al., 2006). Plantas esclerófilas desenvolvem folhas resistentes à herbivoria, seca, baixa fertilidade do solo (devido ao baixo Teor de N e P) e/ou alta salinidade (Feller, 1996, Boeger & Wisniewski, 2003, Hanley et al., 2007), como uma medida conservativa de nutrientes e/ou massa verde (Turner 1994). Reddy (1990) demonstraram que quando se aplica cloreto nas folhas, elas tendem a evidenciar a esclerofilia, que consiste no aumento de peso específico. O aumento do IE observada neste trabalho sugere um aumento na espessura das folhas de couve.

Plantas afetadas pela salinidade apresentam folhas mais espessas (BRESLER et al., 1982). Segundo Oliveira et al. (2012), sob condições salinas as folhas podem apresentar-se mais espessas, com mais extratos de tecido fotossintetizante ou de armazenamento de água. Lesmes et al. (2007), avaliando o crescimento da alface ‘Batavia’ cultivada em substrato sob diferentes concentrações de NaCl na água de irrigação, perceberam aumento da massa foliar ao longo do tempo nos tratamentos salinos e atribuíram tais resultados ao aumento da espessura das folhas. Quintana et al. (2012), estudando o efeito da salinidade na anatomia de folhas e raízes de abacaxi

verificaram aumento da espessura foliar, conforme aumentavam os níveis de condutividade elétrica da água, atribuindo tal efeito ao um mecanismo desenvolvido pela planta para transpirar menos.

Niñirola et al. (2014), estudando a influência da salinidade da solução nutritiva na qualidade e produção de cultivares de alface baby leaf, obtiveram aumento da área foliar específica com o incremento da salinidade e atribuíram tais resultados ao aumento da espessura foliar. Os mesmos autores ainda afirmam que folhas com maior espessura podem ter um melhor desempenho no que diz respeito a pós-colheita em relação aquelas com menor espessura, isso porque as folhas se mantem mais crocantes, garantindo um maior tempo de armazenamento.

O resumo da análise de variância para o nível de hidratação da folha de plantas de couve hidropônica aos 15, 30, 45 e 105 DAT encontra-se na Tabela 4. De acordo com os resultados da análise de variância, constatou-se que a salinidade da água não imprimiu efeito significativo ($p > 0,05$) sobre o nível de hidratação da folha em todos os períodos avaliados.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para nível de hidratação da folha de plantas de couve folha hidropônica, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		15 DAT	30 DAT	45 DAT	105 DAT
Bloco	6	1,324**	3,571 ^{ns}	1,344 ^{ns}	2,029*
CEa	5	2,454 ^{ns}	2,701 ^{ns}	0,248 ^{ns}	1,920 ^{ns}
Erro	30	11,345	2,604	0,900	0,818
CV (%)		0,67	1,78	1,05	1,00

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

O nível de hidratação da folha foi praticamente o mesmo para todos os períodos e tratamentos avaliados, com valores acima de 90% (Figura 4). Sugere-se, portanto, a possibilidade de que a planta tenha desenvolvido mecanismos de tolerância à salinidade como fechamento estomático, diminuindo a perda de água pela transpiração e mantendo o teor de água na folha. Em geral, quando a disponibilidade de água do meio sofre mudanças, as plantas sofrem alteração no potencial osmótico, com isso pode ocorrer diminuição do conteúdo de água nos tecidos, o que não ocorreu

no presente estudo. Pereira et al. (2016) encontraram um teor de água em folhas de couve comercializáveis produzidas em solo de 91,58 %, o que indica que os resultados obtidos nesse estudo são satisfatórios quanto ao padrão comercial da cultura.

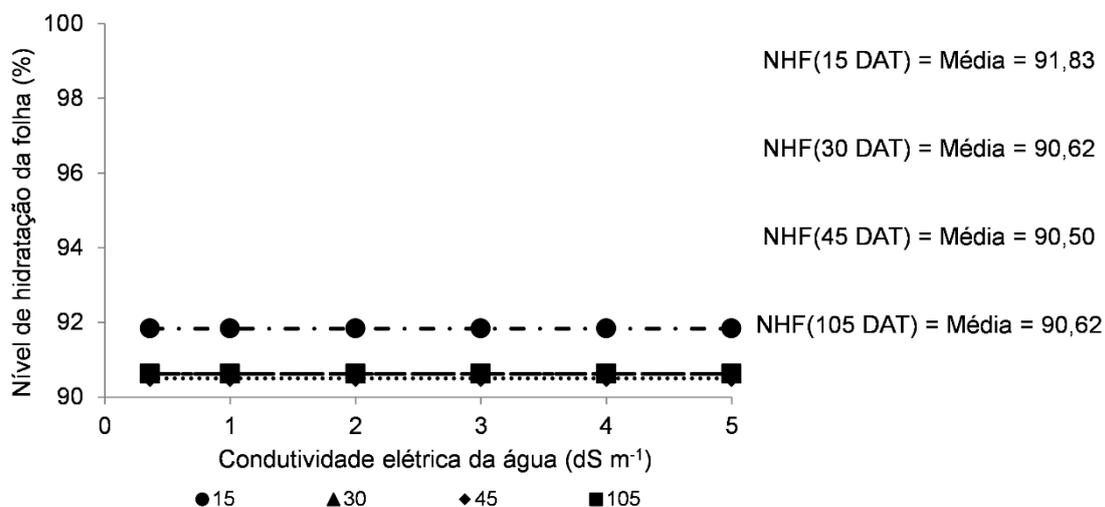


Figura 4. Nível de hidratação da folha de plantas de couve hidropônica em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 15, 30, 45 e 105 dias após o transplante (DAT)

4.3.2. Análise sensorial

Através da análise de variância realizada para as amostras de couve-folha hidropônica, para as variáveis aparência, sabor, textura, impressão global e atitude, pode-se observar que as notas atribuídas para as folhas de plantas cultivadas em condições salinas não se diferenciam sensorialmente ($p > 0,05$) (Tabela 5), com médias na ordem de 7,66, 6,28, 7,03, 6,75 e 6,14, para aparência, sabor, textura, impressão global e atitude, respectivamente. A maior média geral observada foi para a característica aparência, demonstrando que a cultura quando submetida aos diferentes níveis de condutividade elétrica da água (até 5 dS m⁻¹), tem aceitabilidade quanto ao seu aspecto visual, reforçando que a cultura não demonstrou sintomas visuais nas folhas durante todo o período experimental.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para amostras de couve folha hidropônica, para as variáveis aparência, sabor, textura, impressão global e atitude, em função da salinidade da água (CEa)

FV	GL	APARÊNCIA	SABOR	TEXTURA	IMPRESSÃO GLOBAL	ATITUDE
Quadrado Médio						
CEa	5	0,794872 ^{ns}	0,579487 ^{ns}	0,144872 ^{ns}	0,933333 ^{ns}	1,61025 ^{ns}
Erro	125	2,124615	5,244615	2,694103	2,613846	4,045641
Total	155					
Média		7,66 a	6,28 a	7,03 a	6,75 a	6,14 a

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo. Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$)

Analisando os resultados das frequências das notas atribuídas pelos provadores para variável aparência, pode-se observar que houve concordância quanto as avaliações entre as amostras de folhas de couve produzidas com o nível mais salino (CEa 5 dS m⁻¹) e ao tratamento controle (0,36 dS m⁻¹), uma vez que a maioria dos provadores atribuiu notas altas, indicando que gostaram do produto avaliado (Figura 5A e 5F).

Com relação ao atributo sabor, o tratamento de maior nível de salinidade da água foi o que apresentou uma maior frequência de notas máximas atribuídas: 27% dos provadores gostaram muitíssimo. Em relação ao tratamento controle, esse percentual foi de apenas 19% (Figura 6A e 6F). No geral a variável sabor foi a que menos agradou os provadores, para todos os tratamentos, uma vez que apresentou uma média geral na ordem de 6,28 em relação aos demais parâmetros de qualidade da couve-folha hidropônica (Tabela 5). É importante mencionar que os parâmetros para delimitar a qualidade de um determinado produto, seja ele fresco ou industrializado, depende muito das exigências de cada consumidor e do mercado. A dificuldade é que os gostos tendem a ser muito pessoais, e fatores culturais podem marcar tendências, por isso recomenda-se estudar a aceitação dos consumidores de um mercado objetivo, o que não é o caso do presente estudo.

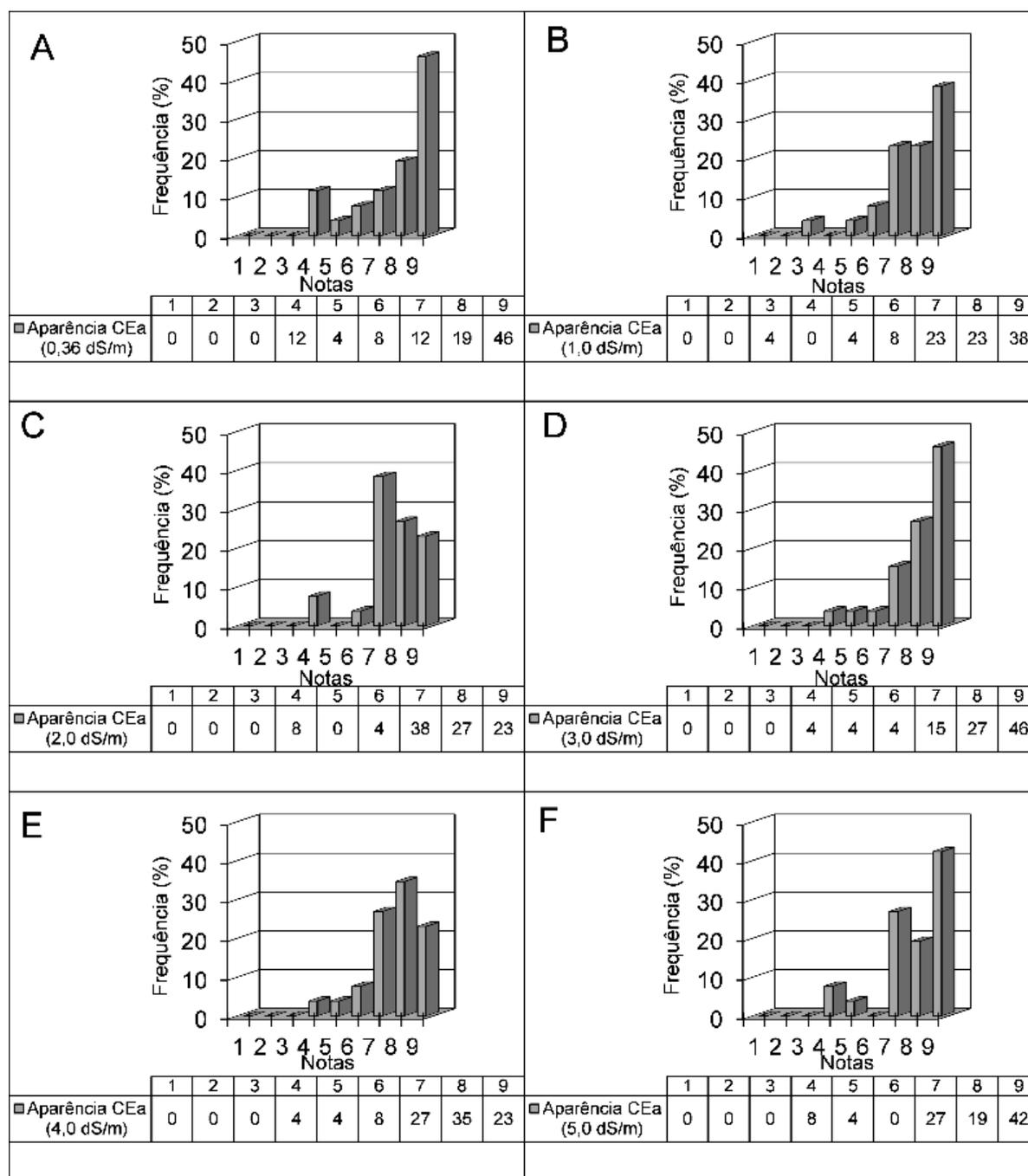


Figura 5. Frequência relativa de notas dos provadores para o atributo aparência, referente as plantas de couve-folha hidropônica submetidas a níveis de condutividade elétrica da água (CEa) quais sejam: 0,3 dS m⁻¹ (A), 1 dS m⁻¹ (B), 2 dS m⁻¹ (C), 3 dS m⁻¹ (D), 4 dS m⁻¹ (E) e de 5 dS m⁻¹ (F)

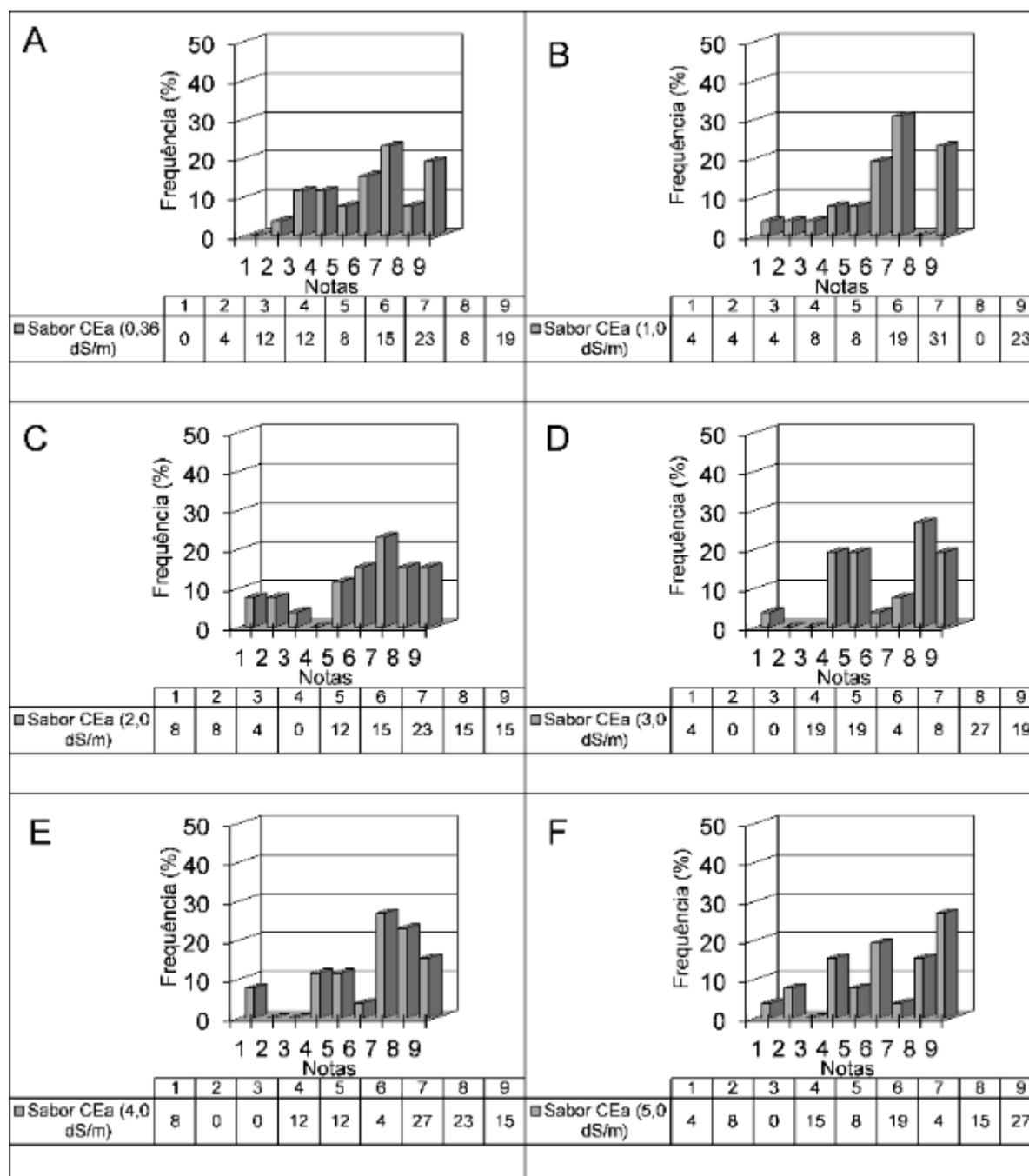


Figura 6. Frequência relativa de notas dos provadores para o atributo sabor, referente as plantas de couve-folha hidropônica, submetida a níveis de condutividade elétrica da água (CEa) quais sejam: 0,3 dS m⁻¹ (A), 1 dS m⁻¹ (B), 2 dS m⁻¹ (C), 3 dS m⁻¹(D), 4 dS m⁻¹ (E) e de 5 dS m⁻¹ (F)

A textura foi o atributo que recebeu a maior média depois da aparência, na ordem de 7,03 para todos os tratamentos avaliados. Estes resultados são importantes uma vez que consumidores de produtos frescos, como no caso da couve-folha, compram

em função da aparência e da qualidade textural. Em relação à frequência, 23% dos provadores atribuíram nota máxima para as amostras dos tratamentos com CEa de 0,36, CEa 1 e CEa 4 dS m^{-1} , indicando que ambos gostaram muitíssimo do produto avaliado (Figura 7A, 7B e 7E). A impressão global que caracteriza uma avaliação geral do produto julgado também demonstrou boa aceitação da couve-folha cultivada com águas salobras, uma vez que as notas mais frequentes para os tratamentos salinos foram entre sete e nove (Figura 8).

Quanto à variável atitude, que expressa o quanto os provadores estariam dispostos a consumir o produto avaliado, sendo esta uma etapa muito importante, pois representa o somatório das percepções sensoriais avaliadas anteriormente por parte dos provadores, sobre a qualidade da couve-folha hidropônica produzida com águas salobras, constatou-se que a couve-folha hidropônica cultivada com águas salobras apresentou boa aceitação quanto ao consumo, uma vez que os resultados não foram significativos com uma média na ordem de 6,14. Quanto à frequência de notas para a couve nos níveis de CEa 0,36 dS m^{-1} e CEa 5 dS m^{-1} , a maioria consumiriam frequentemente com um percentual de 23% e 19%, respectivamente. Por outro lado, 12% dos provadores consumiria sempre que tivessem oportunidade as folhas de couve cultivadas com água salobra de 5 dS m^{-1} contra 8% para o tratamento controle (Figura 9).

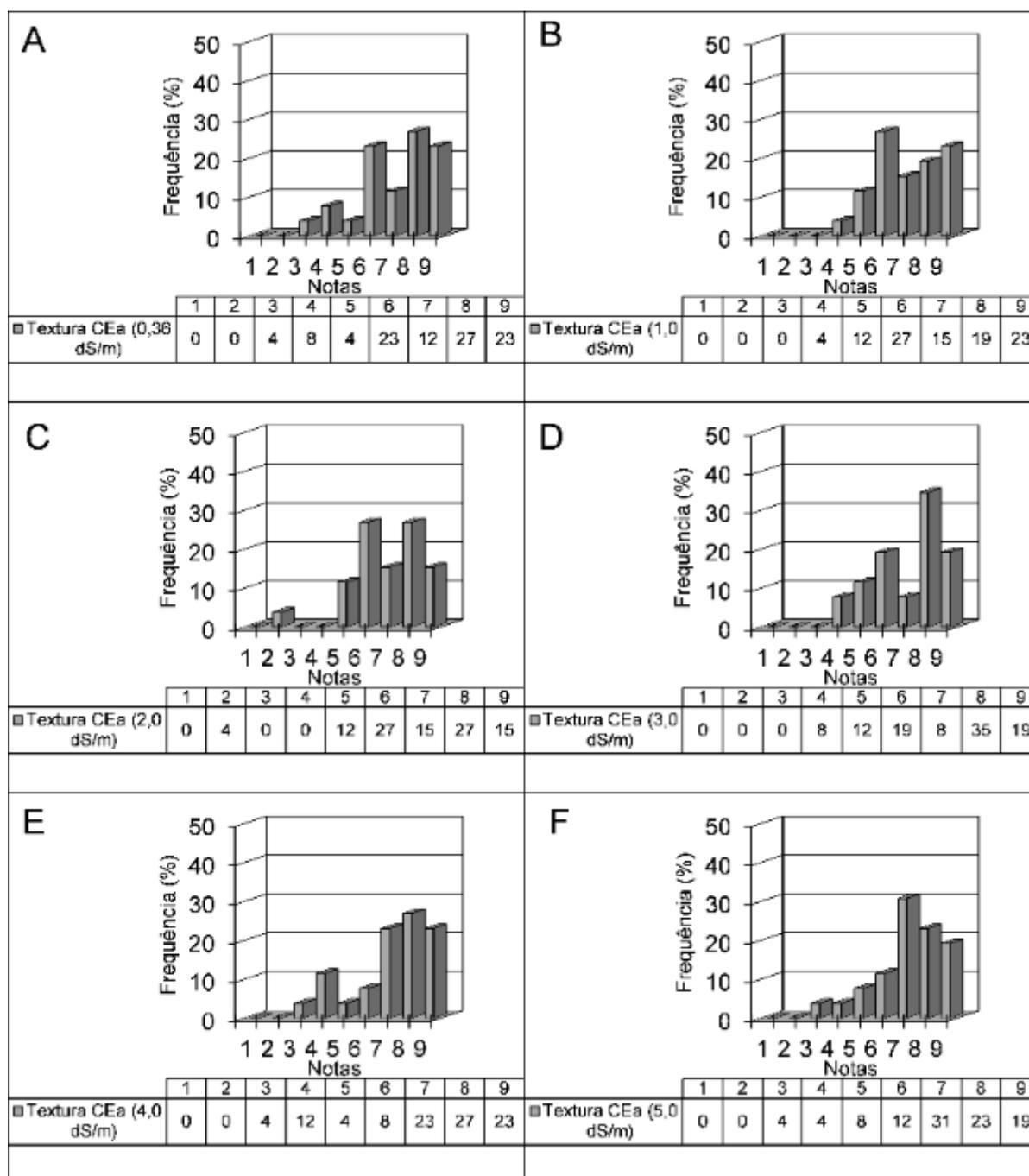


Figura 7. Frequência relativa de notas dos provadores para o atributo textura, referente as plantas de couve-folha hidropônica, submetida a níveis de condutividade elétrica da água (CEa) quais sejam: $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ (A), 1 dS m^{-1} (B), 2 dS m^{-1} (C), 3 dS m^{-1} (D), 4 dS m^{-1} (E) e de 5 dS m^{-1} (F)

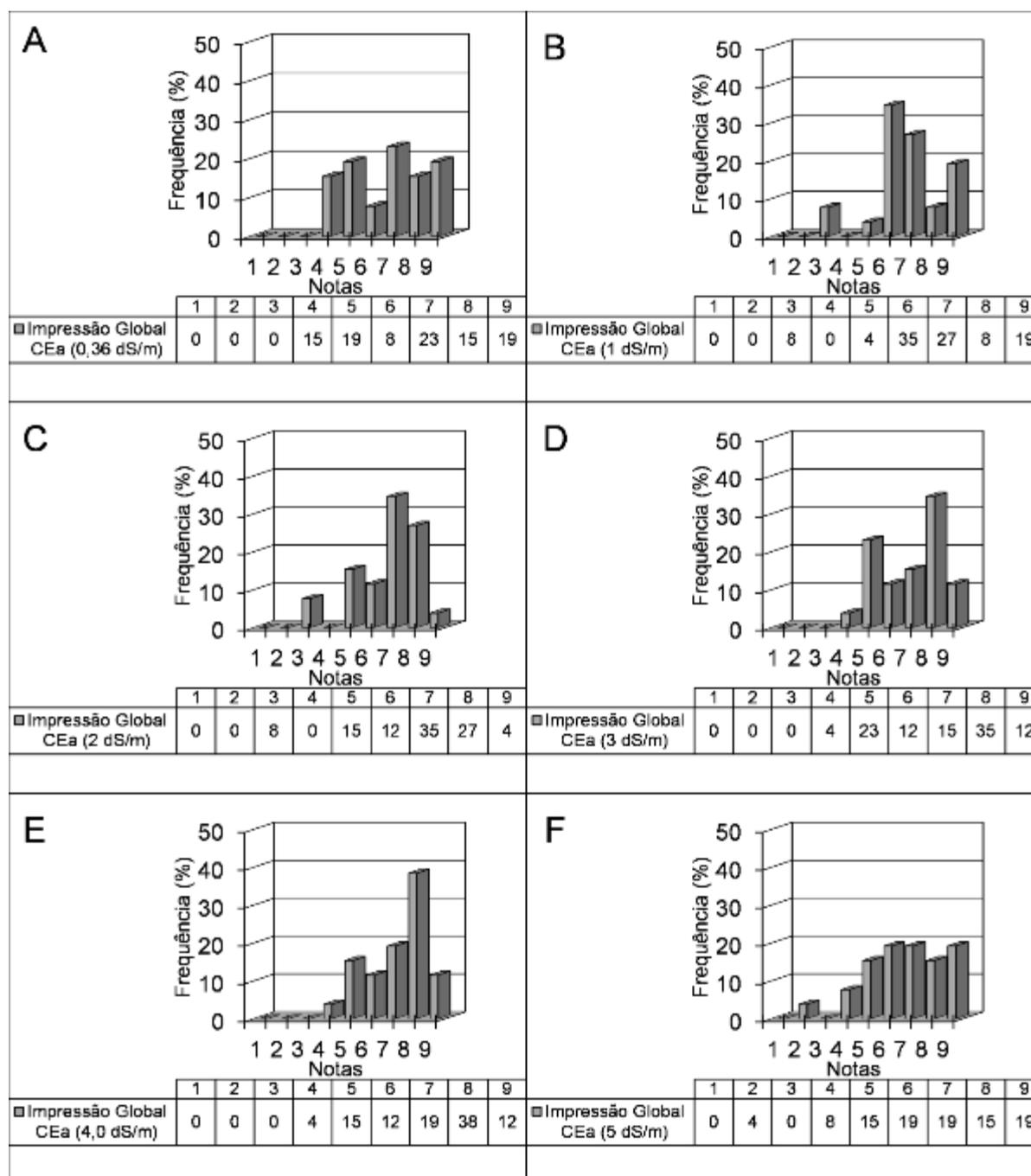


Figura 8. Frequência relativa de notas dos provadores para o atributo impressão global, referente as plantas de couve-folha hidropônica, submetida a níveis de condutividade elétrica da água (CEa) quais sejam: $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ (A), 1 dS m^{-1} (B), 2 dS m^{-1} (C), 3 dS m^{-1} (D), 4 dS m^{-1} (E) e de 5 dS m^{-1} (F)

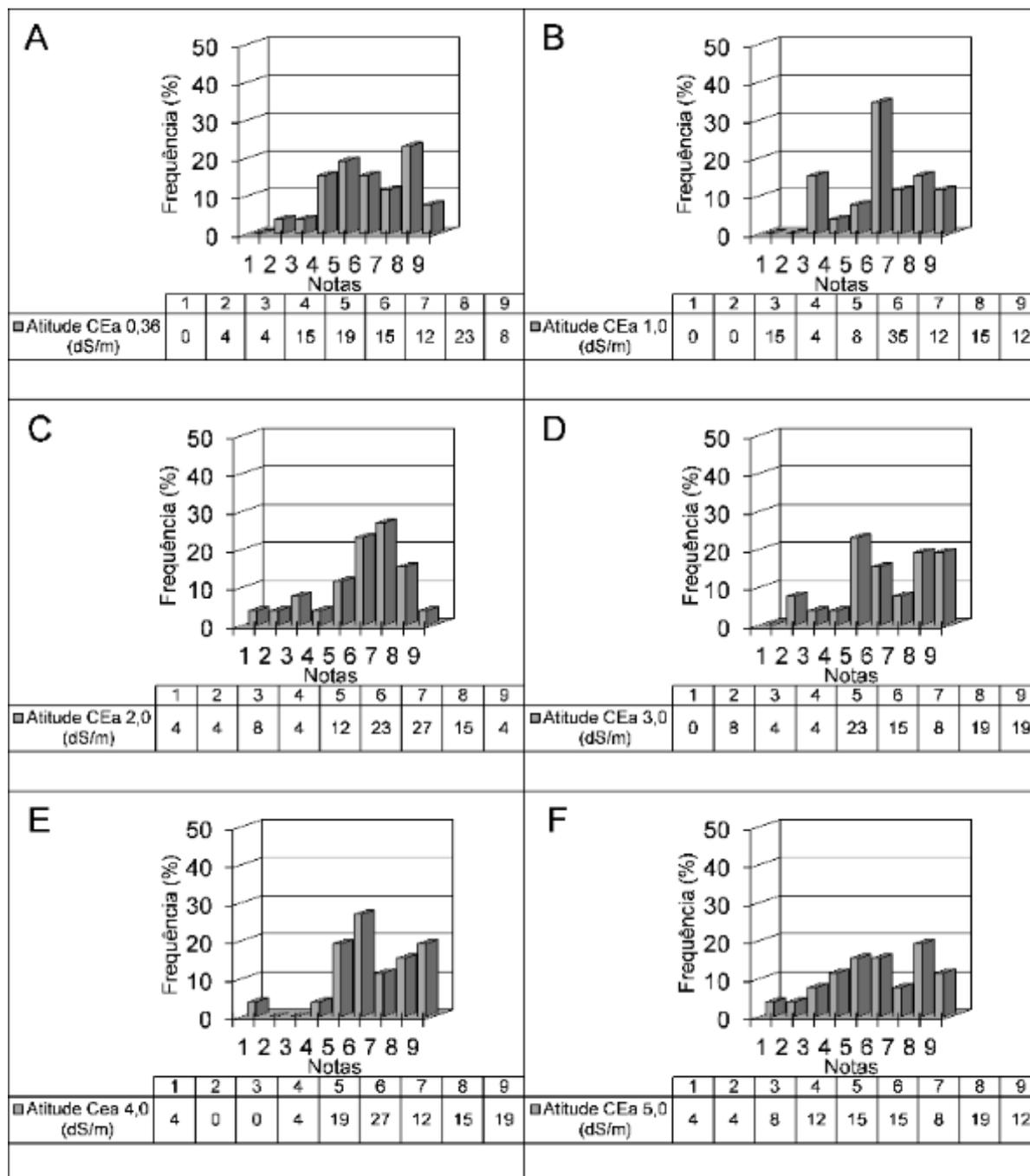


Figura 9. Frequência relativa de notas dos provadores para o atributo atitude, referente as plantas de couve-folha hidropônica, submetida a níveis de condutividade elétrica da água (CEa) quais sejam: 0,3 dS m⁻¹ (A), 1 dS m⁻¹ (B), 2 dS m⁻¹ (C), 3 dS m⁻¹ (D), 4 dS m⁻¹ (E) e de 5 dS m⁻¹ (F)

Quanto às características observadas pelos provadores e registradas na área de comentários da ficha de avaliação, para todos os tratamentos avaliados (Tabela 6) percebe-se que o atributo sabor foi o mais enfocado havendo um certo contraste entre

os tratamentos. Alguns perceberam sabor salgado nos tratamentos mais salinos e sabor mais suave e adocicado nos tratamentos menos salinos. No entanto, isso não refletiu na aceitação do produto pelo consumidor. Soares (2007) obteve sabor levemente salgado em alface 'Verônica' utilizando água salobra no preparo da solução nutritiva, já Paulus et al. (2012) não obteve por parte dos provadores sabor salgado em folhas de alface cultivada com águas salobras em hidroponia.

Os resultados obtidos nesse estudo também estão de acordo com os obtidos por Eloi et al. (2011), em análise sensorial de tomate cultivado em diferentes níveis de salinidade da água, uma vez que o índice de salinidade utilizado pelos autores não interferiu na aceitação do tomate pelo consumidor.

A análise sensorial realizada para a couve-folha hidropônica cultivada com águas salobras para todas as características avaliadas (aparência, sabor, textura, impressão global e atitude) é uma ferramenta importante e valiosa já que contribui para a valorização do produto a ser consumido, bem como auxilia na evolução da qualidade do produto.

Apesar de não ter ocorrido diferenças entre os tratamentos avaliados, foi possível perceber que o consumidor preza muito pela aparência da couve-folha no momento do consumo. Uma vez que as folhas de couve não sofreram com os efeitos da salinidade no que diz respeito ao aspecto visual, isso contribuiu para garantir a aceitação do produto. A produção de couve-folha com águas salobras em hidroponia é uma alternativa ao produtor que dispõe apenas desse tipo de água, e que uma vez alcançada uma boa qualidade baseada na percepção do consumidor isso aumenta em grande escala as chances de bons rendimentos econômicos. Muito se tem visto em prateleiras de supermercados folhas de couve queimadas ou mesmo com manchas, o que causa espanto no consumidor, que muitas vezes tende a adquirir o produto por falta de melhores opções.

Tabela 6. Características observadas pelos provadores em couve-folha hidropônica e registradas na área de comentários da ficha de avaliação, para todos os tratamentos avaliados em termos de condutividade elétrica da água (CEa)

Provedor	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	CEa 0,36 dS m ⁻¹	CEa 1 dS m ⁻¹	CEa 2 dS m ⁻¹	CEa 3 dS m ⁻¹	CEa 4 dS m ⁻¹	CEa 5 dS m ⁻¹
1.	*	*	*	*	*	amarga
2.	adocicada	*	*	amarga	*	*
3.	*	*	*	*	*	salgada
4.	*	*	*	salgada	*	*
5.	saborosa	*	*	*	*	*
6.	*	*	salgada	*	salgada	*
7.	*	*	*	*	*	*
8.	*	*	*	*	salgada	*
9.	*	*	*	*	*	ótima aparência
10.	macia	*	*	*	*	*
11.	*	*	*	*	*	*
12.	*	*	*	*	*	sabor levemente salgado
13.	*	adocicada	*	*	*	*
14.	*	*	*	*	*	*
15.	*	*	*	*	*	sabor agradável
16.	*	*	comeria sempre	*	*	*
17.	*	*	*	*	*	*
18.						muito amarga
19.	*	*	*	*	*	*
20.						crocante
21.	*	*	*	gosto estranho	*	folha grande e sabor levemente salgado
22.	*	folha grande e saborosa	*	*	*	*
23.	sabor suave	*	crocante	*	*	pouco salgada
24.	saborosa	*	*	*	amarga	*
25.	adocicada	saborosa	*	*	*	salgada
26.	*	*	*	*	*	*

* O provedor não registrou comentários.

4.3.3. Concentração de nutrientes e íons tóxicos nas folhas de couve-folha hidropônica

O resumo da análise de variância das concentrações foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, sódio, zinco, cobre, ferro e manganês da couve-folha hidropônica encontra-se na Tabela 7. Durante o período experimental não foram observados sintomas de toxidez ou de desequilíbrio nutricional, mesmo nos tratamentos mais salinos.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cloreto (Cl), sódio (Na), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) de couve-folha hidropônica em função da salinidade da água (CEa)

Macronutrientes								
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	Cl	Na
Quadrado Médio								
Bloco	6	10,6 ^{ns}	0,06 ^{ns}	56,8 ^{ns}	12,5 ^{ns}	0,50 ^{ns}	16,8 ^{ns}	9,24 ^{ns}
CEa	5	18,2 ^{ns}	0,22*	79,0 ^{ns}	205,1**	154**	219,4**	316,8**
Erro	30	7,6	0,04	563,2	5,48	0,23	12,7	6,72
CV (%)		8,42	4,61	14,27	10,66	8,77	18,6	10,78

Micronutrientes						
FV	GL	Zn	Cu	Fe	Mn	
Quadrado Médio						
Bloco	6	78,4 ^{ns}	84,3 ^{ns}	257,8 ^{ns}	540,6 ^{ns}	
CEa	5	166,8 ^{ns}	159,7 ^{ns}	560,8 ^{ns}	1525,4 ^{ns}	
Erro	30	16,9	85,3	371,5	936,2	
CV (%)		30,4	79,9	29,3	47,1	

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação; FV - Fonte de variação; GL - Grau de Liberdade

Nitrogênio

A concentração de nitrogênio (N) nas folhas de couve, com uma média de 31,9 g kg⁻¹ não foi afetada pelo aumento da condutividade elétrica da água (CEa) (Figura 10A), o que se constitui um ponto importante, pois a quantidade de N absorvida pelas plantas interfere diretamente com a taxa de absorção de outros nutrientes e a acumulação de matéria seca da planta (AQUINO et al., 2009; KOLOTA e CHOHURA, 2015). Assim é possível sugerir que a manutenção da absorção de N, bem como da concentração desse elemento na planta, pode ter contribuído para minimizar o efeito da salinidade sobre as plantas de couve-folha.

Não existem dados na literatura sobre teores foliares adequados dos nutrientes para couve-folha. No entanto, os teores foliares de N obtidos neste trabalho são considerados adequados, segundo Ribeiro et al. (1999), para alface e para Brassicas (repolho e couve-flor).

A relação salinidade/nitrogênio entre as espécies hortícolas é muito complexa. No entanto, a maioria dos estudos reporta que o teor de nitrogênio nas plantas pode ser reduzido sob condições salinas, ainda que se tenha encontrado respostas contrárias ou simplesmente não se tenha encontrado efeito, como menciona Feigin, (1985). Resultados semelhantes a esse estudo foram encontrados por diversos autores para a cultura da alface (Barbiere et al. 2010; Gondim et al. 2010 e Paulus 2008). Esses autores não encontraram diferenças significativas no teor de N nas folhas em função do aumento da salinidade.

Fósforo

De acordo com a Tabela 7, observa-se que o teor de fósforo nas folhas de couve hidropônica cultivadas com águas salobras foi significativamente afetado pela salinidade da água ($p < 0,05$). Os teores de fósforo apresentaram comportamento quadrático, a concentração de P foi maior para a CEa 0,36 dS m⁻¹, com reduções de 6, 10 e 3% para os tratamentos com CEa de 2, 3 e 5 dS m⁻¹, em relação ao tratamento controle (0,36 dS m⁻¹) (Figura 10A).

O fósforo é um constituinte de ácidos nucleicos, fosfolipídios e fosfoproteínas, sendo requerido para diferentes processos, incluindo armazenamento e transferência de energia, fotossíntese, regulação de enzimas e no transporte de carboidratos (HU

& SCHMIDHALTER, 2005). Papadopoulos e Rendig (1983), Sharpley et al. (1992), Grattan & Grieve (1999) reportam que diminuições do fósforo total no tecido das plantas podem estar relacionadas com o incremento da salinidade. Patel & Pandey (2007) encontraram em plantas de *Cassia Montana* que o P limita o crescimento das plantas até a salinidade de 10 dS m⁻¹.

Para os resultados obtidos nesse estudo os teores de P na folha de couve, submetidas ou não aos níveis de salinidade testados, encontram-se adequados. Segundo Trani e Raij (1997), entre 4 e 8 g kg⁻¹ para brócolis e couve-flor, plantas pertencentes à mesma família da couve-folha, o que significa dizer que as folhas de couve submetidas a salinidade demonstraram-se ser um alimento com quantidades de fósforo suficientes, sem o aparecimento de sintomas visuais.

Potássio

De acordo com a análise de variância não houve efeito significativo da salinidade da água sobre a concentração de potássio nas folhas de couve hidropônica ($p > 0,05$) (Tabela 7). A média geral obtida para a concentração de potássio em folhas de couve foi de 48 g kg⁻¹ (Figura 10A). Os teores foliares de K⁺, encontrados para couve-folha situaram-se na faixa de teores considerados adequados (25 a 50 g kg⁻¹), para couve-flor e brócolis hortaliças pertencentes à mesma família da couve (TRANI e RAIJ 1997). O Na⁺ e K⁺ são conhecidos por serem os maiores componentes inorgânicos do potencial osmótico (ASCH et al., 1999). Em brassicas, Ashraf e McNeilly (2004) sugerem utilizar uma relação alta K⁺/Na⁺ no tecido como critério para tolerância à salinidade.

Os resultados obtidos nesse estudo quanto a concentração de K⁺ nas folhas de couve divergem dos encontrados por Gu et al. (2016) em estudo sobre a capacidade de acumulação de íons em repolho cultivado com água do mar, cujos resultados demonstraram que o aumento da concentração de água do mar (NaCl) leva a diminuição dos teores de K⁺ gradualmente nas folhas. Snoubar et al. (2015), em estudo sobre salinidade limiar e variabilidade genotípica de repolho cultivado sobre estresse salino perceberam que os teores de K⁺ nas folhas de um dos dois genótipos testados aumentaram para os níveis mais salinos em relação ao tratamento controle, enquanto para o outro não houve efeito significativo.

Tais resultados são divergentes, uma vez que na literatura classificam o potássio como o elemento mais sensível ao estresse salino, de modo que a manutenção da homeostase de Na^+ e K^+ é vital para as células vegetais. A nível celular sob condições salinas, uma das consequências mais destrutivas é o aumento significativo do teor de Na^+ e a diminuição do teor de K^+ no tecido da planta (ZHANG et al., 2013). Esse antagonismo frequentemente resulta na diminuição dos teores de K^+ , levando a desordens metabólicas nas plantas (MEKAWY et al., 2015), no entanto no presente estudo tais efeitos não foram observados, isso porque a planta de couve é conhecida como espécie altamente consumidora de K^+ nas etapas de cultivo, indicando, portanto, uma alta seletividade Na/K^+ .

Cálcio

A concentração de cálcio nas folhas de couve hidropônica foi reduzida com o incremento da salinidade da água ($p < 0,05$) (Tabela 7). Os valores ajustaram-se a uma função polinomial de segundo grau, com reduções na ordem de 30, 58,5 e 77,7% para CEa de 2, 3 e 5 dS m^{-1} em relação ao tratamento controle (CEa 0,36 dS m^{-1}) (Figura 10B). A concentração média de Ca foi de 31 g kg^{-1} para o menor nível testado (0,36 dS m^{-1}) e 16,72 g kg^{-1} para o nível mais salino (5 dS m^{-1}). E de acordo com o teor de Ca adequado para brassicas, sugerido por Trani & Raij (1997) (20-35 g kg^{-1}), observa-se que para os níveis mais salinos os valores médios de Ca encontram-se abaixo do recomendado. Concentrações adequadas de Ca podem ter um papel importante na tolerância das plantas em condições salinas (COLLINS et al., 2008).

Estudos têm demonstrado que o aumento da salinidade pode induzir a deficiência de Ca (FARIAS, 2008), uma vez que altos níveis de Na^+ inibem a absorção de C. Resultados semelhantes ao desse estudo foram encontrados por Snoubar et al. (2015), que verificaram redução nos teores de Ca nas folhas de repolho em função do aumento da salinidade. Borgonone et al. (2013) observaram a mesma tendência de redução de Ca com o incremento da salinidade para a cultura da alcachofra. Em cultivo hidropônico com águas salobras Gondim et al. (2010) e Paulus et al. (2012), ambos para a cultura da alface verificaram que os teores de cálcio decresceram significativamente com o aumento da salinidade.

O Ca desempenha um papel essencial na integridade estrutural e funcional das membranas das plantas, estabilidade da parede celular, regulação do transporte de

íons e permeabilidade de membranas (RENGEL, 1992; MARSCHNER, 2002). Ashraf e Naqvi (1992) reportam que suplementar com Ca a solução nutritiva em condições de salinidade melhora o crescimento de *Brassicas*, no entanto o benefício dessa suplementação de Ca pode variar entre genótipos.

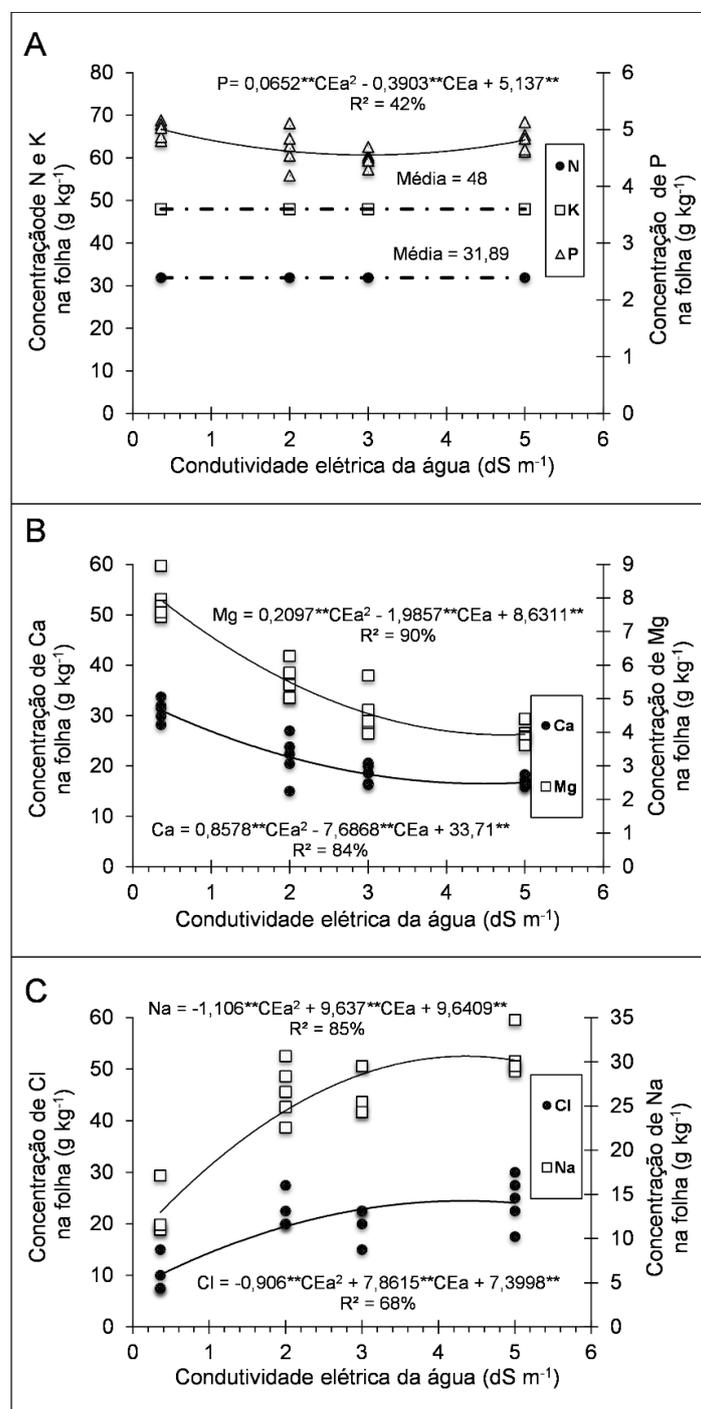


Figura 10. Teores foliares de nitrogênio, potássio, fósforo (A), cálcio, magnésio (B), cloreto e sódio (C) de couve-folha hidropônica em função da condutividade elétrica da água (CEa)

Magnésio

O comportamento dos teores de magnésio das cultivares avaliadas foi bastante semelhante aos teores de cálcio, quando foram submetidos ao aumento progressivo das concentrações de cloreto de sódio na solução nutritiva. A concentração de magnésio nas folhas de couve hidropônica foi reduzida com o incremento da salinidade da água ($p < 0,05$) (Tabela 7). Os valores ajustaram-se a uma função polinomial de segundo grau, com reduções na ordem de 30,7, 60,2 e 80,3% para os tratamentos com condutividade elétrica de 2, 3 e 5 dS m^{-1} em relação ao tratamento controle ($0,36 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 10B). A concentração média de Mg foi de $7,94 \text{ g kg}^{-1}$ para o menor nível testado (CEa $0,36 \text{ dS m}^{-1}$) e $3,95 \text{ g kg}^{-1}$ para o nível mais salino (CEa 5 dS m^{-1}). De acordo com o teor de Mg adequado para brassicas, sugerido por Trani & Raij (1997) ($2,5\text{-}5,0 \text{ g kg}^{-1}$), observa-se que para os níveis mais salinos os valores médios de Mg encontram-se adequados, no entanto, para o tratamento controle ($0,36 \text{ dS m}^{-1}$) estes valores estão acima do recomendado.

A concentração de Mg nas plantas controle foi maior do que nas plantas estressadas provavelmente porque em condições de estresse pode ocorrer competição iônica entre o Na^+ e o Mg, conforme sugerido por Hu & Schmidhalter (1997). Esses íons em um estado relativamente equilibrado podem desempenhar funções fisiológicas normais. O Na^+ é o fator principal que limita o crescimento das plantas glicófitas, no caso do estresse salino (NIU et al., 1995).

O Mg é o componente chave presente na composição da clorofila (GU et al. 2016). Segundo Grattan & Grieve (1993), a deficiência de magnésio pode ser induzida, em plantas estressadas por sais, o que reduz o crescimento da planta, por alteração da razão cálcio/magnésio, acarretando queda da razão de fotossíntese e declínio na eficiência do uso de água. Os resultados obtidos estão de acordo com os de Ruiz et al. (1997), que observaram que a salinidade por NaCl reduziu a concentração foliar de Mg em citros. Hu & Schmidhalter (1997) demonstraram que a concentração de Mg em folhas de trigo reduz com o incremento da salinidade, e que aumentando o nível de Mg na solução nutritiva essas concentrações nas folhas poderiam ser também maiores em função dos níveis de salinidade da água.

Cloreto

A concentração de cloreto nas folhas de couve hidropônica aumentou com o incremento da salinidade da água ($p < 0,05$) (Tabela 7). Os valores ajustaram-se a uma função polinomial de segundo grau. A concentração estimada de Cl^- foi de $9,50 \text{ g kg}^{-1}$ para o menor nível testado (CEa $0,36 \text{ dS m}^{-1}$) e $24,50 \text{ g kg}^{-1}$ para o nível mais salino (CEa 5 dS m^{-1}), ou seja, a concentração de Cl^- nas folhas das plantas do tratamento mais salino foi 15 g kg^{-1} maior do que nas folhas do tratamento controle (Figura 10C).

O aumento de Cl^- nas folhas de couve hidropônica pode ser considerado esperado, uma vez que o Cl^- foi adicionado à solução nutritiva. O Cl^- está entre os principais íons que produzem distúrbios fisiológicos nas plantas, sendo considerado o mais perigoso (WHITE et al., 2014). O cloreto em altas concentrações pode reduzir a capacidade fotossintética e o rendimento quântico devido à degradação da clorofila (TAVAKKOLI et al., 2010).

Por outro lado, um argumento para interpretação dessa maior concentração é de que as plantas de couve, como mecanismo de tolerância à salinidade tendem a acumular Cl^- nas folhas. Segundo Dietz e Hartung (1996), algumas plantas acumulam Cl^- na epiderme foliar, para proteger-se de altas concentrações deste ânion no mesófilo. A acumulação de íons tóxicos nos tecidos dos vegetais em condições de salinidade tem sido amplamente reportada por Marschner (1995) e Kreeb (1996). Em relação a este mecanismo de tolerância à salinidade, Dietz e Hartung (1996) reportam que algumas variedades de cevada, tolerantes à salinidade, depositam Cl^- na epiderme foliar. Esse é o caso da couve e de outras brassicas.

Quanto ao aumento do conteúdo de Cl^- nas folhas de hortaliças submetidas a salinidade, Niñirola et al. (2014), em cultivo hidropônico de alface babyleaf cultivadas com águas salobras, observaram aumento da concentração de Cl^- nas folhas com o incremento da salinidade. Paulus et al. (2012) observaram o mesmo comportamento em duas cultivares de alface. Castorena et al. (2006) observaram que as concentrações de Cl^- nas folhas de pimenta se incrementaram significativamente com o aumento da salinidade. Desta forma, acredita-se que a redução no crescimento observada na couve pode, em parte, estar relacionada aos efeitos tóxicos do acúmulo de Cl^- . No entanto, para os níveis testados não foram observados sintomas visuais de toxidez nas plantas durante o período experimental.

Sódio

As concentrações de Na^+ nas folhas de couve hidropônica submetidas à salinidade, assim como as de Cl^- aumentaram com a salinidade da água ($p < 0,05$) (Tabela 7), no entanto os teores de sódio foram superiores aos de cloreto com o aumento da salinidade.

Os valores ajustaram-se a uma função polinomial de segundo grau. A concentração média de Na^+ foi de $12,45 \text{ g kg}^{-1}$ para o menor nível testado (CEa $0,36 \text{ dS m}^{-1}$) e $30,55 \text{ g kg}^{-1}$ para o nível mais salino (CEa 5 dS m^{-1}), ou seja, a concentração de Na^+ nas folhas das plantas submetidas ao nível mais salino foi 18 g kg^{-1} maior do que nas folhas do tratamento controle. A concentração de sódio para os tratamentos com CEa de 2 e 3 dS m^{-1} foi de $24,49$ e $28,59 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente (Figura 10C).

A maior concentração de Na^+ nas folhas de couve nos níveis de salinidade mais altos está relacionada com a necessidade da planta em manter o potencial osmótico intracelular mais baixo que o da solução nutritiva, para tornar possível a absorção de água. Pode-se inferir que no caso da couve, este balanço osmótico ocorre principalmente através da absorção de Na^+ e Cl^- e sua posterior acumulação nas folhas, como forma de aliviar os danos do estresse salino. Rodrigues et al. (2014) relataram que o acúmulo de Na^+ e Cl^- nas folhas de *Ricinus communis* desempenhou um papel importante no ajuste osmótico. A regulação adequada dos íons é necessária para a atividade fisiológica das células (ZHU 2003, YAN et al., 2013).

Purty et al. (2008), em trabalho sobre uma visão geral da tolerância de brassicas à salinidade, notaram que quando aumentavam o tempo de exposição das plantas aos sais os teores de sódio eram maiores e, inversamente proporcionais ao sódio, os teores K^+ diminuía. Taffouo et al. (2010) estudaram o efeito do estresse salino sobre seis cultivares de tomate, encontrando um aumento do conteúdo de sódio nas folhas, enquanto que o conteúdo de potássio e cálcio diminuía.

De acordo com os resultados da análise foliar, o consumidor que adquirir folhas de couve do nível mais alto de salinidade $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, levando em consideração a massa obtida de 25 g de massa de matéria seca ou $224,5 \text{ g}$ de massa de matéria fresca, estaria ingerindo $0,76 \text{ g}$ de Na^+ e $0,61 \text{ g}$ de Cl^- . A Organização Mundial de Saúde (OMS), recomenda que a ingestão diária de sódio seja inferior a 5 g por dia (OPAS/OMS, 2017). Com relação ao limite recomendável as quantidades de sódio acumuladas nas folhas de couve, nas condições em que o experimento foi

desenvolvido, não apresentam restrições à saúde dos consumidores com relação ao aspecto de concentração de sódio.

Zinco, Cobre, Ferro e Manganês

De acordo com a análise de variância, as variações nas concentrações de Zn, Cu, Fe e Mn nas folhas de couve hidropônica não foram significativas em função dos níveis de salinidade da água (Tabela 7). A média obtida para a concentração de zinco foi de 42,20 mg kg⁻¹. Para cobre, ferro e manganês as médias foram de 11,55, 65,65 e 64,95 mg kg⁻¹, respectivamente. O Zn, Cu, Fe e Mn apesar de serem micronutrientes, tem a mesma importância dos macronutrientes para a nutrição, desenvolvimento e crescimento das plantas. O Zn age constituindo as membranas celulares, o Fe, Mn e o Cu atuam como constituintes de enzimas. O Mn e o Zn ainda desempenham papéis como ativadores de enzimas, e na fotossíntese atuam o Fe, Cu, e o Mn.

O excesso desses elementos pode ser considerado tóxico às plantas. Segundo Kabata-Pendias et al. (2011), as concentrações consideradas excessivas para plantas são de: 60 - 125 mg kg⁻¹ para Cu; 1.500 - 3.000 mg kg⁻¹ para o Mn; 70 - 400 mg kg⁻¹ para o Zn. Considerando os valores médios obtidos neste estudo para as folhas de couve hidropônica cultivadas com águas salobras, nenhuma amostra apresentou teores superiores aos limites citados acima, ou seja, não constituíram risco de toxicidade para a planta. Entretanto, os teores foliares de Fe e Cu estão abaixo dos teores considerados adequados por Ribeiro et al. (1999), para couve-flor, planta pertencente à mesma família da couve - folha, quais sejam: 8 - 10 mg kg⁻¹ de Cu, 120 - 140 mg kg⁻¹ de Fe, 45 - 47 mg kg⁻¹ de Mn e 35 - 50 mg kg⁻¹ de Zn. A concentração de Zn nas folhas de couve hidropônica produzida com águas salobras está dentro do limite máximo aceitável para o consumo humano, que é de 100 mg kg⁻¹ (ABIA, 1985).

Pertencem à família das brassicas inúmeras espécies acumuladoras de metais pesados (BROADLEY et al., 2001). O acúmulo de metais pesados em espécies de *Brassicaceae* tem sido estudado (KUMAR et al., 1995). Certas espécies da família Brassicaceae, como o repolho (*B. oleracea L.*), podem acumular uma quantidade de metais pesados que chegam a ser considerados arriscados para saúde humana (KABATA-PENDIAS, 2001). A ANVISA nº 685 de 27 de agosto de 1998 (BRASIL,

1998) determina os limites de arsênio, cobre, estanho, chumbo, cádmio e mercúrio separados por grupos de alimentos. Para hortaliças a serem consumidas *in natura*, o limite para cobre é igual a 10 mg kg⁻¹. Considerando esse limite, a concentração de Cu nas folhas de couve é superior à prevista na legislação brasileira. No entanto, essa superioridade em termos absolutos é pequena de 1,55 mg kg⁻¹. De maneira geral é possível o cultivo de couve-folha hidropônica com águas salobras sem riscos à saúde humana e com padrão de qualidade excelente.

CONCLUSÕES

Não houve efeito significativo da salinidade da água sobre as função das características sensoriais da couve-folha hidropônica.

Os níveis de salinidade utilizados não interferiram na aceitação da couve-folha hidropônica pelo consumidor.

A análise sensorial realizada para a couve-folha hidropônica submetida à salinidade indicou que os consumidores de produtos frescos comprariam principalmente em função da aparência e da textura.

A utilização de águas salobras na produção de couve-folha hidropônica causou uma maior concentração foliar de Na e Cl, o que influenciou uma menor concentração de elementos essenciais como o Ca, Mg e P, em contrapartida o K o N e os micronutrientes não foram influenciados pela salinidade.

Não foram observados sintomas de toxidez por Na⁺ e Cl⁻, como por exemplo clorose e queima das bordas das folhas mais velhas, mesmo quando se utilizou a concentração mais alta de NaCl.

4.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA, Associação brasileira das indústrias da alimentação. Compêndio da legislação de alimentos. São Paulo: Abia, 185p, 1985.

ASCH, F.; DINGKUHN, M.; WITTSTOCK, C.; DOERFFLING, K. Sodium and potassium uptake of rice panicles as affected by salinity and season in relation to yield and yield components. *Plant and Soil*, v.207, p. 133 - 145, 1999.

ASHRAF, M.; NAQVI, M. I. Growth and ion uptake of four *Brassica* species as affected by Na⁺/Ca ratio in saline sand culture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.155, p. 101 - 108, 1992.

ASHRAF, M.; MCNEILLY, T. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. *Critical Reviews in Plant Sciences*. v.23, p. 157 - 174, 2004.

AQUINO, L.A.; PUATTI, M.; LELIS, M.M.; PEREIRA, P.R.G.; PEREIRA, F.H.F. Produção de biomassa, teor e exportação de macronutrientes em plantas de repolho em função de doses de nitrogênio e de espaçamentos. *Ciência e Agrotecnologia* v.33, p. 1295 - 1300, 2009.

AZARMI, R.; TALESHMIKAIL, R.D.; GIKLOO, A. Effects of salinity on morphological and physiological changes and yield of tomato in hydroponics system. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v.8, p. 573 - 576, 2010.

AZEVEDO, A.M.; SEUS, R.; GOMES, C.L.; FREITAS, E.M.; CANDIDO, D.M.; SILVA, D.J.H.; CARNEIRO, P.C.S. Correlações genótípicas e análise de trilha em famílias de meios-irmãos de couve de folhas. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v.51, p. 35 - 44, 2016.

BARBIERI, E.; MELO, D.J.F.; ANDRADE, L.F.; PEREIRA, E.W.L.; COMETTI, N.N. Condutividade elétrica ideal para o cultivo hidropônico de alface em ambiente tropical. *Horticultura Brasileira*, v.28, p. 303 - 308, 2010.

BEVILACQUA, H.E.C.R. Classificação das hortaliças, In H.E.C.R. Bevilacqua (Ed.), Cultivo de hortaliças. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2011. p. 1 - 6.

BOEGER, M.R.T; WISNIEWSKI, C.; REISSMANN, C.B. Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de floresta ombrófila densa no sul do Brasil. Acta. Botânica Brasilica, v.19, p. 167 - 181, 2005.

BORGOGNONE, D.; CARDARELLI, M.; REA, E.; LUCINI, L.; COLLA, G. Salinity source-induced changes in yield, mineral composition, phenolic acids and flavonoids of leaves in artichoke and cardoon grown in floating system. Journal of the Science of Food and Agriculture, v.94, p. 1231 - 1236, 2013.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. Aprova o Regulamento Técnico: Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos" e seu Anexo: Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 28 de agosto de 1998.

BRESLER, E.; MCNEAL, B.L.; CARTER, D.L. Saline and sodic soils: Principles, dynamics and modeling. New York: Springer, 1982. 236p.

BROADLEY, M.; WILLEY, M.J.; WILKINS, J.C.; BAKER, A.J.M.; MEAD, A.; WHITE, P.J. Phylogenetic variation in heavy metal accumulation in angiosperms. New Phytol. v.152, p. 9 - 27, 2001.

CARILLO, P.; ANNUNZIATA, G.; PONTECORVO, M.G.; FUGGI, A.; WOODROW, P. Salinity Stress and Salt Tolerance, Abiotic Stress in Plants - Mechanisms and Adaptations, Prof. Arun Shanker (Ed.), InTech, 2011.

CASTORENA, M.V.; VALENCIA, E.A.C.; IBARRA, M.A.I.; COHEN, I.S. La fertilización nitrogenada y la salinidad del suelo afectan la transpiración y absorción de nutrimentos en plantas de Chile. Terra Latinoamericana, v.24, p. 391 - 399, 2006.

COLLINS, R.P.; HARRIS, P.J.C.; BATEMAN, M.J.; HENDERSON, J. Effect of calcium and potassium nutrition on yield, ion content, and salt tolerance of *Brassica campestris* (rapa). *Journal of Plant Nutrition*, v.31, p.1461 - 1481, 2008.

DIETZ, K.J.Y.; HARTUNG, W. The leaf epidermis: Its ecophysiological significance. *Progress in Botany*, v.57, p. 33 - 53, 1996.

ELOI, W.M.; DUARTE, S.N.; SOARES, T.M.; SILVAS, E.F.F. Influência de diferentes níveis de salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.16 - 21, 2011.

FARIAS, S.G.G. Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de glicirídia (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp). 2008. 61p. Dissertação – (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.

FEIGIN, A. Fertilization management of crops irrigated with saline water. *Plant and Soil* v.89, p. 285 - 299, 1985.

FELLER, I.C. Effects of nutrient enrichment on leaf anatomy of dwarf *Rhizophora mangle* L. (red mangrove). *Biotropica*, v.28, p. 13 - 22. 1996.

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

FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: IAC, 1998. 30 p.

GEILFUS, C.; NIEHAUS, K.; GÖDDE, V.; HASLER, M.; ZORB, C.; GORZOLKA, K.; JEZEK, M.; SENBAYRAM, M.; MÜLLER, J.L.; MÜHLING, K.H. Fast responses of metabolites in *Vicia faba* L. to moderate NaCl stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.92, p. 19 - 29, 2015.

GONDIM, A.R.O.; FLORES, M.E.P.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. *Bioscience Journal*, v.26, p. 894 - 904, 2010.

GRATTAN, S.; GRIEVE, C. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, v.78, p. 127 - 157, 1999.

GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: PESSARAKLI, P. *Handbook of plant and crop stress*. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 203 - 225, 1993.

GU, M.F.; LI, N.; SHAO, T.Y.; LONG, X.H.; BRESTIC, M.; SHAO, H.B.; LI, J.B.; MBARKI, S. Accumulation capacity of ions in cabbage (*Brassica oleracea L.*) supplied with sea water. *Plant, Soil and Environment*, v.62, p. 314 - 320, 2016.

HANLEY, M.E.; LAMONT, B.B.; FAIRBANKS, M.M.; RAFFERTY, C.M. Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v.8, p. 157 - 178, 2007.

HU; SCHMIDHALTER, U. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat - part II: composition. *Journal of Plant Nutrition*, v.20, p.1169 - 1182, 1997.

HU; SCHMIDHALTER, U. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition*, v.168, p. 541 - 549, 2005.

JONES, J.B. *Tomato Plant Culture: in the field, greenhouse, and home garden*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. 422p.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. *Trace elements from soils and plants*. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011, 534p.

KABATA-PENDIAS, A. *Trace elements in soils and plants*. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, Boca Raton, 2001. 403p.

KOLOTA, E.; CHOHURA, P. Control of head size and nutritional value of cabbage by plant population and nitrogen fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, v.14, p. 75 - 85, 2015.

KREEB, K.H. Saltzstress. In: *Stress bei Pflanzen*. BRUNOLD, C.H.; RÜGESSEGG, A.; BRÄNDLE, R. Editorial Paul Haupt. Bema: 1996. p. 149 - 188.

KUMAR, P.B.A.N.; DUSHENKOV, V.; MOTTO, H.; RASKIN, E.I. Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental Science & Technology*, v.29, p. 1232 - 1238, 1995.

LESMES, R.; MOLANO, A.; MIRANDA, A.; CHAVES, B. Evaluación de concentraciones de sal (NaCl) en el agua de riego sobre el crecimiento de lechuga "Batavia" (*Lactuca sativa* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Horticolas*, v.1, p. 222 - 235, 2007.

LIBIA, I.; TREJO-TÉLLEZ.; FERNANDO, C. GÓMEZ-MERINO. Nutrient Solutions for Hydroponic Systems. In: ASAO, T. (Ed.). *Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Research*. InTech, 2012. 254p.

MAROTO, J.V.; *Elementos de Horticultura General*. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2008. 481p.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 3. ed. London: Academic Press, 2002. 889p.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. London: Academic Press, 1995. p. 657 - 681.

MEKAWY, A.M.M. ASSAHA, D.V.M.; YAHAGI, H.; TADA, Y.; UEDA, A.; SANEOKA, H. Growth, physiological adaptation, and gene expression analysis of two Egyptian rice cultivars under salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.87, p. 17 - 25, 2015.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F. de S. do; MELLO, W. J. de. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. da. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Rio de Janeiro: Embrapa Solos / Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, p.171 - 223, 1999.

NIÑIROLA, E.C.; FERNANDEZ, J.A.; GILABERT, C.E. Influencia de la salinidad de la solución nutritiva en la calidad y producción de dos cultivares de lechuga baby leaf. HortScience, v.20, p. 77 - 86, 2014.

NIU, X.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P.M.; PARDO J.M.: Ion homeostasis in NaCl stress environments. Plant Physiology, v.109, p. 735 - 742, 1995.

OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F, OLIVEIRA.; F.R.A.; OLIVEIRA, M.K.T.; FREIRE, A. G. Sensibility of cotton crops to mepiquat chloride under saline conditions. Revista Ciência Agronômica. v.43, p. 484 - 492, 2012.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE/ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OPAS/OMS 2017. Disponível em: <<http://www.opas.org.br>> Acesso em: 12 mai. 2017.

PAPADOPOULOUS, I.; RENDIG, V.V. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. Plant and Soil, v.73, p. 47 - 57, 1983.

PARVAIZ, A.; PRASAD, M.N.V.; Abiotic Stress Responses in Plants; Metabolism, Productivity and Sustainability. 1. ed. London: Springer Science and Business Media, 2012. 475p.

PATEL, A.D.; PANDEY, A.N.; Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in seedlings of *Cassia Montana* (Fabaceae). Journal of Arid Environments, v.70, p. 174 - 182, 2007.

PAULUS, D. Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas. 2008. 267 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, ESALQ.

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, p. 29 - 35, 2010.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; PAULUS, E. Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas. *Horticultura Brasileira*, v.30, p. 18 - 25, 2012.

PEREIRA, E.M.; LEITE, D.D.F.; FIDELIS, R.L.; PORTO, R.M.; OLIVEIRA, M.I.V.; MAGALHÃES, W.B. Caracterização físico-química de hortaliças tipo folha comercializadas no Brejo Paraibano. *Agropecuária Técnica*, v.37, p. 19 - 22, 2016.

PURTY, R.S.; KUMAR, GAUTAM, K.; SINGLA-PAREEK, S.L.; PAREEK, A. Towards salinity tolerance in *Brassica*: an overview. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, v.14, p. 30 - 49, 2008.

QUINTANA, C.G.; SANABRIA, M.E.; OJEDA, M.G. Efecto de la salinidad sobre la anatomía foliar y radical de la piña (*Ananas comosus* (L.) MERR) "Española Roja". *Pittieria*, v.36, p. 87 - 108, 2012.

READ, J.; SANSON, G.D.; GARINE-WICHATITSKY, M.; JAFFRÉ, T. Sclerophylly in two contrasting tropical environments: low nutrients vs. low rainfall. *American Journal of Botany*, v.93, p. 1601 - 1604, 2006.

REDDY, V.R., BAKER, D.N., HODGES, H.F. Temperature and mepiquat chloride on cotton canopy architecture. *Agronomy Journal*, v. 82, p. 190-195, 1990.

RENGEL, Z. The role of calcium in salt toxicity. *Plant, Cell & Environment*, v.15, p. 625 - 632, 1992.

REZENDE, E.P.L. Produção hidropônica de couve-folha com aproveitamento de águas salobras. Cruz das Almas, 2010. 44 p. Monografia (Graduação em Agronomia) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5 aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 359 p, 1999.

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

RUIZ, D.; MARTÍNEZ, V.; CERDA, A. Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. *Tree Physiology*, vV.17, p. 141 - 150, 1997.

SHARPLEY, A.N.; SMITH, S.J.; JONES, O.R.; BERG, W.A.; COLEMAN, G.A. The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. *Journal Environment, Quality*, v.21, p. 30 - 35, 1992.

SOARES, T.M. Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro. Piracicaba, 2007. 267 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, ESALQ.

SNOUBAR, R.; CELLINI, A.; VERONI, A.V.; SPINELLI, F.; MASIA, A.; ANTISARI, L.; ORSINI, F.; GIANQUINTO, G. Salinity thresholds and genotypic variability of cabbage (*Brassica oleracea* L.) grown under saline stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.96, p. 319 - 330, 2015.

TAFFOUO, V.D.; NOUCK, A.H.; DIBONG, S.D.; AMOUGOU, A. Effects of salinity stress on seedlings growth, mineral nutrients and total chlorophyll of some tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology*. v.9, p. 5366 - 5372, 2010.

TAVAKKOLI, E.; RENGASAMY, P.; MCDONALD, G.K. High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, v.61, p. 4449 - 4459, 2010.

TRANI, P.E.; RAIJ, B. V. Hortaliças. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1997. p. 157 - 164.

WHITE A.C.; COLMER T.D.; CAWTHRAY G.R.; HANLEY M.E.: Variable response of three *Trifolium repens* ecotypes to soil flooding by seawater. *Annals of Botany*, v.114, p. 347 - 355, 2014.

YAN, K.; SHAO, H.B.; SHAO, C.H.Y.; CHEN, P.; ZHAO, S.J.; BRESTIC, M.; CHEN, X.B. Physiological adaptive mechanisms of plants grown in saline soil and implications for sustainable saline agriculture in coastal zone. *Acta Physiologia Plantarum*, v.35, p. 2867 - 2878, 2013.

YOKAS, I.A.; TUNA, L.; BURUN, B.; ALTUNLU, H.; ALTAN, F.; KAYA, C. Responses of the Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant to exposure to different salt forms and Rates. *Turkish journal of agriculture and forestry*, v.32, p. 319 - 329, 2008.

ZHANG H. S.; QIN, F.F.; QIN, P.; PAN, S.M. Evidence that arbuscular mycorrhizal and phosphate-solubilizing fungi alleviate NaCl stress in the halophyte *Kosteletzkya virginica*: Nutrient uptake and ion distribution within root tissues. *Mycorrhiza*, v.24, p. 383 - 395, 2013.

ZHU, J.K.: Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current Opinion in Plant Biology*, v.6, p. 441 - 445, 2003.