

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

**CULTIVO HIDROPÔNICO DE MANJERICÃO SOB
ESTRESSE SALINO: CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E
ASPECTOS BIOQUÍMICOS**

Jamille Ferreira dos Santos

**CRUZ DAS ALMAS- BAHIA
2017**

CULTIVO HIDROPÔNICO DE MANJERICÃO SOB ESTRESSE SALINO: CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E ASPECTOS BIOQUÍMICOS

Jamille Ferreira dos Santos

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 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 Grau de Doutora em Engenharia Agrícola, área de concentração: Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Antonio Coelho Filho

Coorientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

CRUZ DAS ALMAS- BAHIA

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

S237c	<p>Santos, Jamille Ferreira dos. Cultivo hidropônico de manjerição sob estresse salino: crescimento, produção e aspectos bioquímicos / Jamille Ferreira dos Santos._ Cruz das Almas, BA, 2017. 144f.; il.</p> <p>Orientador: Maurício Antonio Coelho Filho. Coorientador: Tales Miler Soares.</p> <p>Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Manjerição – Cultivo. 2.Manjerição – Hidroponia. 3.Efeito do sal – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 633.88</p>
-------	--

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

**CULTIVO HIDROPÔNICO DE MANJERICÃO SOB ESTRESSE
SALINO: CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E ASPECTOS BIOQUÍMICOS**

**Comissão Examinadora da Defesa de Tese de
Jamille Ferreira dos Santos**

Aprovada em 30 de Outubro de 2017

Prof. Dr. Maurício Antonio Coelho Filho
Embrapa Mandioca e Fruticultura, Orientador
Examinador Interno

Prof. Dr. William Fernandes de Almeida
CAPES-PNPD/ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia- UFRB
Examinador Interno

Dra. Jucicléia Soares da Silva
CAPES-PNPD/ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia- UFRB
Examinador Externo

Prof. Dr. Clóvis Pereira Peixoto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia- UFRB
Examinador Externo

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

À Deus de infinito Amor por me conceder esta oportunidade de trabalho e aprendizagem, por acreditar que sou capaz de um dia ser tudo que desejo;

À Jesus, luz do meu caminho, por me sustentar nos tropeços, por guiar-me em direção à Verdade, por ser a minha alegria e esperança; por me encorajar a não desistir diante das inúmeras dificuldades e a me superar a cada dia;

Aos meus pais Maria das Graças Ferreira dos Santos e Jolival Henrique dos Santos que souberam suportar a nossa distância física sem cobranças, dedicando-me sempre todo incentivo e amor;

Ao meu esposo Messias Cruz pelo companheirismo, compreensão e amor.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola.

À CAPES pela concessão da bolsa.

Aos integrantes do NEAS pelas experiências compartilhadas.

Ao Dr. Mauricio Antônio Coelho Filho, pela orientação, pela confiança, pelos ensinamentos compartilhados.

Agradeço aos doutores Jailson Lopes da Cruz, Tales Miler Soares, André Dias de Azevedo Neto, Hans Raj Gheyi pela colaboração com este trabalho.

Aos professores Clovis Pereira Peixoto, Franceli Santos, José Fernandes de Melo Filho pela disposição em auxiliar, pelos bons conselhos e amizade.

Aos estagiários, Marcelo Teixeira, Helen Samara, Gabriel Andrade e ao Engenheiro Agrônomo Tiago Nascimento pela cooperação com esta pesquisa.

Aos amigos do Centro Espírita Recanto de Oração Antônio de Pádua pela amizade e as boas vibrações.

À minha grande amiga Jaciara Rodrigues por todo apoio e pelas boas vibrações emanadas.

Aos amigos, Juliana Fernandes, André Leonardo Vasconcelos, Renata Velasques, Klebson Brito, Francicleiton Freires, Jamile Maria da Silva e Ademir Trindade pelo companheirismo e ajuda nesta caminhada.

EPIGRAFE

Ofertas de Aninha

Eu sou aquela mulher
a quem o tempo
muito ensinou.
Ensinou a amar a vida.
Não desistir da luta.
Recomeçar na derrota.
Renunciar a palavras e pensamentos negativos.
Acreditar nos valores humanos.
Ser otimista.

Creio numa força imanente
que vai ligando a família humana
numa corrente luminosa
de fraternidade universal.
Creio na solidariedade humana.
Creio na superação dos erros
e angústias do presente.

Acredito nos moços.
Exalto sua confiança,
generosidade e idealismo.
Creio nos milagres da ciência
e na descoberta de uma profilaxia
futura dos erros e violências
do presente.

Aprendi que mais vale lutar
do que recolher dinheiro fácil.
Antes acreditar do que duvidar.

Cora Coralina

CULTIVO HIDROPÔNICO DE MANJERICÃO SOB ESTRESSE SALINO: CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E ASPECTOS BIOQUÍMICOS

RESUMO: O presente trabalho avaliou a produção do manjeriço cv. Toscano Folha de Alface no sistema hidropônico, submetido a diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl), frequências de recirculação da solução nutritiva e tempos de exposição ao estresse salino. A pesquisa foi desenvolvida em dois experimentos. No primeiro, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, onde o primeiro fator representa as concentrações de NaCl (0, 40 e 80 mM) e o segundo fator as frequências de recirculação da solução nutritiva (4 ou 6 horas) em sistema hidropônico de fluxo profundo (DFT), e um tratamento adicional apenas com solução nutritiva em sistema hidropônico de fluxo laminar (NFT), perfazendo um total de sete tratamentos e três repetições, em 21 parcelas. O segundo experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos, representados pelos tempos de exposição das plantas a concentração de 60 mM de NaCl, com quatro repetições, em 20 parcelas. A duração do estresse salino foi de 0, 7, 14, 21 e 28 dias. Em ambos experimentos, foram avaliados o consumo hídrico, o crescimento, a produção de fitomassa, índices de crescimento, produção de óleo essencial e o acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos nas plantas de manjeriço. Como resultados do primeiro experimento têm-se que: a redução da frequência de recirculação da solução nutritiva para seis horas não ocasiona reduções significativas em todas as variáveis analisadas; o consumo hídrico, o crescimento, a produção de fitomassa, a taxa de crescimento absoluto e a produção de óleo essencial do manjeriço reduzem com a utilização da solução nutritiva salina, de 40 e 80 mM de NaCl; as plantas de manjeriço submetidas à salinidade de 40 mM e 80 mM de NaCl acumulam maiores concentrações de Na^+ , Cl^- e de solutos orgânicos; os teores de K^+ e a razão K^+/Na^+ reduzem em função da salinidade; a escolha do sistema hidropônico DFT ou NFT não ocasiona alterações significativas nas variáveis analisadas do manjeriço. No segundo experimento, a exposição das plantas à salinidade de 60 mM de NaCl por 21 e 28 dias, ocasionaram reduções significativas no consumo hídrico, no crescimento, na produção de fitomassa, na taxa de crescimento absoluto e relativo, na taxa assimilatória líquida e na produção de óleo essencial do manjeriço, nestas condições a duração do estresse salino promove o acúmulo de maiores concentrações de Na^+ e Cl^- e de solutos orgânicos; em contrapartida, os teores de K^+ e a razão K^+/Na^+ diminuem; é possível utilizar, nas condições avaliadas, a solução nutritiva salina de 60 mM de NaCl por até 14 dias sem comprometimento significativo do crescimento, da produção de fitomassa e de óleo essencial do manjeriço.

Palavras chave: Frequências de recirculação; Salinidade; Solutos inorgânicos e orgânicos; Técnica de fluxo profundo (DFT); Técnica de fluxo laminar (NFT)

HYDROPONIC CULTIVATION OF BASIL cv. TOSCANO LEATHER SHEET UNDER SALINE STRESS: GROWTH, PRODUCTION AND BIOCHEMICAL ASPECTS

ABSTRACT: The present work evaluated the production of basil cv. Folha de Alface in the hydroponic system, submitted to different concentrations of sodium chloride (NaCl), recirculation frequencies of the nutrient solution and times of exposure to saline stress. The research was developed in two experiments. In the first one, the experimental design was completely randomized, in a factorial scheme $3 \times 2 + 1$, where the first factor represents the concentrations of NaCl (0, 40 and 80 mM) and the second factor the recirculation frequencies of the nutrient solution (4 or 6 hours) in a hydroponic system of deep flow (DFT), and an additional treatment only with nutrient solution in hydroponic laminar flow system (NFT), making a total of seven treatments and three replicates, in 21 plots. The second experiment was installed in a completely randomized design with five treatments, represented by the plant exposure times and the concentration of 60 mM NaCl, with four replications, in 20 plots. The duration of saline stress was 0, 7, 14, 21 and 28 days. In both experiments, water consumption, growth, phytomass production, growth rates, essential oil production and the accumulation of inorganic and organic solutes in basil plants were evaluated. As a result of the first experiment, the reduction of the frequency of recirculation of the nutrient solution to six hours does not cause significant reductions in all variables analyzed; water consumption, growth, phytomass production, absolute growth rate and basil oil production reduced with the use of saline nutrient solution, 40 and 80 mM NaCl; basil plants subjected to salinity of 40 mM and 80 mM NaCl accumulate higher concentrations of Na^+ , Cl^- and organic solutes; the contents of K^+ and the K^+/Na^+ ratio decrease as a function of salinity; the choice of the DFT or NFT hydroponic system does not cause significant changes in the variables analyzed in the basil. In the second experiment, plant exposure to salinity of 60 mM NaCl for 21 and 28 days resulted in significant reductions in water consumption, growth, phytomass production, absolute and relative growth rates, net assimilation rate and production of essential oil of basil, under these conditions the duration of saline stress promotes the accumulation of higher concentrations of Na^+ and Cl^- and of organic solutes; in contrast, the contents of K^+ and the K^+/Na^+ ratio decrease; it is possible to use, under the conditions evaluated, the saline nutrient solution of 60 mM NaCl for up to 14 days without significant growth, phytomass and essential oil production of basil.

Keywords: Recirculation frequencies; Salinity; Inorganic and organic solutes; Deep flow technique (DFT); Laminar flow technique (NFT)

Sumário

1. INTRODUÇÃO	2
2. HIPÓTESES	3
3. OBJETIVO GERAL	4
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
5. REVISÃO DE LITERATURA	5
5.1 Importância das plantas medicinais e o cultivo do manjeriço	5
5.2 Propriedades medicinais do manjeriço	7
5.3 Salinidade e seus efeitos sobre as plantas	8
5.4 Efeito da salinidade sobre a nutrição mineral	11
5.5 Produção do manjeriço e salinidade	12
5.6 Hidroponia e sua relação com o crescimento do manjeriço	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
CAPÍTULO 1 - CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO MANJERICÃO EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB SALINIDADE	30
CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL E ACÚMULO DE SOLUTOS DE MANJERICÃO CULTIVADOS EM HIDROPÔNIA COM SOLUÇÃO NUTRITIVA SALINA	50
CAPÍTULO 3 - DURAÇÃO DA EXPOSIÇÃO SALINA NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DO MANJERICÃO	74
CAPÍTULO 4 - ÓLEO ESSENCIAL E TEORES DE SOLUTOS EM MANJERICÃO PRODUZIDO EM HIDROPONIA SOB DIFERENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO SALINA	94
CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
APÊNDICE	124
ANEXOS	134

1.INTRODUÇÃO

Dentre as plantas medicinais com importância econômica no Brasil, o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) destaca-se como condimento e pelo seu uso na medicina tradicional, uma vez que esta espécie apresenta propriedades sedativas, antibacterianas, antioxidante, antiglicêmica e antiinflamatória (MIRAJ e KIANI, 2016), sendo também indicada contra tosse, febre, feridas e afecções de garganta e intestino (LAMEIRA et al., 2008).

Além destes usos, algumas cultivares desta espécie, como a Toscano Folha de Alface, destaca-se na produção de óleo essencial, que é bastante valorizado no mercado internacional pelo alto teor de linalol, metabólito secundário muito importante para a indústria de perfumaria e cosmético (PEREIRA e MOREIRA, 2011). Ademais, esta cultivar apresenta maior tolerância à salinidade quando comparada a outras da espécie *Ocimum basilicum* L. (MENEZES, 2017).

O cultivo de manjeriço no Brasil geralmente é realizado por agricultores familiares, para a comercialização das folhas verdes e aromáticas (VIEIRA et al., 2012). Entretanto, existem em algumas regiões do semiárido Nordeste, cultivos em maior escala, voltados para a obtenção do óleo essencial (FAVORITO et al., 2011). Contudo, a maior parte destas localidades apresenta escassez de água, devido à baixa e irregular precipitação pluviométrica, o que leva à busca de técnicas para uso mais eficiente da água e também para o aproveitamento de águas de qualidade inferior (SILVA et al., 2016), como a água salina.

Os efeitos da salinidade dificultam as atividades agrícolas, pois afetam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, devido à alta concentração de sais na água de irrigação (SÁ et al., 2013).

Segundo Parirah et al. (2015), a redução da taxa de crescimento está relacionado aos efeitos iniciais dos estresses salinos, relacionada à diminuição do potencial osmótico da solução, restringindo, conseqüentemente a disponibilidade de água para as plantas. Além disso, o excesso de sais nos tecidos vegetais pode causar toxicidade iônica o que também compromete o desenvolvimento das plantas. Desse modo, há necessidade do conhecimento dos efeitos da salinidade sobre as plantas quando se pretende adotar práticas de manejo adequadas, visando assegurar a produção comercial com água salina (DIAS e BLANCO, 2010). Diante disso, um dos principais desafios dos pesquisadores está relacionado, com o

desenvolvimento ou adaptação de técnicas de manejo que permitam a exploração agrícola de forma econômica, principalmente sob condições em que o convívio com condições ambientais adversas seja inevitável (GUIMARÃES et al., 2013).

Nesse contexto, a técnica de hidroponia têm se constituído em uma das tecnologias que possibilita o cultivo de plantas na presença de sais isso porque dado ao estado de saturação e a ausência da matriz do solo, o potencial matricial é próximo à zero, assim, a tensão total com que a água é retida tem origem exclusivamente osmótica, fato que possibilita o aumento da disponibilidade da água às culturas e permite o desenvolvimento destas, mesmo sob estresse (SANTOS JUNIOR et al., 2011). No Brasil, utilizam-se diferentes técnicas hidropônicas para o cultivo e produção de plantas. Dentre estas destacam-se a técnica do fluxo profundo (DFT) e a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT), que é a mais difundida no país (SILVA FILHO, 2014).

Contudo, no sistema em NFT a declividade empregada aos perfis hidropônicos não permitem a formação de uma lâmina de solução constante, o que requer uma alta frequência de recirculação da solução nutritiva, ocasionando uma dependência da energia elétrica para a condução das plantas. Neste contexto, o sistemas tipo DFT por não estarem em declive proporcionam um contato permanente das raízes com a solução, sendo por isso considerados mais promissores para as comunidades rurais da região semi-árida brasileira, onde as interrupções no abastecimento de energia elétrica são frequentes (SILVA et al., 2016; BARNABE et al., 2017).

2. HIPÓTESES

Há redução no consumo hídrico, no crescimento e na produção hidropônica do manjeriço cv. Toscano Folha de Alface com a utilização da solução nutritiva salina;

A redução da frequência de recirculação da solução nutritiva no sistema hidropônico DFT, não ocasionará déficit hídrico nas plantas mesmo sob estresse salino e dessa forma, não comprometerá o crescimento e produção do manjeriço da cv. Toscano Folha de Alface;

Em condições não salinas não há diferenças significativas entre os sistemas hidropônicos do tipo fluxo profundo (DFT) e fluxo laminar (NFT);

O teor e o rendimento do óleo essencial do manjeriço se manterá inalterado com o aumento da salinidade da solução nutritiva; os íons sódio e cloreto serão mais acumulados nas plantas submetidas à salinidade, em contrapartida, o íon potássio estará em maior quantidade nas plantas não estressadas; os solutos orgânicos contribuem com o ajuste osmótico das plantas;

Plantas expostas à salinidade de 60 mM de NaCl por até 21 dias não apresentará alterações no crescimento, na produção de fitomassa, no teor e rendimento do óleo essencial, bem como no acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos.

3. OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento, a produção e os aspectos bioquímicos do manjeriço cv. Toscano Folha de Alface cultivado em sistema hidropônico e submetido a diferentes concentrações de NaCl, frequências de recirculação da solução nutritiva e tempos de exposição ao estresse salino.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar as alterações no crescimento do manjeriço cv. Toscano Folha de Alface, em decorrências do estresse salino, diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva e tempos de exposição à salinidade;

Avaliar os efeitos dos diferentes tempos de exposição ao estresse salino, sobre a produção de fitomassa, o teor e rendimento do óleo essencial em plantas de manjeriço cv. Toscano Folha de Alface cultivado em um sistema hidropônico;

Examinar os efeitos da salinidade no acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos pelo manjeriço cv. Toscano Folha de Alface, em diferentes tempos de recirculação da solução nutritiva e de exposição à salinidade;

Estudar a viabilidade da produção do manjeriço cv. Toscano Folha de Alface no sistema hidropônico de fluxo profundo (DFT);

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Importância das plantas medicinais e o cultivo do manjeriço

As plantas ou ervas medicinais são definidas como aquelas que apresentam princípios ativos úteis à saúde humana; esses princípios ativos devem ser obtidos e elaborados exclusivamente a partir de matérias primas vegetais.

No Brasil 63% da população consomem os medicamentos alopáticos, o restante encontra nos produtos de origem natural, especialmente as plantas, uma fonte alternativa de medicação (LOPES et al., 2013).

O uso de ervas medicinais tem aumentado no país, principalmente após a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, instituída pelo Governo Federal (decreto nº 5.813 de junho de 2006), que garante à população brasileira, o acesso seguro e o uso racional destes vegetais fitoterápicos, bem como o uso sustentável da biodiversidade, o desenvolvimento da cadeia produtiva e da indústria nacional.

De acordo com Batalha et al. (2003), a maior parte da produção brasileira de plantas medicinais advém do processo extrativista. Contudo, esta atividade está perdendo espaço, devido às legislações sanitárias e ambientais, que visam proteger a saúde humana e preservar a flora nativa. Assim, a produção de ervas medicinais passou a ser vista como uma alternativa para os pequenos produtores rurais (CORRÊA e ALVES, 2008), que, por sua vez, necessitam utilizar um manejo adequado, para atender as exigências das indústrias, por matérias-primas de qualidade e com regularidade de oferta.

Dentre as plantas medicinais de interesse popular, destaca-se o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). Pertencente à família das Lamiaceae, esta espécie também conhecida por alfavaca, alfavaca-doce e basilicão, é uma planta medicinal, condimentar e aromática, com expressiva importância no cenário econômico mundial (LUZ et al., 2014).

O gênero *Ocimum* compreende em torno de 3.200 espécies (BLANK et al., 2010) e tem como centro de origem o Sudoeste Asiático e a África Central; no entanto, adaptou-se bem as condições climáticas do Nordeste brasileiro podendo ser cultivado durante todo o ano (FERNANDES, 2014).

Estudos indicam que existe um grande número de espécies e variedades importantes do gênero de *Ocimum* destacando-se: *Ocimum micranthum* L., *Ocimum americanum* L., *Ocimum tenuiflorum* L., *Ocimum gratissimum* L., *Ocimum selloi* Benth., *Ocimum basilicum* L. Dentre estas espécies a *Ocimum basilicum* L. é considerado a mais importante por apresentar cultivares que são fontes de óleos essenciais, como a Toscano Folha de Alface, que é bastante valorizado no mercado internacional pelo alto teor de linalol, metabólito secundário muito importante para a indústria de perfumaria e cosmético (PEREIRA e MOREIRA, 2011).

Ocimum basilicum L. cv. Toscano Folha de Alface (Figura 1) é uma planta herbácea, subarbusto aromático, anual, ereto, bastante ramificado, que pode atingir uma altura variando de 45 a 60 cm (PEREIRA e MOREIRA, 2011). Apresenta caule ereto e ramificado e com folhas possuindo coloração verde claro quando novas e verde destonado quando maduras. Esta cultivar apresenta o ciclo perene, com flores de coloração branca reunidas em racemos terminais curtos, multiplicam-se por sementes e estacas (LORENZI E MATOS, 2008). A raiz primária caracteriza-se por ser delgada com pelos grandes hialinos e finos, (MINAMI et al., 2007).



Fonte: SANTOS, (2015)

Figura 1. *Ocimum basilicum* L. cv. Toscano Folha de Alface

No que se refere ao clima, à cultura do manjeriço se adapta a condições subtropicais ou temperadas, quente e úmido, podendo ser cultivado o ano todo (FAVORITO et al., 2011).

De acordo com Von Hertwig (1991) quando as plantas dessa espécie estão submetidas à baixas temperaturas, pode haver alterações em seu desenvolvimento

e redução do teor de óleo essencial, se acaso essas condições climáticas coincidirem com a época de corte.

Chang et al. (2005), ao avaliarem o efeito da temperatura no crescimento e no teor de óleo de manjeriço observaram que a temperatura mínima e ótima para o pleno crescimento do manjeriço foi de, respectivamente, 10,9 e 25,0 °C. Estes autores ainda relatam que na temperatura de 25 °C, o teor de óleo foi três vezes maior do que nas plantas cultivadas a 15 °C.

Outro fator relevante no cultivo do manjeriço é a disponibilidade de água, uma vez que esta planta não tolera o déficit hídrico severo, o que torna a irrigação necessária para o desenvolvimento desta espécie (JOSÉ, 2014).

No Brasil, o cultivo de manjeriço é geralmente realizada por pequenos produtores rurais para a comercialização das folhas verdes e aromáticas (VIEIRA et al., 2012). Entretanto, existem em algumas regiões do semiárido Nordestino, cultivos em maior escala, voltados para a obtenção do óleo essencial (FAVORITO et al., 2011).

No entanto, a maior parte destas localidades apresenta escassez de água devido à baixa e irregular precipitação pluviométrica. Nestas condições, a produção do óleo essencial do manjeriço pode ser comprometida, uma vez que ela é influenciada por diversos fatores abióticos como condições climáticas e estresses hídrico e o salino (LAOCHOWICZ et al., 1997; BLANK et al., 2010).

5.2 Propriedades medicinais do manjeriço

De acordo com Blank et al. (2010) e Rosado et al. (2011), o manjeriço pode ser utilizado para diversos fins, tais como planta ornamental e condimentar; na indústria farmacêutica e de cosméticos e para produção de óleo essencial.

Para Pereira e Moreira (2011), as substâncias ativas das plantas medicinais são designadas como provenientes do metabolismo primário e secundário. Estes autores relatam que o metabolismo primário representa o conjunto de processos metabólicos que desempenham uma função essencial no vegetal, tais como a fotossíntese, a respiração e o transporte de solutos, originando compostos que possuem uma distribuição universal nas plantas como, aminoácidos, carboidratos, clorofila e lipídios.

Em contrapartida, o metabolismo secundário, proveniente do primário, origina compostos que não possuem uma distribuição universal, pois não são necessários para que as plantas complete seu ciclo de vida. Dentre estas substâncias destacam-se as resinas, os alcalóides, os flavonoides, os taninos, princípios amargos e os óleos essenciais (CASTRO et al., 2001; MORAIS, 2006).

Navarrete et al. (2011), relatam que esses compostos químicos são voláteis, menos densos e, sob temperatura ambiente, são mais viscosos que a água. Normalmente, são encontrados em concentrações reduzidas e em glândulas especiais da planta, chamadas de tricomas.

O óleo essencial presente nas plantas de manjeriço destaca-se por apresentar propriedades anti-helmíntica, estomática, emenagoga, diurética, antiespasmódica, tônica estomacal, carminativa, estimulante, antiséptica intestinal, sendo também indicada contra tosse, febre, feridas e afecções de garganta e intestino (LAMEIRA e PINTO, 2008).

Estas substâncias aromáticas vem ganhando destaque no mercado consumidor, devido à suas propriedades antimicrobianas, inseticidas e repelentes, sendo por isso amplamente utilizado como matéria prima para várias sínteses importantes, como a do acetato de linalila, sendo muito útil em operações curativas, preventivas e na conservação de grãos (FERNANDES et al., 2004).

Com incentivos às pesquisas voltadas para a produção das plantas medicinais e o aumento das pesquisas científicas no setor farmacêutico, o mercado das distintas espécies de manjeriço é promissor, visto que o óleo essencial é comercializado no Brasil por R\$ 29,10 no volume de 5 mL (NATUE, 2017).

Segundo Jakiemiu (2008), o Brasil é um país propício no mercado de óleos essenciais, uma vez que dispõe de uma grande biodiversidade de flora nativa, podendo agregar valor às suas matérias-primas, transformando-as em produtos beneficiados.

5.3 Salinidade e seus efeitos sobre as plantas

Um dos fatores de maior preocupação na agricultura atual é a salinidade do solo e as condições de irrigação, uma vez que a água é o agente transportador dos sais através do perfil do solo (ARAGÃO et al., 2009).

No Brasil a salinização do solo é verificado em todo país, acontecendo especialmente na região Nordeste, onde aproximadamente, 91.000 Km²

encontram-se afetados pela salinidade (RIBEIRO et al., 2010). A maior extensão de solos salinos no Nordeste brasileiro encontra-se no Estado da Bahia, esta região possui 44% de suas áreas comprometidas pela salinidade (FAGERIA et al., 2010), neste ambiente semiárido, a demanda evapotranspirativa supera a pluviosidade, fazendo com que os sais não sejam lixiviados e acumulem-se em dosagens excessivas no solo, tornando a salinidade do solo e da água um fator limitante à produção agrícola (CAVALCANTE e CAVALCANTE, 2006).

A salinidade pode ser definida como a situação de excesso de sais solúveis e /ou sódio trocável (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , e Cl^-) em horizontes, camada superficiais ou água de irrigação, que afeta desenvolvimento vegetal (SANTOS JÚNIOR, 2013), ocorre especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde os sais solúveis se precipitam à superfície e/ou interior do solo.

Para Matos et al. (2013), nos cultivos irrigados, o estresse salino é a principal causa da redução da produtividade, com prejuízos variando conforme a sensibilidade da cultura.

Alguns autores observaram a redução no crescimento de diferentes culturas submetidas ao estresse salino em cultivo convencional tais como a rúcula (OLIVEIRA et al., 2012), o pimentão (NASCIMENTO et al., 2015) e o manjeriço (BEKHRADI et al., 2015).

O efeito da salinidade nas plantas é consequência de dois componentes: o osmótico, resultante da diminuição do potencial osmótico da solução, e o componente iônico, decorrente dos altos teores de Na^+ e Cl^- , e da alteração na relação com outros nutrientes, principalmente entre K^+/Na^+ e $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^+$ (WILLADINO e CAMARA, 2010; FREITAS et al., 2013).

Para Alves et al. (2011), o efeito osmótico do estresse salino sobre o desenvolvimento das plantas, resulta das altas concentrações de sais dissolvidos na água de irrigação, as quais reduzem o potencial osmótico e hídrico e, conseqüentemente, diminui a disponibilidade de água e nutrientes às plantas. Dessa forma, o aumento da pressão osmótica provocado pela salinidade, poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção para superá-la e, conseqüentemente, não conseguirá absorver água e nutrientes, mesmo em um solo aparentemente úmido (DIAS e BLANCO, 2010).

Os altos teores de Na^+ e Cl^- (componente iônico) ocasiona o acúmulo de sais no interior da planta resultando na diminuição do crescimento destas. A causa desta

redução é em função da elevada quantidade de sal absorvido, o qual ultrapassa a capacidade da planta de compartimentalizá-lo no vacúolo (WILLADINO e CAMARA, 2010). Deste excesso, resulta o desbalanceamento e danos ao citoplasma, ocasionando prejuízos principalmente na bordadura e no ápice das folhas, havendo nessas regiões acúmulo do sal translocado da água de irrigação para as plantas e, conseqüentemente, intensa toxidez de sais (DIAS e BLANCO, 2010).

Em virtude do efeito dos componentes osmóticos e iônico, o estresse salino causa uma rápida e significativa redução na taxa de crescimento das plantas (WILLADINO e CAMARA, 2010). No entanto, o grau de severidade com que cada um desses componentes influencia o crescimento e o desenvolvimento destas plantas depende de muitos fatores, dentre eles, pode-se citar: a tolerância da espécie ou cultivar vegetal, o estágio fenológico, a composição salina do meio, a intensidade e duração do estresse, bem como as condições edafoclimáticas e o manejo da irrigação (GHEYI et al., 2005).

Diferentes resultados têm sido encontrados na literatura, sobre a ação do estresse salino no teor e rendimento de óleo essencial de plantas medicinais. Em alguns destes trabalhos, em plantas cultivadas em solo, a salinidade aumentou a produção e o teor de óleo em camomila (BAGHALIAN et al., 2008), menta (GARLET et al., 2008) e verbena (TABATABAIE et al., 2007). Em contrapartida, Semiz et al. (2012), ao avaliarem os efeitos do estresse salino sobre a produção de óleo essencial da erva doce (*Foeniculum vulgare* Mill) verificaram que sob concentração moderada de NaCl (condutividade elétrica de 4,0 dSm⁻¹), o teor de óleo essencial aumentou, enquanto sob concentração elevada de NaCl (condutividade elétrica 12,0 dSm⁻¹), o teor de óleo essencial foi reduzido.

Dias et al. (2011), estudando os efeitos da salinidade da água de irrigação nas plantas, verificou que estas têm seu comportamento afetado de forma diferente em função do seu estágio de desenvolvimento. Outros autores como Ayers e Westcot (1999), também relataram que algumas culturas são tolerantes aos sais durante todo o ciclo vegetativo, outras durante o processo de germinação e/ou nas fases seguintes de crescimento. Fageria et al. (2011) e Cosme et al. (2011), destacam que uma alternativa para reduzir o efeito da salinidade sobre as plantas é o uso da água salina nas fases da cultura em que há maior tolerância, e/ou a mistura da água salina com água de menor salinidade.

5.4 Efeito da salinidade sobre a nutrição mineral

Além dos efeitos no crescimento e desenvolvimento, o estresse salino também pode prejudicar as funções fisiológicas das plantas, resultando em alterações na absorção e na utilização de nutrientes essenciais (AMORIM et al., 2010). Outro efeito da salinidade é sobre o acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos. Por exemplo, a acumulação do Na^+ normalmente interfere nos processos fisiológicos e bioquímicos dependentes do K^+ , resultando em alterações metabólicas desfavoráveis ao desenvolvimento da planta (MEKAWY et al., 2015). Dentre os processos fisiológicos afetados pelo aumento da concentração de Na^+ nos tecidos foliares destaca-se a abertura estomática, a fotossíntese, a respiração e a síntese de proteínas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

De acordo com TAVAKKOLI et al. (2010), altas concentrações de Cl^- reduz a capacidade fotossintética e rendimento das plantas devido à degradação da clorofila, que pode ocasionar em um impacto estrutural de alta concentração de Cl^- no fotossistema II (PSII). O sintoma de toxidez do Cl^- aparece no ápice das folhas novas, que em estágios avançados, atinge as bordas e ocasiona a queda prematura das folhas.

Outro importante efeito deletério do estresse salino é a redução da absorção do K^+ devido à alta concentração externa de sódio, em virtude da similaridade química desses dois íons que disputam um mesmo carregador na membrana celular (WILLADINO e CAMARA, 2010). O K^+ é essencial para o desenvolvimento da planta, uma vez que está envolvido no balanço de cargas no citoplasma, na ativação de reações enzimáticas vitais, na manutenção do potencial osmótico do vacúolo e no turgor celular, sendo também essencial na síntese de proteínas (MAATHUIS e AMTMANN, 1999; TESTER e DAVENPORT, 2003). Desse modo, diversos autores concordam que uma alta razão K^+/Na^+ no citoplasma é um fator importante para a manutenção da tolerância das plantas à salinidade (MAATHUIS e AMTMANN, 1999).

O estresse salino também influencia na síntese dos solutos compatíveis, estes são assim denominados porque, mesmo em concentrações elevadas, são compatíveis com o metabolismo das plantas, pois não inibem a atividade de enzimas e, tampouco, interferem na estrutura celular (HOEKSTRA et al., 2001).

De acordo com Alves (2011), os solutos compatíveis mais estudados em plantas sob estresse salino são os carboidratos solúveis, os aminoácidos livres, as proteínas solúveis e as prolínas livres. Entre esses, os carboidratos e aminoácidos são os solutos com maior contribuição para o potencial osmótico. Dessa forma, a acumulação dos solutos orgânicos reflete a capacidade de algumas espécies ajustarem osmoticamente às condições de estresses (SILVA et al., 2009).

5.5 Produção do manjeriço e salinidade

Bressan (2015), ao avaliar o crescimento do *Ocimum basilicum* L. da cultivar Genovese em solo verificou que alguns parâmetros como altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar e número de folhas, não foram alterados significativamente pela aplicação de água salina nas concentrações de 15 e 30 mM de NaCl. Em contrapartida, Maia et al. (2017), ao cultivar o *Ocimum basilicum* L. das cultivares Verde e Roxo em solos irrigados com água salina, observaram que o aumento da salinidade reduziu o diâmetro do caule, a altura da planta, o número de hastes e folhas, a área foliar e matéria seca de folhas, caules e raízes de ambas as cultivares e que estas são tolerantes à salinidade da água de irrigação de até 1,5 dS m⁻¹.

Bione et al. (2014), ao avaliarem o crescimento e a produção hidropônica do manjeriço *Ocimum basilicum* L. com águas salinas com condutividades elétricas de 0,29; 1,45; 3,80; 6,08 e 8,48 dS m⁻¹ verificaram que houve uma redução linear da produção de massa de matéria fresca e seca da parte aérea, de 7,86 e 6,76% por acréscimo unitário na condutividade elétrica da água (dS m⁻¹), respectivamente.

Em um estudo realizado por Menezes (2017), ao avaliar cultivares do gênero *Ocimum basilicum* L., notou-se que a cultivar Toscano Folha de Alface mostrou-se mais tolerante ao estresse salino de 80 mM de NaCl, em relação às cultivares Gennaro de Menta, Alfavaca Basilicão, Alfavaca Basilicão Vermelho, Limocino e Grecco a Palla. Contudo, Bione et al. (2014), afirma que as cultivares do gênero de *O. basilicum* L., podem ser classificadas como tolerante aos níveis de salinidade da água de irrigação até valores de 1,70 dS m⁻¹, e para valores entre 3,80 e 6,08 dS m⁻¹ classificadas como moderadamente sensível, seguindo os critérios apresentados por Fageria et al. (2010).

Nesse contexto, observa-se que são muitos os trabalhos difusos que tratam dessa cultura em condições salinas, fato também observado por Bione et al. (2014). Resultados divergentes também são encontrados para o teor e o rendimento do óleo essencial do manjericão do gênero de *O.basilicum* L.

Em manjericões cultivados em solos, Said-Al Ahl e Mahmoud (2010), verificaram um incremento do teor de óleo de 10,15 % e uma redução no rendimento de 38,46 % com o aumento dos níveis de salinidade de 0,73 para 4,95 dS m⁻¹. Bernstein et al., (2010), observaram um aumento de 50% do teor do óleo essencial do manjericão ao comparar as concentrações de NaCl de 1 e 75 mM.

Em contrapartida, outros autores verificaram uma redução no teor de óleo essencial do manjericão cultivado em solo, com o aumento do estresse salino. Bressan (2015), ao avaliar o rendimento do óleo essencial do manjericão verificou uma redução de 26,31% quando a salinidade foi aumentada para 30 mM. Este autor atribui esse resultado à redução da produção de fitomassa pelo incremento da salinidade.

Para Alves et al. (2015), o teor do óleo essencial do manjericão em solo com as condutividade elétricas 0,1; 12,0; 23,0; 34,0 e 45,0 mM de NaCl não tiveram alterações com o incremento da salinidade, no entanto o rendimento reduziu 12,93% a cada acréscimo unitário dos níveis de salinidade.

Nesse contexto, alguns autores como Maia et al. (2017) e Bione et al. (2014), observaram que não se tem, para o manjericão, compêndios de informações consolidadas sobre sua resposta e tolerância à salinidade. Outra averiguação relevante são as poucas referências sobre o cultivo hidropônico manjericão sob estresse salino, suas implicações no crescimento, na produção e no acúmulo de solutos. Diante do exposto, é relevante o desenvolvimento de pesquisas que investiguem as respostas do manjericão sob estresse salino, bem como o uso de tecnologias que possibilitem um melhor manejo do cultivo do manjericão, mesmo em condições ambientais adversas, nesse cenário, destaca-se a hidroponia.

5.6 Hidroponia e sua relação com o crescimento do manjericão

A hidroponia é a técnica que consiste na condução de culturas sem utilização de solo, que é substituído por água, a qual transporta na solução, os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas (APRÍGIO, et al., 2012).

De acordo com Furlani et al. (2008), apesar dessa prática ser relativamente antiga, a sua popularização vem crescendo desde 1930 quando o pesquisador da Universidade da Califórnia, Dr. W. F. Gericke iniciou seus trabalhos com esse método de cultivo, já se utilizando do termo “hidropônico”.

Segundo Paulus et al. (2012), o cultivo hidropônico caracteriza-se como uma alternativa ao cultivo convencional, com vantagens para o consumidor, produtor e para o meio ambiente, uma vez que esta técnica permite a obtenção de produtos de alta qualidade, o encurtamento do ciclo de produção, com maior produtividade, um menor gasto de água, de insumos agrícolas e de mão-de-obra.

As vantagens do cultivo hidropônico em relação ao cultivo com o uso do solo são: maior eficiência na regulação da nutrição das plantas, possibilidade de ser empregado em regiões com escassez de terras adequadas para o cultivo, uso mais eficiente e adequado da água e dos fertilizantes e maior densidade de plantio, o que resulta em maior produtividade (MARTINEZ et al., 2006).

A técnica do cultivo hidropônico tem-se destacado em pesquisas científicas e em diversas culturas como a cebolinha (ARAUJO et al., 2016), o girassol (SANTOS JUNIOR et al., 2015), o coentro (SILVA et al., 2016), o tomilho (DONEGÁ, et al., 2014), a rúcula (SOUZA NETA et al., 2013), a alface (PAULUS et al., 2012), dentre outras.

Segundo Andriolo et al. (2004), a solução nutritiva é o elemento essencial na hidroponia, pois dela depende o crescimento da cultura, e esta deve conter não só todos os nutrientes minerais exigidos pelas plantas, mas também o oxigênio indispensável para a respiração das raízes.

Assim, a solução nutritiva é importante para promover o crescimento e desenvolvimento das plantas mas, se usada de forma incorreta, pode provocar redução na produtividade e na qualidade do produto (BACKES et al., 2004).

Nesse sentido, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) propôs o preparo e manejo de uma solução nutritiva para cultivo hidropônico, destinada para diversas espécies de plantas, com destaque as hortaliças folhosas. No seu preparo são usadas as quantidades de sais/fertilizantes, conforme consta na Tabela 1 (Furlani, 1998). O valor da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva do IAC situa-se ao redor de 2,0 dS m⁻¹ ou 2.000 µS.

Tabela 1. Quantidades de fertilizantes para o preparo de 1000 L de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de hortaliças (Furlani, 1998).

Sal/Fertilizantes	g ⁻¹ 1000 L
Nitrato de Cálcio	750
Nitrato de Potássio	500
Fosfato Monoamônio	150
Sulfato de Magnésio	400
Sulfato de Cobre	0,15
Sulfato de Zinco	0,30
Sulfato de Manganês	1,50
Ácido Bórico	1,80
Molibdato de Sódio	0,15
Ferro -EDTA - 13 %	16

De acordo com Backes et al. (2004), no preparo da solução nutritiva é necessário considerar os limites de pressão osmótica, pH, e a concentração dos nutrientes, para que não ocorra precipitação dos sais e, conseqüentemente, interferência negativa na absorção dos nutrientes pelas plantas.

Diante disso, a manutenção de um meio favorável ao desenvolvimento das plantas não envolve apenas a escolha de uma solução apropriada ao plantio, mas também o controle contínuo desta, o qual consiste na adição regular de nutrientes, ajuste de pH e substituição periódica de toda a solução (MARTINEZ, 2006).

Nielsen (1984) propôs que o controle de nutrientes da solução nutritiva fosse realizado através de um sistema automático, com base no ajuste do nível de água, da concentração de nutrientes e do pH. Ainda segundo esse autor, em um nível constante de água, a diminuição da condutividade elétrica está correlacionada a redução na concentração de nutrientes, a qual pode ser usada para o monitoramento do nível de nutrientes na solução.

Contudo, os sistemas hidropônicos atuais passaram por diversas modificações desde as primeiras experiências realizadas há décadas com o intuito de se adaptar às condições ambientais, sociais e econômicas das distintas regiões de produção agrícola (ANDRIOLO et al., 2004).

No Brasil, utilizam-se diferentes técnicas hidropônicas para o cultivo e produção de plantas. No entanto, a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) e a técnica do fluxo profundo (DFT) são as mais empregadas (SILVA FILHO, 2014).

A técnica de NFT foi proposta por Allen Cooper em 1965, e é a mais utilizada em cultivos hidropônicos. Caracteriza-se pela circulação de solução nutritiva, por meio de uma motobomba, pelos canais de cultivo, que, ao escoar por gravidade,

forma uma fina lâmina intermitente que irriga as raízes das plantas a intervalos pré-determinados (SILVA FILHO, 2014). Para promover a sustentação das plantas nesse sistema utiliza-se canos de PVC (polivinil clorídrico) perfurados com espaçamentos recomendado para a cultura ou perfis comerciais, próprios para esse tipo de cultivo (SANTOS, 2009). O abastecimento com solução nutritiva é realizada através de canos de PVC soldável e é elevada aos canais de cultivo por um conjunto motobomba. Desta forma, a solução percorre os canais de cultivo, e estes devem ter declividade entre 2 e 4 % e não apresentar comprimento maior que 30 metros, para evitar que as plantas do final do canal sofram com o efeito da alta concentração de nutrientes, que dificulta a absorção de água (FURLANI et al., 1999; SANTOS, 2009).

Além disso, a frequência de recirculação da solução nutritiva no sistema NFT deve ser aplicada da seguinte forma: durante o dia deve permanecer ligada por 15 min e desligado 15 min, à noite a recirculação da solução deve ser uma ou duas vezes ficando ligada num intervalo de 10 a 15 min (BOARETTO, 2005).

Assim, em virtude da alta frequência de recirculação, há dependência da energia elétrica para a condução das plantas no sistema NFT. De acordo com Silva et al. (2016), a técnica do fluxo profundo (DFT) é pertinente para as comunidades rurais da região semiárida brasileira, onde as interrupções no abastecimento de energia elétrica são frequentes.

Nesta técnica, forma-se uma lâmina profunda, de 5 a 20 cm, onde as raízes das plantas ficam submersas na solução nutritiva, sendo esta solução renovada ou aerada frequentemente ao longo do cultivo (SANTOS et al., 2011), desta forma, as plantas somente irão reduzir seu desempenho se a recirculação da solução for tão prolongada que promova a diminuição do nível da solução.

Devido a esta vantagem, este sistema assume menores frequências de irrigação comparadas com a técnica NFT. Por outro lado, em sistemas DFT, não deve haver intervalos muito longos de recirculação, porque o oxigênio dissolvido torna-se o fator limitante para as raízes (SILVA et al., 2016).

O sistema DFT também destaca-se por proporcionar um menor custo na construção e um alto poder tampão pela utilização de um volume grande de solução nutritiva por planta (ZERONI et al., 1983). A desvantagem desta técnica é que, devido a constante imersão das raízes na solução nutritiva, faz-se necessário que esta seja constantemente areada. A aeração da solução é realizada através de uma

turbina de ar ou motobomba que a succiona e a recalca novamente para o tanques, promovendo a oxigenação (SANTOS, 2009). Estudos indicam resultados satisfatórios no cultivo de plantas no sistema DFT, para as culturas do coentro (SILVA et al., 2016), da alface (MONTEIRO FILHO et al, 2014), do tomate (MELO et al., 2014) e da hortelã (SILVA FILHO, 2014). Santos et al.(2011), ao avaliarem a produção de alface nos sistemas NFT e DFT, concluíram que este último proporcionou melhor rendimento produtivo no cultivo de alface cv. 'Elba,' comparado ao cultivo em sistema NFT.

Além destas vantagens apresentadas, a utilização da técnica hidropônica têm se constituído em uma das alternativas que busca solucionar os problemas relativos a presença de sais na água de irrigação, isso porque, neste sistema o potencial matricial tende a ser zero o que possibilita o aumento da disponibilidade da água para as culturas e permite o desenvolvimento destas, mesmo em condições salinas (SANTOS JUNIOR et al., 2011).

Além do mais, a hidroponia também proporcionar uma maior segurança ambiental e mais condizente ao uso de águas salinas, pois sua própria estrutura funciona como sistema de drenagem (SOARES et al., 2010). Assim, os sais acumulados ao final do processo produtivo podem ser facilmente descartados para fora do sistema, o que pode tornar o cultivo hidropônico com águas salinas, uma atividade produtiva que gera renda para os produtores rurais, com maior segurança ambiental (DIAS et al., 2011).

Segundo Alves et al. (2011), além de permitir uma melhor eficiência no uso da água, devido à redução das perdas por evaporação e percolação, a técnica hidropônica pode ampliar a vantagem da irrigação localizada, no que diz respeito ao menor efeito da salinidade sobre as plantas, reduzindo ainda os riscos ambientais associados ao acúmulo de sais no ambiente.

A maioria dos estudos conduzidos em hidroponia com águas salina no Brasil tem focado em hortaliças folhosas como o coentro (SILVA et al., 2016 e), a rúcula (SILVA et al., 2012 e OLIVEIRA et al., 2012; SOUZA NETA et al., 2013) e principalmente a alface (SOARES et al., 2010; PAULUS et al., 2012 e SOARES et al, 2015), uma vez que no Brasil essas culturas são majoritárias no cultivo hidropônico.

Apesar disso, Bione et al. (2014) relatam que outras culturas são importantes para a diversificação do cultivo hidropônico como a hortelã, o espinafre, o

manjeriço, entre outras, visando atender a um número cada vez maior de consumidores interessados. Estes autores ainda relatam que diferente de outras culturas mais estudadas, se tem, para o manjeriço, poucas informações consolidadas sobre o cultivo hidropônico e sua resposta à salinidade. Em um estudo realizado com diferentes cultivares de manjeriço cultivadas em um sistema hidropônico tipo “Floating”, Menezes (2017) observou que a cultivar Toscano Folha de Alface mostrou-se mais tolerante ao estresse salino em relação as cultivares Gennaro de Menta, Alfavaca Basilicão Vermelho, Alfavaca Basilicão, Limocino e Grecco a Palla.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALVES, L.S.; PAZ, V.P.S.; SILVA, A.J.P.; OLIVEIRA, G.X.S.; OLIVEIRA, F.E.R.; AMORIM, E.L. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de plantas de manjeriço submetidas ao estresse salino com NaCl. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, v.17, n.4, p.807-813, 2015.

AMORIM, A. V.; GOMES-FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.113-121, 2010.

ANDRIOLO, J. L.; LUZ, G. L.; GIRALDI, C.; GODOI, R. S.; BARROS, G. T. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? **Horticultura Brasileira**, v. 22, n.4, p. 794-798, 2004.

APRÍGIO, A.; REZENDE, R.; DE FREITAS, P. S.; ANDRÉ, R.; SOUZA, R. S. Teor de nitrato em alface hidropônica em função de vazões e períodos de pós-colheita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p.946-951, 2012.

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

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

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. trad: Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V. 1999,. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem 29 (Revisado). 218 p.

BACKES, F. A. A. L.; SANTOS, O. S. D.; PILAU, F. G.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; MEDEIROS, S. L. P.; FAGAN, E. B. Reposição de nutrientes em solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1407-1414, 2004.

BAGHALIAN, K.; HABHIRY, A.; NAGHAVI, M. R.; MOHAMMAI, A. Effect of saline irrigation water on agronomical and phytochemical characters of chamomile (*Matricaria recutita* L.). **Scientia Horticulturae**, v.116, n.4, p.437-441, 2008.

BARNABÉ, J. M. C; DE LIRA DANTAS, R. M; DE SOUZA, O. J. S; BIONE, M. A. A; DA SILVA, A. O; SANTOS, A. N; FRANÇA, E. F. **Efeito da aeração sobre a produção de alface em hidroponia Floating em condições salinas**. Disponível em:<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0835-1.pdf> Acessado em: 2 de fevereiro de 2017.

BATALHA, M.O.; NANTES, J.F.D.; ALCANTRA, R.L.; MING, L.C.; DE CASTRO, D.M.; LOURENZANE, A.E.B.S.; MACHADO, J.G. de C.F.; RIBEIRO, P.M.T. Plantas medicinais no estado de São Paulo: situação atual, perspectivas e entraves ao desenvolvimento. **Florestar Estatístico**, v.6, n.15, p.27-35, 2003.

BEKHRADI, F.; LUNA, M.C.; DELSHAD, M.; JORDAN, M.J.; SOTOMAYOR, J.A.; MARTÍNEZ-CONESA, C.; GIL, M.I. Effect of deficit irrigation on the postharvest

quality of different genotypes of basil including purple and green Iranian cultivars and a Genovese variety. **Postharvest Biology and Technology**, v.100, n.1, p.127-135, 2015.

BERNSTEIN, N.; KRAVCHIK, M.; DUDAI, N. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Ocimum basilicum*) in relation to alterations of morphological development. **Annals of Applied Biology**, v. 156, n.2, p.167-177, 2010.

BIONE, M.A.A.; PAZ, V.P.S.; SILVA, F.; RIBAS, R.F.; SOARES, T.M. Growth and production of basil in NFT hydroponic system under salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1228–1234, 2014.

BLANK, A.F; SOUZA, E.M.; PAULA, J.W.A.; ALVES, P.B. Comportamento fenotípico e genotípico de populações de manjeriço. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.3, p. 305-310, 2010.

BOARETTO, L. C. **Viabilidade econômica da produção de alface, em quatro sistemas tecnológicos: campo coberto, túnel baixo, estufa e hidropônico**. Curitiba – SC, Universidade Federal do Paraná, 2005. Dissertação Mestrado.

BRESSAN, D.F. **Água de reuso e seu efeito sobre parâmetros fisiológicos em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. Botucatu – SP. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2015. Tese de Doutorado.

CASTRO, H. G. de; FERREIRA, F. A.; SILVA, D. J. H. da; MOSQUIM, P. R. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2001. 104 p.

CAVALCANTE, L.F; CAVALCANTE I.H.L. **Uso da água salina na agricultura**. In: Cavalcante, L.F.; Lima, E.M. (ed.). *Algumas frutíferas tropicais e a salinidade*. Jaboticabal: Funep, 2006. p.1-11.

CHANG, X.; ALDERSON, P.G.; WRIGHT, C.J. Effect of temperature of integration on the growth and volatile oil content basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 80, n.5, p. 593-598, 2005.

CORRÊA, C.C.; ALVES, A.F. Plantas medicinais como alternativa de negócios: caracterização e importância. **XLVI do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Acre, 2008. Anais.

COSME, C. R.; DIAS, N. S.; Oliveira, A. D.; OLIVEIRA, E. M.; SOUSA NETO, O. D. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.499-504, 2011.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, p. 129-14, 2010.

DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; SOUSA NETO, O.N.; BLANCO, F.F.; REBOUCAS, J.R.L. Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.4, p. 915-921, 2011.

DONEGA, M. A.; FERREZINI, G.; MELLO, S. C.; MINAMI, K.; SILVA, S. R. Recipientes e substratos na produção de mudas e no cultivo hidropônico de tomilho (*Thymus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.16, n.2, p.271-274, 2014.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, p.205-216, 2010.

FAGERIA, N. K. et al. Nutrient bioavailability in salt affected soils. **Journal of Plant Nutrition**, v.34, n.1, p.1-18, 2011.

FAVORITO, P.A; ECHER, M.M; OFFEMANN, L.C; SCHLINDWEIN, M.D; COLOMBARE, L.F; SCHNEIDER, R.P; HACHMANN, T.L. Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n. spe, p. 582-586, 2011.

FERNANDES, P.C.; FACANALI, R.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; MARQUES, M.O.M. Cultivo de manjeriço em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.260-264, 2004.

FERNANDES, A.R. **Crescimento de cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) cultivadas em vasos**. Minas Gerais – MG. Universidade Federal de Viçosa, 2014. Tese de Doutorado.

FREITAS, V.S.; MARQUES, E.C.; BEZERRA, R.A.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e acúmulo de íons em plantas de cajueiro anão precoce em diferentes tempos de exposição à salinidade. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n.6, p. 3341-3352, 2013.

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

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

FURLANI, P. R. **Cultivo protegido de hortaliças com ênfase na hidroponia**. Ceará: Instituto Frutal, 2008, 72p.

GARLET, T.M.B. **Produtividade, teor e composição do óleo essencial de espécies de *Mentha* L. (Lamiaceae) cultivadas em hidroponia com variação de potássio**. Santa Maria - RS. Universidade Federal de Santa Maria, 2007. Tese de Doutorado.

GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. In: Nogueira, R. J. C.; Araújo, E. L.; WILLADINO, L. G.; Cavalcante, U. M. T. (ed.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, p.138 -148, 2005.

GUIMARÃES, I. P.; OLIVEIRA, F. N.; VIEIRA, F. E. R.; TORRES, S. B. Efeito da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento inicial de plântulas de mulungu. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.137-142, 2013.

HOEKSTRA, F.A.; GOLOVINA, E.A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends Plant Science**, v.6, n,9, p.431-438, 2001.

JAKIEMIU, E. A. R. **Uma contribuição ao estudo do óleo essencial e do extrato de tomilho (*Thymus vulgaris* L.)**. Curitiba -PR. Universidade Federal do Paraná Dissertação de Mestrado, 2008.

JOSE, J.V. **Aducação potássica e lâminas de irrigação na produção de biomassa e óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. Piracicaba – SP, Universidade de São Paulo, 2014. Tese de Doutorado.

LAMEIRA. O. A; PINTO J. E. B. P. **Plantas medicinais: do cultivo, manipulação e uso à recomendação popular**. Belém, Embrapa, 2008.

LAOCHOWICZ, K. J.; JONES, G.P.; BRIGGS, D.R.; BIENVENU, F.E.; PALMER, M.V.; MISHRA, V.; HUNTER, M.M. Characterisitcs of plants extracts from five varietes of basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in Australia. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.45, n.7, p.2660-2665, 1997.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

LUZ, J.M.; RESENDE, R.F.; SILVA, S.M.; SANTANA, D.G.; CAMILO, J.S.; BLANK, A.F.; HABER, L.L. Produção de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. em

diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Boletim Latinoamericano e Caribe de Plantas Mediciniais e Aromáticas**, v. 13, n.1, p.69 - 80, 2014.

MAATHUIS, F.J.M.; AMTMANN, A. K⁺ nutrition and Na⁺ toxicity: the basis of cellular K⁺/Na⁺ ratios. **Annals of Botany**, v.84, n.3, p.123-133, 1999.

MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, O. M. P.; SILVA, A. C.; CANDIDO, W. S. Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p.44-49, 2017.

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

MATOS, F.S.; ROCHA, E.C.; CRUVINEL, C.K.L.; RIBEIRO, R.A.; RIBEIRO, R.P.; TINOCO, C.F. Desenvolvimento de mudas de pinhão-manso irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n. 2, p.947-954, 2013.

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, n. 1, p. 17-25, 2015.

MENEZES, R.V. **Tolerância à salinidade em manjeriço sob cultivo hidropônico**. Cruz das Almas - BA, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2017. Tese de Doutorado.

MINAMI, K.; SUGUINO, E.; MELO, S.C.; WATANABE, A.T. **A cultura do manjeriço**. Série produtor rural n° 36. Piracicaba – ESALQ – Divisão de biblioteca e documentação, 2007.

MONTEIRO FILHO, A. F.; PEREIRA, G. L.; AZEVEDO, M. R.; FERNANDES, J. D.; AZEVEDO, C. A. Cultivo hidropônico de cultivares de alface em soluções nutritivas organominerais otimizadas com a ferramenta SOLVER1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.417-424, 2014.

MORAIS, T. P. S. **Produção e composição do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) sob doses de cama de frango.** Uberlândia - MG Universidade Federal de Uberlândia, 2006. Dissertação de Mestrado.

NASCIMENTO, I.B.; MEDEIROS, J.F.; ALVES, S.S.V.; LIMA, B.L.C.; SILVA, J.L.A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n. 1, p. 37-43, 2015.

NATUE. Disponível em: <https://www.natue.com.br/oleo-essencial-manjericao-5ml-bio-essencia-14061.html>. Acesso em: 07 de agosto de 2017.

NAVARRETE, A.; WALLRAF, S.; MATO, R.B.; COCERO, M.J. Improvement of essential oil steam distillation by microwave pretreatment. **Industrial e Engineering Chemistry Research**, v. 50, n.4, p.4667-4671, 2011.

NIELSEN, N.E. **Crop production in recirculating nutrient solution according to the principle of regeneration.** In: International congress on soilless culture, The Netherlands Proceedings Lunteren: International Society for Soilless Culture, 1984. p.421-446, 1984.

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

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

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

PEREIRA, R. C. A; MOREIRA, A. L. M. **Manjeriço: Cultivo e Utilização**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 30p. Documentos136.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 11-19, 2010.

ROSADO, L. D. S.; PINTO, J. E. B. P.; BOTREL, P. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; NICULAU, E. S.; ALVES, P. B. Influência do processamento da folha e tipo de secagem no teor e composição química do óleo essencial de manjeriço cv. Maria Bonita. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.2, p.291-296, 2011.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; NETO, P. A.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I.B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.10, p. 1047-1054, 2013.

SAID-AL AHL , H.A.H.; MAHMOUD, A.A. Effects of zinc and/or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. **Ozean Journal of Applied Science**, v.3, n.1, p.97-111, 2010.

SANTOS, O. S. **Hidroponia**. Santa Maria: UFSM/Colégio Politécnico, 2009. 392p.

SANTOS, R. S.; DA SILVA DIAS, N.; DUARTE, S. N.; DE SOUZA LIMA, C. J. G. Uso de águas salobras na produção de rúcula cultivada em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, v.25, n.1, p.113-118, 2011.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SILVA DIAS, N.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n.2, p.842-849, 2011.

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

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

SEMIZ, G.D.; ÜNLÜKARA, A.; YURTSEVEN, E.; SUAREZ, D.L; TELCI, I. Salinity Impact on Yield, Water Use, Mineral and Essential Oil Content of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). **Journal of Agricultural Sciences**, v. 18, s.n. p.177-186, 2012.

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

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

SILVA, 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, n.1, p.114-125, 2012.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S.; VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.5, p.437-445, 2009.

SILVA FILHO, J. A. **Produção e consumo hídrico da hortelã utilizando águas salobras nos sistemas hidropônicos NFT e Floating**. Cruz das Almas – BA. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014. Dissertação de Mestrado.

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

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

SOUZA NETA, M.L.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, R.T.; SOUZA, A.A.T.; OLIVEIRA, M.K.T.; MEDEIROS, J.F. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. **Revista Agro@ambiente**, v. 7, n. 2, p. 154-161, 2013.

TABATABAIE S.J.; NAZARI J. Influence of nutrient concentration and NaCl salinity on growth, photosynthesis and essential oil content of peppermint and lemon verbena. **Turk Journal Agricultura**. v.31, n.4, p. 245-253, 2007.

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

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, n.15, p.4449-4459, 2010.

VIEIRA, M.C.; CARLESSO, A.; HEREDIA ZARATE, N.A.; GONÇALVES, W.L.F.; TABALDI, L.A.; MELGAREJO, L. Consórcio de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) e alface sob dois arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n.esp, p.169-174, 2012.

VON HERTWING, I.F. **Plantio de aromáticas e medicinais: plantio, colheita, secagem e comercialização**. São Paulo, 1991.

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

ZERONI, M.; GALE, J.; BEMASHER, J. Root aeration in a deep hydroponic system and its effect on growth and yield of tomato. **Scientia Horticulture**, v.19, n. 3-4, p.213-220,1983.

CAPÍTULO 1

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO MANJERICÃO EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB SALINIDADE¹

¹ Capítulo ajustado em artigo e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Pesquisa Agropecuária Tropical.

Crescimento e produção do manjericão em sistema hidropônico sob salinidade

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a produção do manjericão cv. Toscano Folha de Alface sob estresse salino, em diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva e sistemas hidropônicos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, onde o primeiro fator representa os níveis de NaCl (0, 40 e 80 mM) e o segundo fator as frequências de recirculação da solução nutritiva (4 ou 6 horas) em sistema hidropônico tipo fluxo profundo (DFT), e um tratamento adicional com solução nutritiva sem NaCl em sistema do tipo fluxo laminar (NFT), perfazendo um total de 7 tratamentos e três repetições, em 21 unidades hidropônicas. As variáveis analisadas foram altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, a área foliar, comprimento da raiz, volume de raiz, massa de matéria seca dos órgãos das plantas e total, razão massa seca da raiz/ massa seca da parte aérea, taxa de crescimento absoluto, relativo e taxa assimilatória líquida. A redução da frequência de recirculação da solução nutritiva para seis horas não ocasiona reduções significativas no consumo hídrico, no crescimento, na produção de fitomassa e na taxa de crescimento absoluto do manjericão cv. Toscano Folha de Alface; o consumo hídrico, o crescimento, a produção de fitomassa e a taxa de crescimento absoluto do manjericão reduz com a utilização da solução nutritiva salina, de 40 e 80 mM de NaCl; a escolha do sistema hidropônico DFT ou NFT não ocasiona alterações no crescimento e na produção de fitomassa, do manjericão cv. Toscano Folha de Alface, nas condições estudadas.

Palavras- chave: DFT, NFT, *Ocimum basilicum* L.

Growth and production of basil in hydroponic system under salinity

Abstract: The objective of this work was to evaluate the growth and yield of basil cv. Toscano Folha de Alface under saline stress, in different frequencies of recirculation of the nutritive solution and hydroponic systems. The experimental design was completely randomized, in a factorial scheme $3 \times 2 + 1$, where the first factor represents NaCl levels (0, 40 and 80 mM) and the second factor the recirculation frequencies of the nutrient solution (4 or 6 hours) in a hydrothermal system (DFT), and an additional treatment with nutrient solution without NaCl in a system of laminar flow type (NFT), making a total of 7 treatments and three repetitions, in 21 hydroponic units. The analyzed variables were plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, root length, root volume, dry matter mass of plant organs and total, root dry mass / shoot dry matter ratio, absolute growth rate, relative and net assimilation rate. The reduction of the frequency of recirculation of the nutrient solution to six hours does not cause significant reductions in water consumption, growth, phytomass production and absolute growth rate of basil cv. Toscano Folha de Alface; water consumption, growth, phytomass production and the absolute growth rate of basil reduced with the use of saline nutrient solution, 40 and 80 mM NaCl; the choice of the DFT or NFT hydroponic system does not cause changes in the growth and the production of phytomass, of basil cv. Toscano Folha de Alface, under the conditions studied.

Key words: DFT, NFT, *Ocimum basilicum* L.

INTRODUÇÃO

Pertencente à família das Lamiaceae, o manjeriço também conhecido por alfavaca, alfavaca-doce e basilicão, é uma planta medicinal, condimentar e aromática, com expressiva importância no cenário econômico mundial (LUZ et al. 2014).

Em algumas regiões do Semiárido Nordeste do Brasil, existem cultivos do manjeriço em grande escala, voltados para a produção do óleo essencial (FAVORITO et al., 2011). Contudo, a maior parte destas localidades apresentam escassez hídrica aliada à baixa e irregular precipitação pluviométrica, o que leva à busca de técnicas para uso mais eficiente da água e também para o aproveitamento de águas de qualidade inferior (SILVA et al., 2016), como a água salina.

A salinidade é um dos principais fatores que afetam a produção do manjeriço, visto que o estresse salino provoca alterações morfofisiológicas, como o desequilíbrio nutricional, a redução na condutância estomática e menores proporções nas taxas de transpiração e fotossíntese, resultando na diminuição do crescimento e da produção de fitomassa destas plantas (MAIA et al., 2017).

Diante da iminente necessidade da utilização da água salina para irrigação, um dos principais desafios dos pesquisadores, está relacionado, com o desenvolvimento ou adaptação de técnicas de manejo que permitam a exploração agrícola de forma econômica, mesmo sob condições em que o convívio com condições ambientais adversas, como a salinidade, seja inevitável (GUIMARÃES et al., 2013).

Nesse contexto, a técnica hidropônica têm se constituído em uma das tecnologias que possibilita o cultivo de plantas na presença de sais, isso porque neste sistema o valor do potencial matricial é próximo a zero, o que possibilita uma absorção maior de água e nutrientes pelas plantas, com menor gasto energético, em relação às cultivadas em solo (SANTOS JUNIOR et al., 2016). Diferentes técnicas hidropônicas são utilizada para o cultivo e produção das plantas, no entanto, a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) com alta frequência de recirculação da solução nutritiva e a técnica do fluxo profundo (DFT) com um menor intervalo de recirculação são as mais empregadas (SILVA FILHO, 2014). Entretanto, em virtude da alta frequência de recirculação no sistema NFT, há dependência da energia elétrica para a condução das plantas. Desse modo, a

técnica do fluxo profundo (DFT) é pertinente para as comunidades rurais da região semiárida brasileira, onde as interrupções no abastecimento de energia elétrica são frequentes (SILVA et al., 2016).

Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o crescimento e a produção do manjericão cv. Toscano Folha de Alface sob estresse salino em diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva e sistemas hidropônicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação no período de novembro a dezembro de 2015, na Unidade Experimental do Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas – Bahia, com coordenadas geográficas de 12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m. Durante o experimento a temperatura do ar na casa de vegetação oscilou entre a mínima de 21,64 °C e a máxima 39,51 °C, com média de 27,35 ± 2 °C.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 + 1, onde o primeiro fator representa os níveis de NaCl (0, 40 e 80 mM) adicionados à solução nutritiva e o segundo fator as frequências de recirculação da solução nutritiva (4 ou 6 horas) em sistema hidropônico DFT, e um tratamento adicional com solução nutritiva sem NaCl em sistema NFT, perfazendo um total de 7 tratamentos e três repetições, em 21 parcelas experimentais.

Foram produzidas mudas da cultivar Manjericão Toscano Folha de Alface, por meio de semeadura em fibra de coco alocada em copos plásticos de 80 mL. Após a emergência as mudas foram irrigadas com solução nutritiva para hortaliças folhosas (Furlani, 1998), diluída a 50 %, e após 21 dias transplantadas para o sistema hidropônico.

Foram utilizados os sistemas hidropônicos DFT, com declividade nula, e NFT com inclinação de 4% nos canais de cultivos. Os perfis hidropônicos foram confeccionados em tubulações de PVC com 75 mm de diâmetro, 6 m de comprimento. Cada unidade hidropônica foi conectada a uma eletrobomba, que recalcou a solução nutritiva de um reservatório tipo bobona com capacidade de 55 L, até o perfil hidropônico (parcelas experimentais). As plantas foram cultivadas no espaçamento de 0,40 m entre os tubos x 0,30 m entre as plantas.

A solução nutritiva utilizada seguiu a recomendação de Furlani (1998) para hortaliças folhosas. Para preparar a água salina que compôs a solução nutritiva de alguns tratamentos, foi acrescentada na água de abastecimento ($CE = 0,34 \text{ dS m}^{-1}$), diferentes quantidades (em gramas) de NaCl, desse modo as concentrações de NaCl empregados foram de 0, 40 e 80 mM de NaCl, correspondentes aos níveis salinos de 2, 6 e 10 dS m^{-1} , respectivamente, que representa o somatório da solução nutritiva (que é de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$) com os níveis salinos.

A frequência de recirculação da solução nutritiva no sistema DFT foi realizada da seguinte forma:

Intervalo de 4 horas - no período diurno, às 6:00, 10:00, 14:00 e 18:00 horas.
no período noturno, às 24:00 horas.

Intervalo de 6 horas - no período diurno, às 6:00, 12:00 e 18:00 horas
no período noturno, às 24 horas.

Já no sistema NFT a frequência de recirculação foi aplicada desse modo:

Intervalo de 15 minutos - no período diurno (6:00 - 19:00 horas), recirculação da solução nutritiva de 15 minutos a cada intervalo de 15 minutos.

No período noturno, a recirculação da solução foi realizada duas vezes (22:00 e 03:00 horas) ficando o sistema ligado por 15 min.

Em ambos os sistemas, o controle da aplicação da solução foi realizado com auxílio de um temporizador digital.

Para fins de controle da solução nutritiva foram monitoradas, a cada dois dias, a condutividade elétrica e o pH da solução. A condutividade elétrica da solução foi avaliada com um condutivímetro portátil. O pH da solução nutritiva foi monitorado com o auxílio de um medidor de pH portátil e seu controle foi efetuado sempre que necessário com hidróxido de cálcio, visando manter a solução nutritiva com o pH na faixa de 5,5 a 6,5.

A reposição das perdas por evapotranspiração com as respectivas águas (abastecimento ou salinas) características dos tratamentos, bem como a avaliação do consumo hídrico das plantas foram realizadas a cada três dias, medindo o volume evapotranspirado (Equação 1). Para isso foi utilizado depósitos de abastecimento automático construídos com tubulação de PVC, conectados por uma mangueira ao reservatório. Neste, equipamento foi adicionado uma régua graduada, fixada a uma mangueira transparente, por onde se determinou o volume de água consumido pelas plantas (SOARES et al., 2010).

$$VETC = \frac{(Lf-Li) \times \pi \times D^2 \times 10^3}{4 \times n \times \Delta t} \quad (1)$$

Em que: VETC - volume evapotranspirado, L por planta por dia; Lf - leitura final do nível da água no depósito de abastecimento automático, m; Li - 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 cultivadas no perfil no intervalo de tempo ΔT .

A coleta de dados foi realizada aos 18 e 30 dias após o transplântio (DAT), sendo selecionadas duas plantas de cada parcela para a avaliação da altura de planta (cm) medindo-se com uma fita métrica da base até o ápice, do diâmetro do caule (mm) com um auxílio de um paquímetro digital e do número de folhas por contagem direta manualmente. Também foram realizadas avaliações destrutivas e nestas foram medidas o comprimento da raiz (cm) com o uso de uma fita métrica, volume de raiz com o auxílio de uma proveta graduada em mL, a área foliar (cm²) por meio de um medidor portátil, do modelo CI-202 e a massa da matéria seca dos órgãos das plantas (g) através de uma estufa de ventilação forçada a 65°C, por um período de 72 h e posteriormente a massa da matéria seca foi determinada por pesagem em uma balança.

As taxas de crescimento absoluto (TCA), de crescimento relativo (TCR) foram determinadas com base na massa da matéria seca das plantas e a taxa assimilatória líquida (TAL) pela área foliar das plantas. Para os cálculos destas variáveis seguiu-se a metodologia proposta por Peixoto et al. (2011).

$$TCA = \frac{(W2-W1)}{(T2-T1)} \quad (\text{g dia}^{-1}) \quad (2)$$

$$TCR = \frac{(\ln W2 - \ln W1)}{(T2-T1)} \quad (\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}) \quad (3)$$

$$TAL = \frac{(W2-W1)(\ln L2 - \ln L1)}{(L2-L1)(T2-T1)} \quad (\text{g cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}) \quad (4)$$

Em que: W2- massa seca final em g; W1- Massa seca inicial em g; T2- T1: intervalo de tempo entre as amostragens; Ln- logaritmo neperiano; L2- área foliar final; L1- área foliar inicial.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, onde avaliou-se a significância dos tratamentos mediante teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e teste de comparação de médias pelo teste Tukey. Para comparação do tratamento adicional com os demais tratamentos realizou-se contrastes ortogonais de médias ao nível de 0,05 de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo hídrico

Não houve efeito significativo da interação frequências de recirculação x concentrações de NaCl, bem como para o fator isolado frequências de recirculação ($p > 0,05$). Os resultados corroboram com Silva et al. (2016), que também não verificaram efeitos das frequências de recirculação de 0,25 horas, 2 horas, 4 horas e 8 horas ao cultivar o coentro num sistema hidropônico tipo DFT, até os 20 dias após o transplântio.

Houve efeito significativo da concentração de NaCl sobre a absorção de água pelas plantas ($p < 0,05$). O consumo hídrico acumulado do manjericão diminuiu gradativamente com o aumento das concentrações de NaCl (Figura 1). Para a concentração de 40 e 80 mM de NaCl, a redução, em relação ao controle (0 mM), foi de, respectivamente, 18,2 e 36,1%.

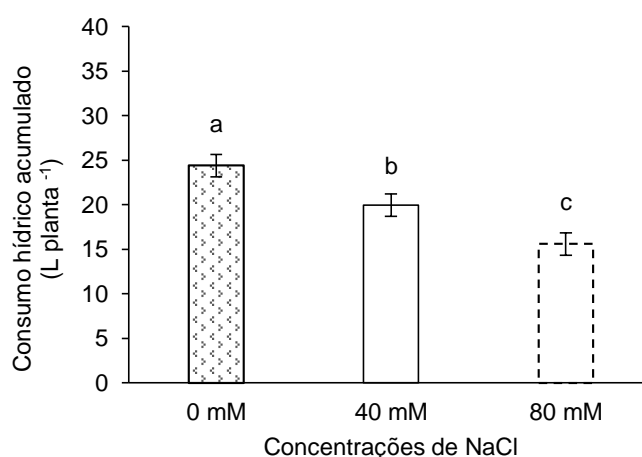


Figura 1 - Consumo hídrico acumulado (L.planta⁻¹) de manjericão, em diferentes concentrações de NaCl, dos seis aos 30 dias após o transplântio. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Esses resultados estão em acordo com diversos estudos realizados, em que se observaram reduções do consumo hídrico das plantas em função do aumento da salinidade da água de irrigação (PAULUS et al., 2012; REBOUÇAS et al., 2013 e SILVA et al., 2016). Esta resposta é consequência do efeito osmótico dos sais no ambiente radicular das plantas. Segundo Alves et al. (2011), o efeito osmótico da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas pode ser ocasionado pelas altas concentrações de sais dissolvidos na solução nutritiva, os quais reduzem seu potencial osmótico e hídrico e, conseqüentemente, diminui a disponibilidade de água e nutrientes às plantas.

Além disso, o uso de água com excesso de sais promove o fechamento dos estômatos afim de reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condições de estresse salino (FLOWERS, 2004).

Crescimento do manjeriço

Como a redução da frequência de recirculação da solução nutritiva não ocasionou uma diminuição do consumo hídrico das plantas, observa-se para as demais variáveis analisadas neste estudo, que este fator, também não apresentou efeito significativo.

Nota-se que houve tendência geral de redução do crescimento com o aumento da salinidade, mesmo aos 18 DAT, com maiores diferenças entre os tratamentos aos 30 DAT, sendo a área foliar a variável mais afetada pelo estresse salino.

Não houve efeito significativo do aumento da concentração de NaCl de 0 para 40 mM para a altura das plantas ($p > 0,05$) de manjeriço, contudo esta variável foi influenciada negativamente pela salinidade de 80mM ($p < 0,05$), com decréscimos de 19,48%, aos 18 DAT. Aos 30 DAT, houve efeito da altura das plantas ($p < 0,05$) entre todas as concentrações de NaCl analisadas, desse modo verificou-se uma diminuição desta variável de 8,47 e 29,0%, respectivamente, para as salinidades de 40 e 80 mM, quando comparado com as plantas submetidas a 0 mM de NaCl (Figura 2 A).

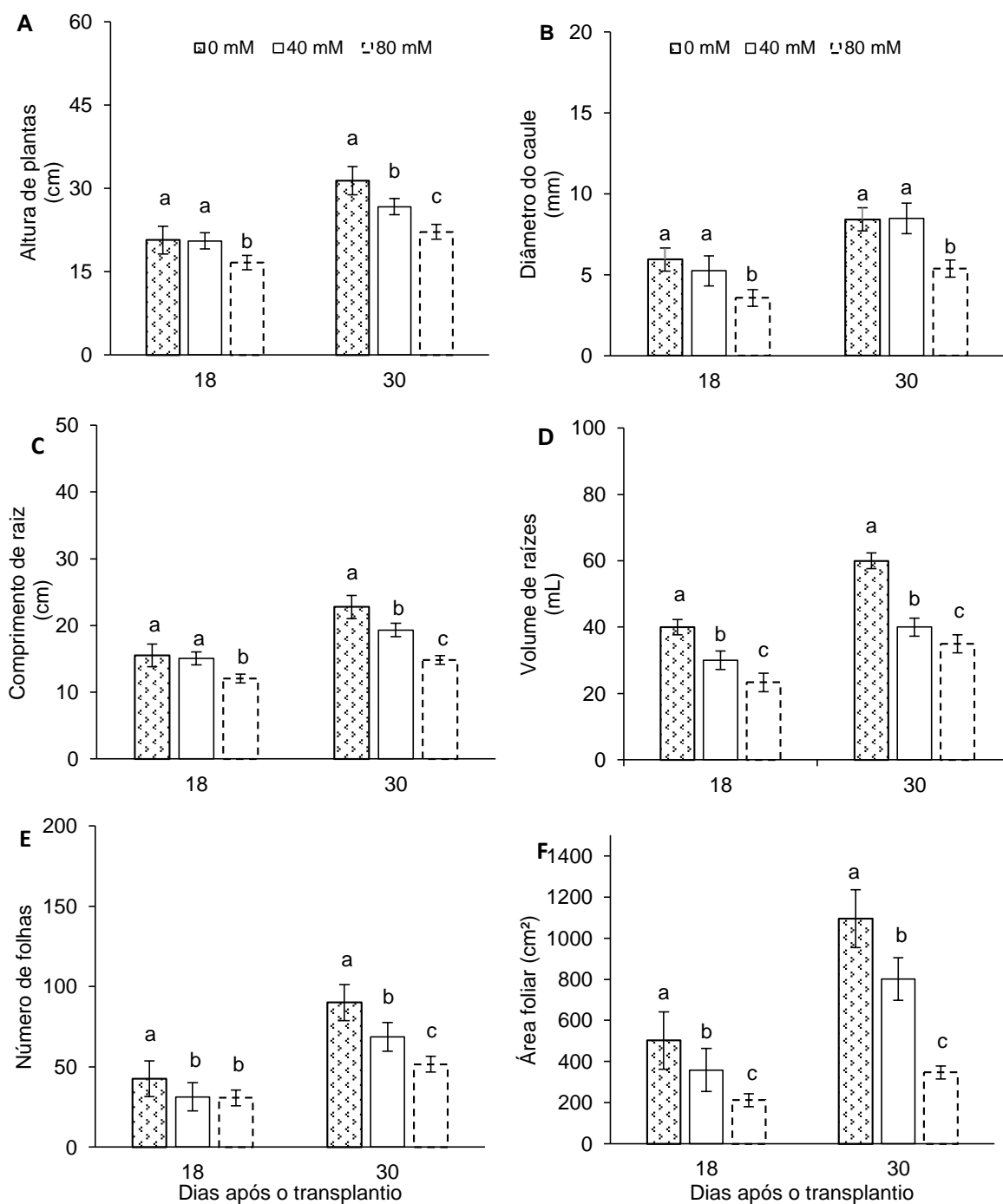


Figura 2 - Altura de planta (A), diâmetro do caule (B), comprimento da raiz (C), volume de raízes (D), número de folhas (E) e área foliar (F) do manjericão, sob diferentes concentrações de NaCl (0, 40 e 80 mM), aos 18 aos 30 dias após o transplantio. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A diminuição da altura das plantas do manjericão em função do estresse salino está relacionada com a diminuição do potencial osmótico da solução

nutritiva, aos distúrbios nutricionais ocasionados pelo efeito tóxico dos íons Na^+ e Cl^- ou uma combinação desses fatores (ASHRAF e HARRIS, 2004).

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) entre as concentrações de 0 e 40 mM de NaCl para o diâmetro do caule, que foi influenciada negativamente pela salinidade de 80mM ($p < 0,05$) com reduções de 39,7 e 36,1%, respectivamente, aos 18 e 30 DAT (Figura 2 B).

As elevadas concentrações de sais na zona radicular provocam alterações nas respostas fisiológicas das plantas como desequilíbrio no balanço osmótico, desorganização das membranas, inibição na divisão e expansão celular (MAHAJAN e TUTEJA, 2005), esse desajuste diminui o crescimento das plantas, evento passível de se manifestar com reduções na altura das plantas e no diâmetro dos caules (LIMA et al., 2015).

O aumento dos níveis de salinidade impactaram o sistema radicular das plantas de manjeriço, reduzindo o seu comprimento e volume, aos 18 e 30 DAT (Figuras 2 C e D).

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) do aumento da concentração salina de 0 para 40 mM para o comprimento de raízes que foi afetado severamente na salinidade de 80mM ($p < 0,05$), com reduções de 22,25% aos 18 DAT. Aos 30 DAT, houve significâncias estatísticas ($p < 0,05$) entre todas as concentrações de NaCl analisadas, desse modo quando compara-se as plantas submetidas a 0 mM de NaCl com as cultivadas na salinidade de 40 e 80 mM, verifica-se um decréscimo de 15,18 e 34,92%, respectivamente (Figura 2 C).

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) entre as concentrações de NaCl nos volumes de raízes, assim, ao comparar os resultados obtidos na concentração de NaCl de 0 mM com os de 40 e 80 mM, verifica-se uma diminuição de, respectivamente, 33,33 e 41,75%, aos 18 DAT e de 33,33 e 41,67% aos 30 DAT, nesta mesma ordem (Figura 2 D).

A redução do sistema radicular em resposta ao aumento da salinidade na solução nutritiva pode ser atribuída a um efeito direto dos íons Na^+ e Cl^- sobre processos fisiológicos importantes da planta (CRUZ et al., 2003). Farias et al. (2009) asseveram que os íons Na^+ e Cl^- diminuem a atividade dos outros íons presentes na solução, além de alterar os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta.

O número de folhas e área foliar das plantas de manjeriço também foram afetados negativamente pela salinidade da solução nutritiva, aos 18 e 30 DAT (Figuras 2 E e F).

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) entre as concentrações de NaCl de 40 e 80 mM para a variável número de folhas aos 18 DAT, no entanto verificou-se significâncias estatísticas ($p < 0,05$) ao comparar a salinidade de 0 com a de 80 mM, com decréscimo de 28,12%. Aos 30 DAT, nota-se que houve uma redução gradativa do número de folhas com o aumento do estresse salino ($p < 0,05$), assim observa-se que nas concentrações de 40 e 80 mM de NaCl, houve uma diminuição desta variável de, respectivamente, 23,69 e 42,59 % (Figura 2 E).

Houve efeitos significativos entre todas as concentrações de NaCl avaliadas para a área foliar das plantas ($p < 0,05$) de manjeriço. Assim ao comparar os resultados obtidos na salinidade de 0 mM com a de 40 e 80 mM de NaCl nota-se reduções de, respectivamente, 28,55 e 57,68 %, aos 18 DAT e de 26,78 e 68,29 % aos 30 DAT (Figura 2 F).

Os resultados obtidos indicam que as folhas são órgãos sensíveis a salinidade, uma vez que o estresse salino ocasionou a redução destas, em tamanho e número.

O excesso de sais na solução nutritiva compromete vários processos fisiológicos das plantas, tais como: síntese de proteínas, metabolismo de lipídios e fotossíntese; e uma das respostas iniciais do vegetal ao estresse salino é a redução da superfície foliar (WANG e NIL, 2000).

De acordo com Sá et al. (2013), a redução do número de folhas em decorrência do aumento do estresse salino também pode estar relacionada à diminuição do crescimento vertical caulinar, reduzindo com isso a emissão de gemas foliares, ou até mesmo a morte de gemas em função da diminuição da absorção de água e/ou do excesso de íons tóxicos à planta. Para Prisco e Gomes Filho (2010), a diminuição da área foliar das plantas sob excesso de sais é consequência da redução do potencial osmótico, e do desequilíbrio nutricional e hormonal, consequentemente, ocorre o fechamento dos estômatos foliares e a redução na transpiração, resultando em menor crescimento destas.

Observa-se que houve semelhanças entre os resultados das variáveis de crescimento do manjeriço, onde todas estas reduziram o seu valor médio com o aumento da concentração de NaCl. Isso possivelmente está relacionado a

absorção em excesso dos íons Na^+ e Cl^- que se encontravam na solução nutritiva; estes íons em excesso modificam negativamente as atividades metabólicas das células, e limitam o alongamento da célula, tendo, como consequência, a redução do crescimento da planta.

Outro efeito associado ao estresse salino nas plantas é a redução no crescimento, ocasionado pelo decréscimo do potencial hídrico da solução nutritiva a nível abaixo do necessário para que possa ocorrer a absorção de água pelas células das raízes (TAIZ e ZEIGER, 2013), esta resposta à salinidade foi verificada neste estudo com a redução do consumo hídrico das plantas sob estresse (Figura 1). Esse distúrbio, reduz a expansão celular, visto que o potencial de pressão da célula tende a se igualar com a da solução nutritiva.

Produção de fitomassa do manjeriço

Foi observado que as folhas, caules e raízes de manjeriço sofreram com o estresse salino aplicado, reduzindo a massa da matéria seca das folhas, caules e raízes com o aumento da salinidade (Figuras 3 B, C e D). Houve redução gradativa da massa da matéria seca total das plantas com o incremento da salinidade ($p < 0,05$), observando-se que entre a menor e a maior concentração de NaCl houve um decréscimo de 53,93 e 64,47%, respectivamente aos 18 e 30 DAT (Figura 3 A).

Houve efeitos significativos ($p < 0,05$) entre as concentrações de NaCl analisadas, nas massas das matérias secas dos órgãos do manjeriço aos 18 DAT e 30 DAT. Assim, ao comparar os resultados obtidos, aos 18 DAT, na concentração de 0 mM com a de 40 mM de NaCl, nota-se reduções de respectivamente, 40,23, 41,11 e 40,36% nas folhas, caules e raízes, e entre as concentrações de 0 e 80 mM os decréscimos nestes órgãos foram da magnitude de 54,38, 47,78 e 53,21 %, nesta sequência. Aos 30 DAT a diminuição das massa das materias secas das folhas, caules e raízes do manjeriço foram de respectivamente, 28,24, 44,34 e 29,70% entre as concentrações de 0 e 40 mM e de 57,89, 55,60 e 57,86 %, ao relacionar as plantas submetidas à salinidade de 0 com as de 80 mM de NaCl. (Figuras 3 B, C e D).

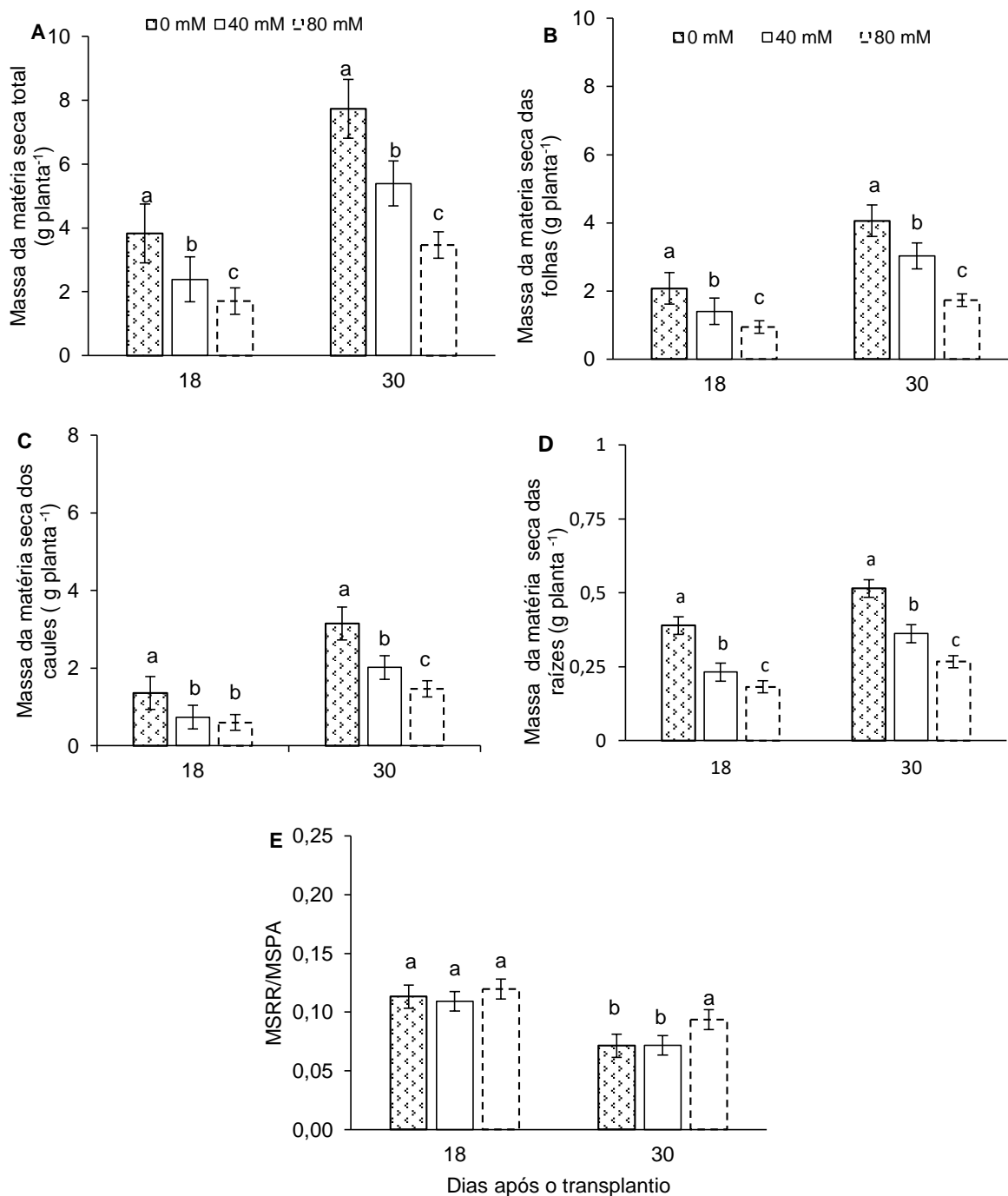


Figura 3 - Massa das matérias seca total (a), folhas (b), caules (c), raízes (d) e razão raiz/ parte aérea do manjericão (e), sob diferentes concentrações de NaCl (0, 40 e 80 mM), aos 18 aos 30 dias após o transplantio. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A redução da massa da matéria seca das plantas sob estresse salino deve-se ao desequilíbrio nutricional ocasionado pelo excesso de íons Na^+ e Cl^- na

solução nutritiva. A diminuição do número de folhas e da área foliar, possivelmente influenciaram o processo fotossintético em plantas submetidas às concentrações de 40 e 80 mM de NaCl, resultando em uma menor obtenção de carbono e energia para o crescimento e, conseqüentemente, em um menor acúmulo de fitomassa.

Analisando os resultados da razão massa da matéria seca da raiz / massa da matéria seca da parte aérea, observa-se que aos 18 DAT não houve efeito significativo desta relação ($p > 0,05$). Esta resposta deve-se à semelhança da redução da massa da matéria seca nos órgãos das plantas, durante esse período (Figuras 3 B, C e D).

Aos 30 DAT, houve efeito da concentração de 80 mM de NaCl ($p < 0,05$) na razão massa da matéria seca da raiz / massa da matéria seca da parte aérea, desse modo as plantas submetidas à esta salinidade apresentaram em média um incremento de 48,27% em relação à testemunha (0 mM). O que pode significar resposta fisiológica da planta como mecanismo de sobrevivência ao estresse salino (Figura 3 E).

O aumento da relação raiz/parte aérea em plantas sob salinidade seria mais um mecanismo de tolerância das plantas ao estresse, em virtude do aumento da área de absorção de água e diminuição da área de evapotranspiração (BARBOSA e PRADO, 1991). Os resultados também sugerem que a menor formação da fitomassa da parte aérea das plantas em função da concentração de NaCl da solução nutritiva pode estar relacionada diretamente com a área foliar (Figura 2 F), visto que esta foi a variável de crescimento mais afetada pela salinidade (com redução de 68,29%) e por ser a fonte de formação de fotoassimilados.

Índices de crescimento

Não houve efeito significativo das concentrações de NaCl na taxa de crescimento relativo ($p > 0,05$), bem como na taxa assimilatória líquida ($p > 0,05$), no período de 18 a 30 DAT. Contudo, houve efeito significativo ($p < 0,05$) da taxa de crescimento absoluto (TCA), com reduções significativas nas concentrações de NaCl de 40 e 80 mM, de respectivamente, 35,0 e 70,24% no crescimento das plantas (Figura 4). A diminuição da TCA devido ao aumento da salinidade era esperado e geralmente encontrada em estudos envolvendo diferentes culturas, tais como o feijão caupi (FEITOSA et al., 2015), o coentro (SILVA, 2015), e o girassol (SANTOS JUNIOR, et al., 2016)

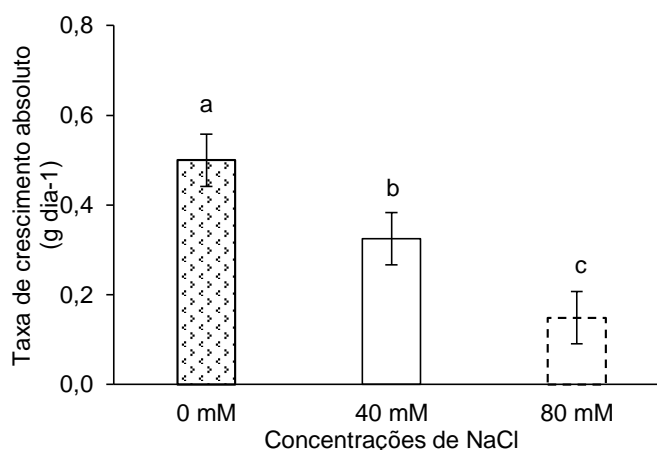


Figura 4 - Taxa de crescimento absoluto do manjericão, sob diferentes concentrações de NaCl (0, 40 e 80 mM de NaCl), no período de 18 - 30 dias após o transplante. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Essa redução do crescimento pela salinidade é resultante de um conjunto de fatores que podem estar ligados ao desvio da energia metabólica que passa a ser investido na manutenção da planta sob estresse, representando um custo metabólico relacionado à adaptação à salinidade (TAIZ e ZEIGER, 2013), a diminuição na fixação do dióxido de carbono (CO₂) resultante de uma baixa taxa fotossintética em função da redução da área foliar, e ao aumento da respiração devido à condição de estresse (ZHU, 2001).

Estimativas de contrastes das variáveis analisadas

Não houve efeitos significativos entre as plantas de manjericão cultivadas no sistema hidropônico tipo DFT submetidas à frequência de recirculação de 4 e 6 horas e àquelas produzidas em sistema NFT com frequência de recirculação da solução nutritiva de 15 minutos para todas as variáveis de crescimento e produção de fitomassa, bem como para a taxa de crescimento absoluto ($p > 0,05$). Esse resultado possibilita ao agricultor a escolha do sistema que proporcione uma maior economia nos custos de produção, como a energia elétrica, por meio de um maior intervalo de recirculação da solução nutritiva. Esses resultados concordam com o verificado por Walters e Currey (2015), que não encontraram diferenças

significativas no crescimento do manjericão, nos sistemas NFT e DFT, sob as mesmas condições de produção.

CONCLUSÕES

A redução da frequência de recirculação da solução nutritiva para seis horas não ocasiona reduções significativas no consumo hídrico, no crescimento, na produção de fitomassa e na taxa de crescimento absoluto do manjericão cv. Toscano Folha de Alface;

O consumo hídrico, o crescimento, a produção de fitomassa e a taxa de crescimento absoluto do manjericão reduz com a utilização da solução nutritiva salina, de 40 e 80 mM de NaCl;

A escolha do sistema hidropônico DFT ou NFT não ocasiona alterações no crescimento e na produção de fitomassa, do manjericão cv. Toscano Folha de Alface, nas condições estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, n.1, p.3-16, 2004.

BARBOSA, D. C. A.; PRADO, M. C. G. Quantitative analysis of the growth of *Parkinsonia aculeata* L. in a greenhouse. *Phyton*. **Revista Internacional de Botânica Experimental**, v.52, n.1, p. 17-26. 1991.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; SOARES FILHO, W. D. S.; CASTRO NETO, M. D.; COELHO, E. F.; DIAS, A. T.; PAES, R. A. Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limoeiro 'Cravo' submetido a estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p.528-531, 2003.

FAVORITO, P. A.; ECHER, M. M.; OFFEMANN, L. C.; SCHLINDWEIN, M. D.; COLOMBARE, L. F.; SCHINEIDER, R. P.; HACHMANN, T. L. Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n. spe, p. 582-586, 2011.

FLOWERS, T.J. **Improving crop salt tolerance**. Journal of Experimental Botany, v.55, n.4, p.307-319, 2004.

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

GUIMARÃES, I. P.; OLIVEIRA, F. N.; VIEIRA, F. E. R.; TORRES, S. B. Efeito da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento inicial de plântulas de mulungu. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.137-142, 2013.

LIMA, A. L.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; LINHARES, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A.; BEZERRA, F. M. S. Tolerância da berinjela à água de irrigação. **Revista Agroambiente**, v.9, n.1, p.27-34, 2015.

LUZ, J. M.; RESENDE, R. F.; SILVA, S. M.; SANTANA, D. G.; CAMILO, J. S.; BLANK, A. F.; HABER, L.L. Produção de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. em diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Boletim Latinoamericano e Caribe de Plantas Mediciniais e Aromáticas**, v.13, n.1, p.69 - 80, 2014.

MAHAJAN, S.; TUNEJA, N. Cold, salinity and drought stresses: An overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.444, n.2, p.139-158, 20015.

MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, O. M. P.; SILVA, A. C.; CANDIDO, W. S. Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p.44-49, 2017.

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

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. **Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed.) Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza. INCT. 2010. Cap.10. p. 147-164.

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

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; NETO, P. A.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I.B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.10, p. 1047-1054, 2013.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SOARES, F. A. L.; SILVA, N. D. Eficiência do uso da água para girassol cultivado em sistema hidropônico sob estresse salino. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.4, p.342-350, 2016.

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

SILVA FILHO, J. A. **Produção e consumo hídrico da hortelã utilizando águas salobras nos sistemas hidropônicos NFT e Floating**. Cruz das Almas – BA. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014. Dissertação de Mestrado.

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

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

WALTERS, K. J.; CURREY, C. J. Hydroponic greenhouse basil production: Comparing systems and cultivars. **HortTechnology**, v. 25, n.5, p.645-650, 2015.

WANG, Y.; NIL, N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 75, n. 6, p. 623-627, 2000.

ZHU, J. K. Plant salt tolerance. **Trends in plant science**, v.6, n.2, p.66-71, 2001.

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL E ACÚMULO DE SOLUTOS DE MANJERICÃO CULTIVADO EM HIDROPÔNIA COM SOLUÇÃO NUTRITIVA SALINA¹

¹ Capítulo ajustado em artigo e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico de Pesquisa Agropecuária Brasileira

Produção de óleo essencial e acúmulo de solutos de manjeriço cultivado em hidropônia com solução nutritiva salina

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar as implicações da salinidade na produção de óleo essencial e no acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos do manjeriço cv. Toscano Folha de Alface. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, onde o primeiro fator representa os níveis de NaCl (0, 40 e 80 mM) e o segundo fator as frequências de recirculação da solução nutritiva (4 ou 6 horas) em sistema hidropônico DFT, e um tratamento adicional com solução nutritiva sem NaCl em sistema NFT. As variáveis analisadas foram teor e rendimento do óleo essencial, teores de Na^+ , Cl^- , K^+ , razão K^+/Na^+ , concentração de carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolina livres. De um modo geral, a redução da frequência de recirculação da solução nutritiva para seis horas não ocasiona efeitos significativos no teor e o rendimento do óleo essencial do manjeriço e no acúmulo dos solutos inorgânicos e orgânicos desta planta; o teor e o rendimento do óleo essencial do manjeriço produzido em hidroponia reduz com a utilização da solução nutritiva salina, de 40 e 80 mM de NaCl; as plantas de manjeriço submetidas à salinidade de 40 mM e 80 mM de NaCl acumulam maiores concentrações de Na^+ , Cl^- , bem como de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolina livres; os teores de K^+ e a razão K^+/Na^+ reduzem em função da salinidade; a planta de manjeriço tem capacidade de se ajustar osmoticamente, com acúmulo dos solutos orgânicos nas folhas e raízes; a produção do manjeriço no sistema hidropônico DFT ou NFT não ocasiona alterações significativas nas variáveis analisadas.

Palavras chave: Hidroponia, estresse salino, *Ocimum basilicum* L.

Production of essential oil and accumulation of basil solutes grown in hydroponics with saline nutrient solution

Abstract: The objective of this work was to evaluate the implications of salinity in the production of essential oil and in the accumulation of inorganic and organic solutes of basil cv. Toscano Folha de Alface. The experimental design was completely randomized, in a factorial scheme $3 \times 2 + 1$, where the first factor represents NaCl levels (0, 40 and 80 mM) and the second factor the recirculation frequencies of the nutrient solution (4 or 6 hours) in hydroponic DFT system, and an additional treatment with nutrient solution without NaCl in NFT system. The variables analyzed were Na^+ , Cl^- , K^+ , K^+/Na^+ , soluble carbohydrates, free amino acids, soluble proteins and free proline contents. In general, reducing the frequency of recirculation of the nutrient solution to six hours does not cause significant effects on the content and yield of the basil essential oil and on the accumulation of the inorganic and organic solutes of this plant; the content and yield of basil oil produced in hydroponics reduced with the use of saline nutrient solution, 40 and 80 mM NaCl; basil plants subjected to salinity of 40 mM and 80 mM NaCl accumulate higher concentrations of Na^+ , Cl^- , as well as soluble carbohydrates, soluble proteins, free amino acids and free proline; the contents of K^+ and the K^+/Na^+ ratio decrease as a function of salinity; the basil plant has the ability to adjust osmotically, with accumulation of the organic solutes in the leaves and roots; the production of basil in the hydroponic system DFT or NFT does not cause significant alterations in the analyzed variables.

Key words: Hydroponics, saline stress, *Ocimum basilicum* L.

INTRODUÇÃO

O acúmulo de sais solúveis na água é um fator limitante para o desenvolvimento e produtividade das plantas, em regiões áridas e semiáridas do mundo. No Brasil a salinização do solo é verificada em todo país, acontecendo especialmente na região Nordeste, onde aproximadamente, 91.000 Km² encontram-se afetados pela salinidade (RIBEIRO et al., 2010), o que leva à busca de técnicas para uso mais eficiente da água e também para o aproveitamento de águas de qualidade inferior (SILVA et al., 2016), como a água salina.

De acordo com algumas pesquisas, as plantas respondem à salinidade sequestrando íons tóxicos nos vacúolos e acumulando os solutos compatíveis no citoplasma para equilibrar a diminuição do potencial de água (DI MARTINO et al., 2003) e dessa forma realizar o ajuste osmótico (WILLADINO e CAMARA, 2010).

Dentre os solutos orgânicos envolvidos neste ajuste, destacam-se os carboidratos solúveis e aminoácidos livres (SILVA et al., 2009), as prolinas livres e as proteínas solúveis (MENDES et al., 2011). Contudo, apesar da importância dos solutos orgânicos e inorgânicos para a integridade celular das plantas submetidas ao estresse salino, estudos apontam para a redução da produtividade como consequência da toxidez iônica (PARIRAH et al., 2015).

Desse modo, ressalta-se a importância da adoção de práticas que visem minorar os efeitos do excesso de sais nas plantas, bem como permitir a produção agrícola de forma econômica. Nesse contexto, a técnica hidropônica têm se constituído em uma das tecnologias que possibilita o cultivo de plantas na presença de sais, isso porque neste sistema o potencial matricial tende a ser zero o que possibilita o aumento da disponibilidade da água para as culturas e o desenvolvimento destas, mesmo sob estresse salino (SANTOS JUNIOR et al., 2011).

A maioria dos experimentos conduzidos em hidroponia com águas salina no Brasil tem focado em hortaliças folhosas como o coentro (SILVA et al., 2016) e principalmente a alface (COVA et al., 2017). Apesar disso, Bione et al. (2014) relatam que outras culturas são importantes para a diversificação do cultivo hidropônico, como o manjericão.

O manjericão (*Ocimum basilicum* L.) pertencente à família Lamiaceae é conhecido por ser uma planta aromática que pode ser utilizado para produção de

folhas frescas e secas e para obtenção do óleo essencial (FILIP et al., 2014). O óleo essencial do manjeriço é bastante valorizado no mercado internacional pelo alto teor de linalol, metabólito secundário muito importante para a indústria de perfumaria e cosmético (PEREIRA e MOREIRA, 2011).

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade no teor e rendimento do óleo essencial e no acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos do manjeriço cv. Toscano Folha de Alface.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do tipo arco, no período de novembro a dezembro de 2015, na Unidade Experimental do Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS) e nos laboratórios de Bioquímica e Fitoquímica, entre os meses de janeiro a fevereiro de 2016, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas – Bahia, com coordenadas geográficas de 12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 + 1, onde o primeiro fator representa as concentrações de NaCl (0, 40 e 80 mM) adicionados à solução nutritiva e o segundo fator as frequências de recirculação da solução nutritiva (4 ou 6 horas) em sistema hidropônico DFT, e um tratamento adicional com solução nutritiva sem NaCl em sistema NFT, perfazendo um total de 7 tratamentos e três repetições, em 21 parcelas experimentais.

As mudas da cultivar Manjeriço Toscano Folha de Alface, foram feitas por meio de sementeira em fibra de coco alocada em copos plásticos com capacidade de 80 mL. Após a emergência as mudas foram irrigadas com solução nutritiva para hortaliças folhosas (FURLANI, 1998) diluída a 50%, e após 21 dias foram transplantadas para os sistemas hidropônicos.

Utilizou-se os sistemas hidropônicos DFT, com declividade nula, e o NFT com inclinação de 4% nos canais de cultivos. Os perfis hidropônicos usados foram compostos por tubulações de PVC com 75 mm de diâmetro e 6 m de comprimento. Cada unidade hidropônica foi constituída por uma eletrobomba, que recalcou a solução nutritiva de um reservatório de plástico azul com capacidade de 55 L, até

o perfil hidropônico. As plantas foram cultivadas no espaçamento de 0,40 m entre os tubos x 0,30 m entre as plantas.

A solução nutritiva utilizada foi elaborada de acordo com a recomendação de Furlani (1998), para culturas folhosas com condutividade elétrica de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ quando preparada com água de abastecimento ($\text{CE} = 0,34 \text{ dS m}^{-1}$). Para preparar a água salina que compôs a solução nutritiva de alguns tratamentos, foi acrescentada na água de abastecimento diferentes quantidades (em gramas) de NaCl, desse modo as concentrações empregadas foram 0, 40 e 80 mM de NaCl, correspondentes a condutividades elétricas de aproximadamente 2, 6 e 10 dS m^{-1} , respectivamente, que representa o somatório da solução nutritiva ($2,0 \text{ dS m}^{-1}$) com as concentrações de NaCl.

A frequência de recirculação da solução nutritiva no sistema DFT foi realizada no período diurno às 6:00, 10:00, 14:00 e 18:00 no intervalo de 4 horas e às 6:00, 10:00, 14:00 e 18:00 no intervalo de 6 horas. No período noturno o horário da recirculação da solução nutritiva para as frequências de 4 e 6 horas foi às 24:00 horas.

No sistema hidropônico em NFT a solução nutritiva foi aplicada na frequência de 15 minutos, sendo que no período diurno a aplicação ocorreu das 6:00 às 19:00 horas, com recirculação de 15 minutos com intervalo de 15 minutos cada. No período noturno, a recirculação da solução foi realizada duas vezes, às 22:00 e 03:00 horas, ficando o sistema ligado por 15 min.

Em ambos os sistemas, o controle da aplicação da solução foi realizado com auxílio de um temporizador digital.

Para fins de controle da solução nutritiva foram monitoradas, a cada dois dias, a condutividade elétrica e o pH da solução. A condutividade elétrica da solução foi avaliada com um condutímetro portátil e o pH foi monitorado com o auxílio de um medidor de pH portátil e seu controle foi efetuado sempre que necessário com hidróxido de cálcio, visando manter a solução nutritiva com o pH na faixa de 5,5 a 6,5.

A colheita das plantas de manjeriço foi realizada aos 30 DAT, às folhas destas foram colocadas em estufa de ventilação forçada a $45 \text{ }^\circ\text{C}$ até atingir um peso constante, e posteriormente foi realizado a extração do óleo essencial.

O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação, utilizando o aparelho Clevenger adaptado a um balão de 5 L, onde foi colocada uma amostra de 30g das

folhas secas, juntamente com 1 L de água deionizada. O processo de extração foi conduzido durante 2 horas, contadas a partir da condensação do hidrolato. Após esse período, o óleo extraído foi colocado em um becker, onde adicionou-se o sulfato de sódio anidro, para absorver as moléculas de água presente. Posteriormente, com o auxílio de uma pipeta do tipo Pasteur, o óleo foi acondicionado em recipientes de vidro etiquetado, envoltos em papel alumínio e armazenados sob refrigeração.

Após a extração determinou-se o teor e o rendimento de óleo essencial. O teor e o rendimento do óleo essencial foi calculado, respectivamente pela Equação 1 e 2, de acordo com Alves et al. (2015).

$$To = \left(\frac{Vo}{MS - \left(\frac{MS \times U}{100} \right)} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que:

To - Teor de óleo (%); Vo - Volume de óleo extraído; MS - massa da matéria seca das folhas utilizada para extração, em g; $MS \times U/100$ = quantidade de umidade ou água presente na massa da matéria seca; $MS - (MS \times U)$ = quantidade de massa da matéria seca, isenta de água ou livre de umidade e 100 = fator de conversão para percentagem.

$$Ro = \frac{To \times MS}{100} \quad (2)$$

em que:

Ro - rendimento de óleo essencial produzido, mL por planta; To - teor de óleo essencial, mL por 100 g; MS - massa da matéria seca das folhas do manjeriço, g por planta.

A determinação dos solutos orgânicos e inorgânicos foram realizadas aos 18 e 30 dias após o transplântio (DAT). Para a análise dos solutos inorgânicos coletou-se folhas, caules e raízes das plantas de manjeriço e estas foram secas à 65 °C em estufa de ventilação forçada por 72 horas. Para a determinação dos teores de sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e cloreto (Cl⁻), os extratos brutos foram preparados como descrito por Jones (2001). A determinação dos teores de Na⁺ e o K⁺ foi feito por fotometria de chama (FAITHFULL, 2002) e o Cl⁻ por espectrofotometria (JONES, 2001).

As análises dos solutos orgânicos foram realizadas no primeiro par de folhas totalmente expandidas e nas amostras do terço inferior das raízes. As amostras de

folhas e raízes coletadas foram congeladas e armazenadas neste ambiente até o momento da liofilização. Após a liofilização do material, iniciou-se o preparo do extrato bruto que foi obtido macerando-se, em um almofariz, 100 mg de tecidos liofilizados, com 6 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M, pH 7,0, contendo EDTA 0,1 mM.

As determinações de carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolinas livres foram realizadas conforme, Dubois et al (1956), Yemm & Cocking (1955), Bradford (1976) e Bates et al (1973), respectivamente.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, avaliou-se a significância dos tratamentos mediante teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e teste de comparação de médias pelo teste Tukey. Para comparação do tratamento adicional com os demais tratamentos realizou-se contrastes ortogonais de médias ao nível de 0,05 de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito da interação frequências de recirculação x concentrações de NaCl, bem como para o fator isolado frequências de recirculação ($p > 0,05$), para todas as variáveis analisadas. As concentrações de NaCl afetaram o teor e rendimento do óleo essencial e o acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos das plantas de manjeriço ($p < 0,05$).

Teor e rendimento do óleo essencial

Houve efeito significativo da concentração de NaCl no teor do óleo do manjeriço ($p < 0,05$), assim, ao comparar os resultados obtidos na salinidade de 0 mM com as 40 e 80 mM de NaCl nota-se reduções de, respectivamente, 13,86 e 29,04% (Figura 1 A).

Bressan (2015), ao analisar a produção de óleo essencial do manjeriço verificou uma redução de 21,05% quando a salinidade foi de 30 mM.

A diminuição do teor do óleo em função do aumento da concentração de NaCl, deve-se a redução da concentração de óleo essencial nos tecidos das plantas em função do estresse salino. De acordo com Charles et al. (1990), o excesso de íons como o Na^+ e o Cl^- pode reduzir a concentração de óleo essencial

indiretamente por meio de seus efeitos na assimilação líquida ou na partição de assimilados entre os processos de crescimento e diferenciação celular.

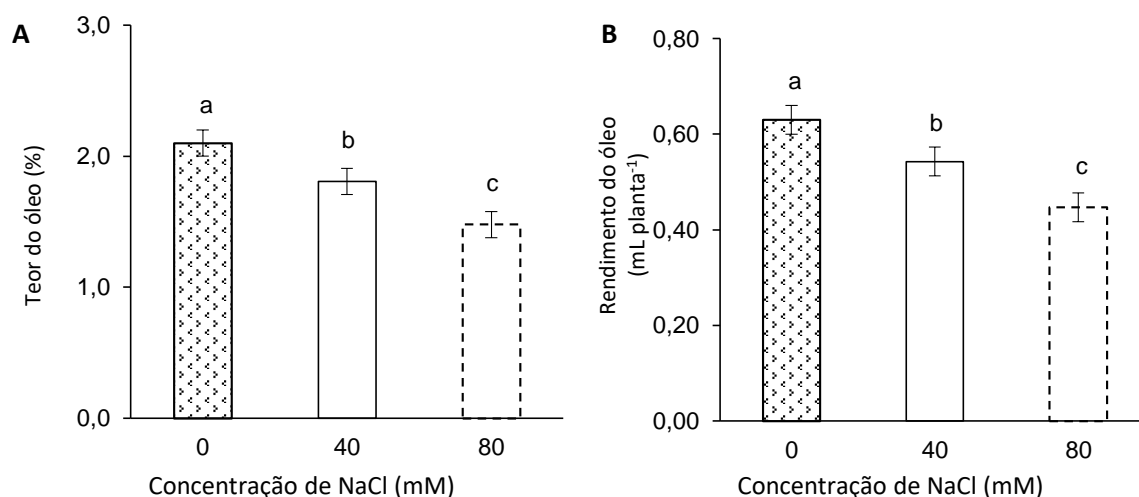


Figura 1- Teor (A) e rendimento (B) do óleo essencial do manjericão, sob diferentes concentrações NaCl. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Além disso, a formação e acumulação do óleo nas plantas também foi atribuída à ação de fatores ambientais, tais como: temperatura, luminosidade, nutrição mineral das plantas (MORAIS, 2009) e desse modo, pode-se afirmar que a formação e acumulação de óleo essencial nos tecidos das plantas resulta do crescimento e do desenvolvimento das plantas produtoras de óleo.

Observou-se efeito significativo das concentrações de NaCl analisadas no rendimento do óleo essencial do manjericão ($p < 0,05$), desse modo verificou-se uma diminuição desta variável 13,80% entre os níveis salinos de 0 a 40 mM, e de 29,68 % entre 0 e 80 mM (Figura 1 B).

Resultados de maiores decréscimos foram observadas por Carrasco et al. (2007), que verificaram uma redução de 50% do rendimento do óleo essencial do manjericão hidropônico ao comparar a condutividade elétrica de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ com a $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. Alves et al. (2015), verificou uma redução unitária, do rendimento do óleo de manjericão, de 12,93 % a cada acréscimo de concentração salina.

Acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos

Foi observado nos órgãos de manjeriço avaliados, um maior acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- (Figura 2), bem como dos carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolinas livres com o aumento da salinidade (Figura 4). Em contrapartida, os teores de K^+ e a razão K^+/Na^+ diminuíram com incremento do NaCl na solução nutritiva (Figura 3).

Observa-se, que houve efeito significativo do aumento das concentrações de NaCl no acúmulo do Na^+ ($p < 0,05$), aos 18 e 30 DAT. Deste modo, ao relacionar a maior salinidade (80 mM) com a menor (0mM) nas folhas, caules e raízes de manjeriço, verifica-se um acréscimo deste soluto de, respectivamente, 8,34, 4,69 e 3,42 vezes, aos 18 DAT. Aos 30 DAT, o aumento dos teores de Na^+ das folhas, caules e raízes do manjeriço foram de respectivamente 5,85, 4,42 e 3,81 vezes maior quando compara-se as concentrações de 80 e 0 mM de NaCl (Figuras 2 A, B e C).

Ainda assim, avaliando os valores médios obtidos, observa-se que houve um maior acúmulo do Na^+ nas folhas, seguidos dos caules e raízes das plantas de manjeriço. Esses resultados sugerem a ausência de mecanismos eficientes de exclusão do Na^+ após o processo de absorção, uma vez que o transporte deste cátion pela corrente transpiratória resultou em acúmulo de Na^+ na parte aérea das plantas.

Quando acumulado nos tecidos o Na^+ se torna altamente tóxico alterando o metabolismo celular, e conseqüentemente o crescimento das plantas (MEKAWY et al., 2015), fato observado neste trabalho.

Houve efeito significativo do aumento da concentração salina na solução nutritiva sobre os teores de Cl^- nos órgãos das plantas do manjeriço ($p < 0,05$), aos 18 e 30 DAT. Comparando os resultados encontrados na concentração de 80 com a de 0 mM de NaCl, observa-se que nas folhas, caules e raízes do manjeriço houve um acréscimo de, respectivamente 5,46, 5,13 e 2,81 vezes, aos 18 DAT e 5,72, 5,28 e 3,49 vezes, aos 30 DAT, nesta ordem (Figuras 2 C, D e E).

Desse modo, nota-se uma maior concentração deste íon nos tecidos das folhas e caules, quando comparada às das raízes. Este resultado concorda com o encontrado por Bernstein et al. (2010), que ao analisarem as médias das concentrações do Cl^- nos órgãos das plantas de manjeriço doce, verificaram que o maior acúmulo, ocorreu nas folhas, seguida dos caules e raízes.

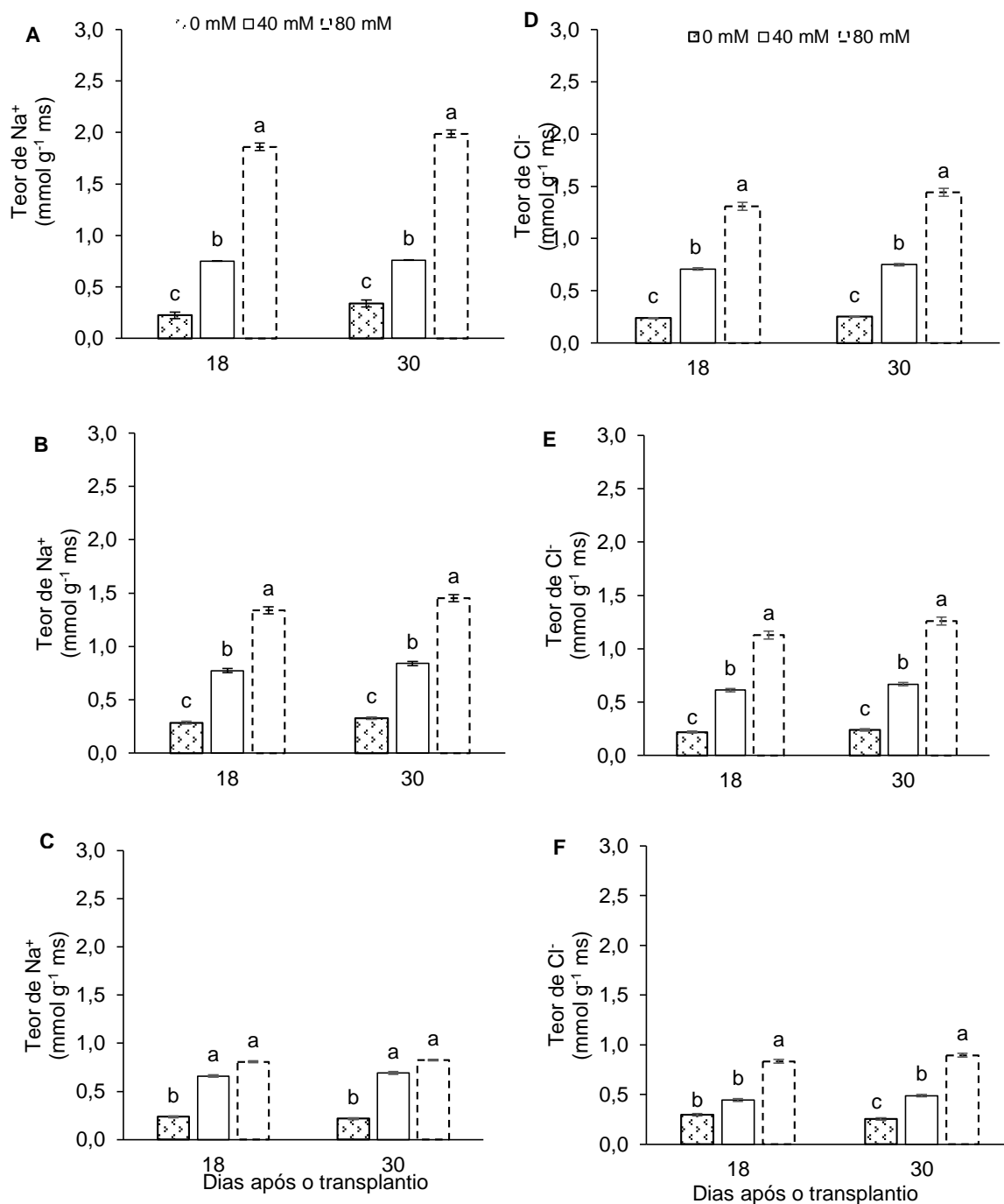


Figura 2 - Teores de Na⁺ e Cl⁻ nas folhas (A e D), caules (B e E) e raízes (C e F) em plantas de manjeriço submetidas a diferentes concentrações de NaCl, aos 18 e 30 dias após o transplante. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O cloreto desloca-se facilmente com a água da solução nutritiva, sendo absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração.

Assim, considerando que os maiores teores de Na^+ e Cl^- foram observados nas folhas, os resultados obtidos neste trabalho sugerem que as plantas de manjeriço não apresentam restrição ao transporte destes íons para este órgão. As maiores concentrações de Na^+ e Cl^- observadas neste estudo, possivelmente ocasionaram efeitos tóxicos nas plantas de manjeriço, observadas visivelmente neste estudo pelo amarelecimento das folhas mais velhas e indiretamente pela redução da produção de óleo (Figura 1).

Não houve efeito significativo entre as concentrações de NaCl de 40 e 80 mM para os teores de K^+ ($p > 0,05$) nos órgãos avaliados, no entanto verificou-se significâncias estatísticas ($p < 0,05$) entre as salinidades de 0 e 80 mM, com decréscimo nas folhas, caules e raízes de 2,07, 1,96 e 1,88 vezes, aos 18 DAT e de 1,98, 2,08 e 1,78 vezes, aos 30 DAT, nesta ordem (Figuras 3 A, B e C).

A redução dos teores de K^+ nas folhas, caules e raízes do manjeriço pode ser um indicativo da ocorrência de antagonismo entre os íons K^+ e Na^+ , uma vez que o excesso de Na^+ na solução nutritiva provavelmente favoreceu a sua absorção em detrimento à do K^+ .

Esse antagonismo frequentemente resulta na diminuição dos teores de K^+ , levando à desequilíbrios metabólicos nas plantas (MEKAWY et al., 2015), no entanto durante o período de avaliação deste experimento não foram evidenciados sintomas visuais de deficiência de K^+ nas plantas de manjeriço.

Esses resultados demonstram a importância da avaliação dos solutos inorgânicos nas plantas expostas ao estresse salino, uma vez que, mesmo sem sintomas visuais, os teores de K^+ do manjeriço submetido à salinidade de 40 e 80 mM de NaCl foram inferiores aos encontrados nas plantas cultivadas com concentração de NaCl de 0 mM.

Os resultados encontrados corroboram com o verificado em algumas pesquisas, que observaram a redução dos teores de K^+ nos órgãos vegetais de manjeriço submetidos à salinidade (BRESSAN, 2011 e MENEZES, 2017). Farias (2008) afirma que a diminuição do teor de K^+ em ambientes salinos, constitui-se um complicador adicional para o desenvolvimento das plantas, uma vez que, em algumas situações, este íon, é o principal nutriente responsável pela manutenção de um elevado potencial osmótico nas raízes, e esta é uma estratégia fundamental para a absorção de água e manutenção dos tecidos hidratados sob condições salinas.

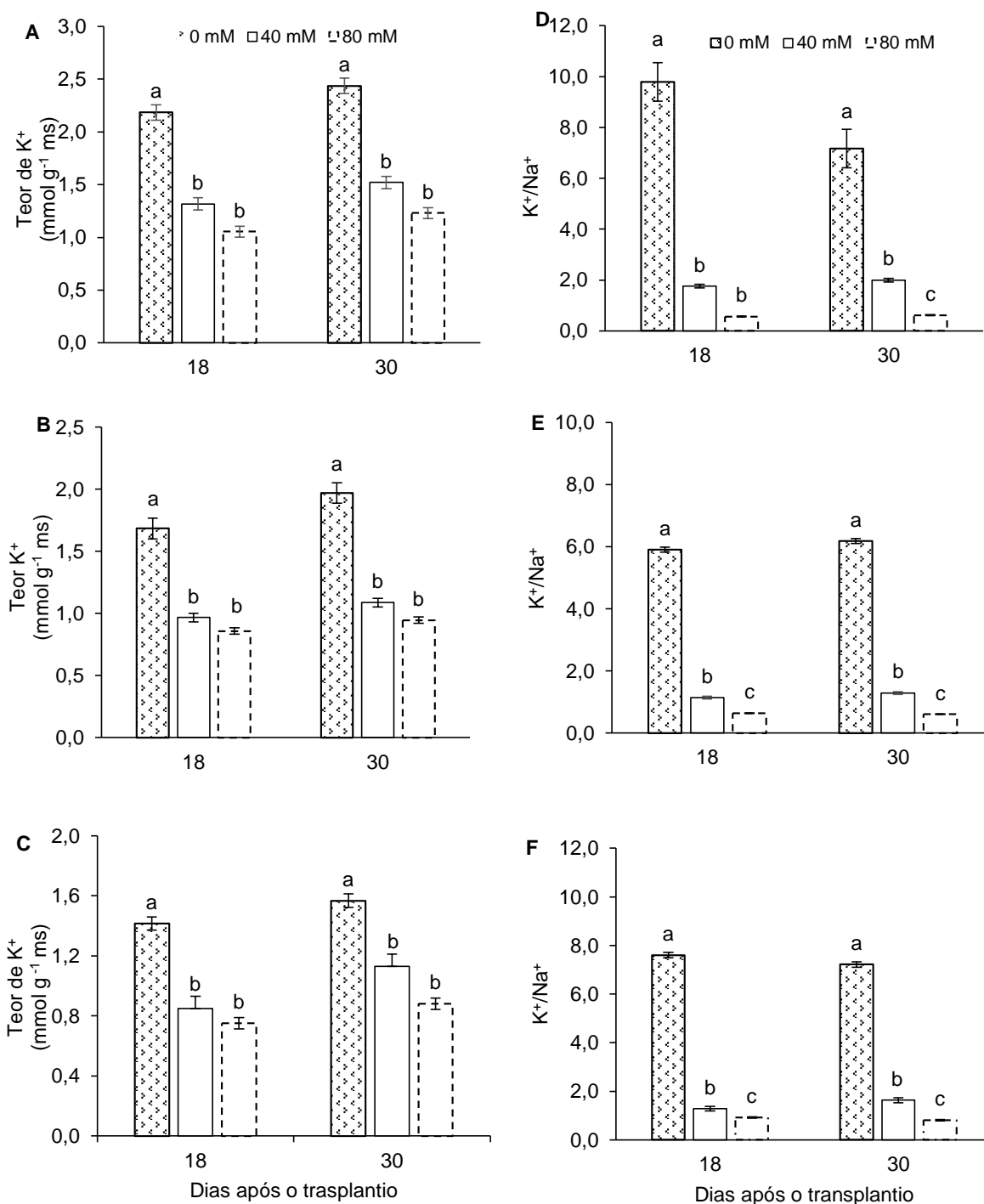


Figura 3 - Teores de K⁺ e razão K⁺/Na⁺ nas folhas (A e D), caules (B e E) e raízes (C e F) em plantas de manjeriço submetidas a diferentes concentrações de NaCl, aos 18 e 30 dias após o transplante. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve efeito significativo do aumento da salinidade na razão K⁺/Na⁺ ($p < 0,05$) nas folhas, caules e raízes de manjeriço, aos 18 e 30 DAT (Figuras 3 D, E e F).

Assim, ao comparar os resultados obtidos na salinidade de 40 e 80 mM com a de 0 mM de NaCl aos 18 DAT, nota-se reduções de respectivamente, 5,58, 5,14 e 5,26 vezes e de 17,27, 9,20 e 8,28 vezes nas folhas, caules e raízes, nesta sequência. Aos 30 DAT a diminuição da razão K^+/Na^+ nas folhas, caules e raízes do manjeriço foram de respectivamente, 3,58, 4,78 e 4,42 vezes entre as concentrações de 0 e 40 mM e de 11,57, 10,16 e 8,83 vezes ao relacionar as plantas submetidas à salinidade de 80 com a 0 mM de de NaCl.

A redução da razão K^+/Na^+ nas plantas de manjeriço sob estresse salino foi resultante do aumento da absorção de Na^+ associada à diminuição da absorção de K^+ , como consequência do possível antagonismo entre estes íons.

No presente trabalho, o acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- e a diminuição do K^+ e da razão K^+/Na^+ em plantas submetidas à salinidade, indica que as concentrações salinas de 40 e 80 mM de NaCl ocasionaram toxidez nas plantas por excesso de sais absorvidos.

Observa-se que houve efeito significativo do incremento da salinidade no teor de carboidratos solúveis nas folhas e raízes do manjeriço ($p < 0,05$), aos 18 e 30 DAT (Figuras 4 A e B).

Nas folhas, quando se compararam as concentrações de 40 e 80 mM com a 0 mM de NaCl, notou-se um aumento dos teores de carboidratos solúveis, e este foi da magnitude de, respectivamente, 38,88 e 80,25 %, aos 18 DAT e 48,61 e 82,17 %, aos 30 DAT, nesta ordem (Figura 4 A). Nas raízes, ao relacionar a salinidade de 40 e 80 mM com a de 0mM NaCl, nota-se um acréscimo deste soluto de, respectivamente, 26,53 e 71,36%, aos 18 DAT e 56,44 e 75,57%, aos 30 DAT. (Figura 4 B).

De acordo com Lacerda et al. (2001), o aumento nos teores de carboidratos solúveis nas folhas pode ser um mecanismo que contribui para a tolerância ao estresse, pois aumentos nos teores deste soluto estão relacionados à manutenção do equilíbrio osmótico da célula, visando manter o nível de água necessário para promover do crescimento da planta.

Observa-se que as plantas cultivadas com solução nutritiva salina tiveram um maior incremento deste soluto. Deste modo, estes resultados indicam que, possivelmente, o aumento da concentração de carboidratos das plantas estressadas esteja relacionado ao ajuste osmótico.

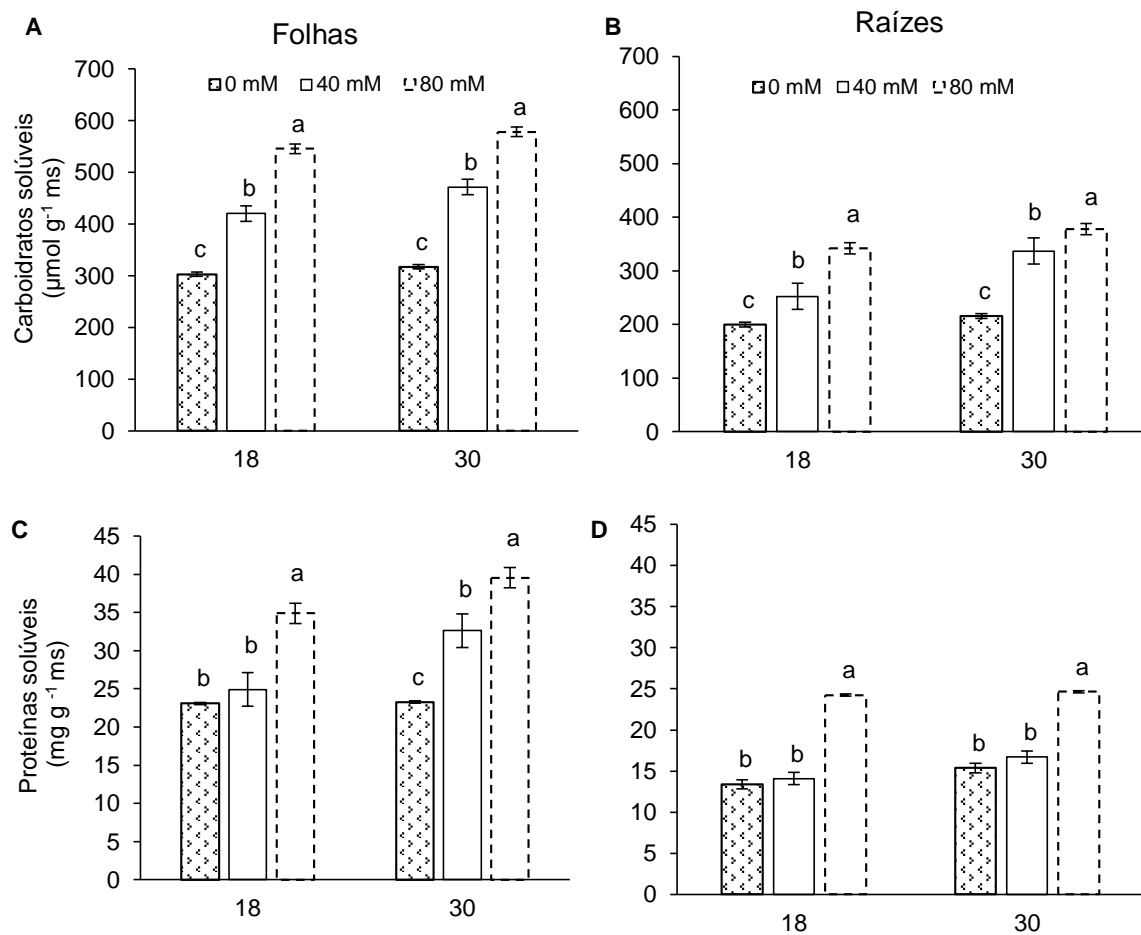


Figura 4 - Teores de carboidratos solúveis (A e B) e proteínas solúveis (C e D) em folhas e raízes de manjericão sob diferentes concentrações de NaCl, aos 18 e 30 dias após o transplante. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O ajustamento osmótico possibilita a absorção de água para as plantas em condições salinas, desse modo a manutenção da turgescência permite que a fotossíntese e outras importantes atividades fisiológicas sejam mantidas, mesmo que baixas, possibilitando a redistribuição de carbono e nitrogênio nas plantas (CHAVES FILHO e SERAPHIN, 2001).

Houve efeito significativo da concentração de NaCl nos teores de proteínas solúveis ($p < 0,05$) nas folhas e raízes de manjericão, aos 18 e 30 DAT (Figuras 4 C e D). Nas folhas, aos 18 DAT, ao relacionar a concentração de NaCl de 80 com a de 0 mM, nota-se um aumento do teor de proteínas solúveis de 51,16%. Aos 30 DAT, ao comparar os resultados das salinidades de 40 e 80 mM com o obtido no nível sem NaCl, observa-se que houve um acréscimo e este foi da magnitude de, respectivamente, 40,15 e 69,95% (Figura 4 C).

Nota-se que nas raízes ao relacionar as concentrações de NaCl de 80 mM com a de 0 mM, verifica-se um aumento do teor de proteínas solúveis de 80,97 e 60,36%, respectivamente, aos 18 e 30 DAT (Figura 4 D).

Os resultados encontrados concordam com os de outros autores que trabalhando com diferentes culturas como o sorgo (OLIVEIRA et al., 2006) e pinhão manso (CUNHA et al., 2013) observaram um incremento nos teores de proteínas solúveis com o aumento da salinidade.

Embora seja frequente a diminuição do teor de proteínas solúveis em plantas submetidas ao estresse salino, em virtude da diminuição da síntese proteica ou pelo aumento da proteólise (PARIDA e DAS, 2002), sabe-se que muitas plantas têm sua síntese estimulada pelo estresse salino (CALVET et al., 2012).

Para Tester e Davenport (2003), o aumento de proteínas pode ter ocorrido, pelo fato do estresse salino, mesmo causando a quebra de algumas proteínas, estimula à síntese de muitas outras nas folhas, como deidrinhas, que são importantes para manter a estrutura de outras proteínas, fazer a estabilização das membranas celulares e a sinalização de respostas à salinidade.

Dessa forma, os resultados encontrados indicam que os teores de proteínas presentes no manjeriço refletem a capacidade destas plantas em se aclimatarem em condições salinas, contribuindo com o ajuste osmótico destas plantas.

Houve efeito significativo do aumento da salinidade no teor de aminoácidos livres ($p < 0,05$), nas folhas e raízes de manjeriço, aos 18 e 30 DAT (Figura 5 A e B). Nas folhas do manjeriço, ao comparar os resultados obtidos na salinidade de 0 mM com a de 40 e 80 mM NaCl, nota-se um incremento do teor de aminoácidos livres de, respectivamente, 20,58 e 32,27%, aos 18 DAT e de 14,33 e 35,56 %, aos 30 DAT (Figura 5 A).

Nas raízes, nota-se que aos 18 DAT, as concentrações de 0 e 40 mM de NaCl, não apresentaram efeitos significativos, assim, ao relacionar a concentração de NaCl de 80 com a de 0 mM, nota-se um aumento de 35,57%. Aos 30 DAT, ao comparar os resultados do nível salino de 40 e 80 mM com o de 0mM verifica-se um acréscimo deste soluto de 19,36 e 31,45 %. (Figura 5 B).

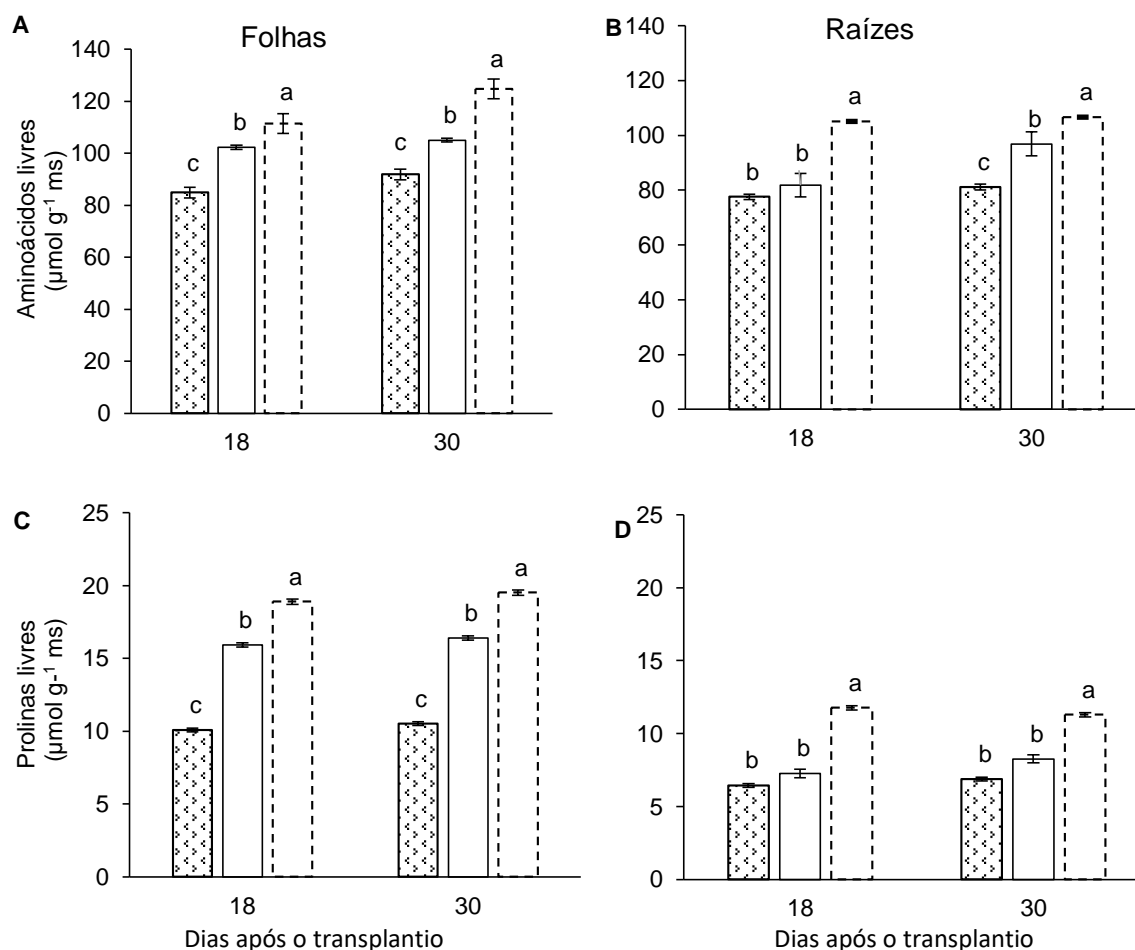


Figura 5 - Teores de aminoácidos livres (A e B) e prolínas livres (C e D) em folhas e raízes de manjericão sob diferentes concentrações de NaCl, aos 18 e 30 dias após o transplântio. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com Feijão et al. (2011), o acúmulo de aminoácidos livres em plantas sob estresse salino é comumente relacionado à tolerância destas a salinidade, pela capacidade desse soluto contribuir para o ajuste osmótico. Possivelmente o acúmulo de solutos orgânicos (como os carboidratos solúveis e os aminoácidos livres) e inorgânicos (como o K^+) nos tecidos das plantas ocasiona uma diminuição no potencial osmótico da célula levando a absorção de água e a geração de um potencial hídrico mais baixo (WILLADINO e CAMARA, 2010; TAIZ e ZAIGER, 2013), o que é benéfico para as atividades vitais das plantas.

Houve efeito significativo do aumento da concentração de NaCl nos teores de prolina livres ($p < 0,05$) nas folhas e raízes de manjeriço, aos 18 e 30 DAT (Figuras 5 C e D).

Nas folhas, comparando o níveis de 40 e 80 mM com o de 0 mM de NaCl, nota-se um acréscimo deste soluto de, respectivamente 57,82 e 87,31% aos 18 DAT e de 56,19 e 85,55% aos 30 DAT (Figura 5 C). Nas raízes do manjeriço, não foram encontradas significância estatísticas nos teores de prolina livres entre os níveis de 0 e 40 mM, aos 18 e 30 DAT. Contudo, a concentração de NaCl de 80 mM diferiu estatisticamente das demais e assim, ao relacionar com a de 0 mM, verifica-se um aumento do teor de prolina de 82,53% aos 18 DAT e de 64,36% aos 30 DAT (Figura 5 D).

Maia et al. (2007) afirmaram que, em condições semelhantes de estresse, as plantas mais tolerantes sintetizam maior quantidade de prolina quando comparadas com plantas sensíveis, atuando como importante indicador de tolerância. O incremento nos teores de prolina livres observado nas plantas de manjeriço submetidas à salinidade, confirma o importante papel osmorregulador dessa substância, uma vez que vários relatos científicos indicam que plantas que acumulam esse aminoácido conseguem reduzir os efeitos deletérios do NaCl nas plantas (SOUZA et al., 2014 e COVA, 2016).

Estimativas de contrastes das variáveis analisadas

Não foram encontrados efeitos significativos entre as plantas de manjeriço produzidas no sistema hidropônico DFT expostas aos intervalos de recirculação da solução nutritiva de 4 e 6 horas e àquelas produzidas em sistema NFT com frequência de recirculação da solução nutritiva de 15 minutos para todas as variáveis de produção do óleo essencial e acúmulo de solutos ($p > 0,05$). Assim, observa-se que as diferentes frequências de recirculação empregadas, 15 minutos, 4 e 6 horas, não influenciaram às plantas de manjeriço da cv. Toscano Folha de Alface, nas condições estudadas.

CONCLUSÕES

A redução da frequência de recirculação da solução nutritiva para seis horas não ocasiona efeitos significativos no teor e o rendimento do óleo essencial do

manjeriço cv. Toscano Folha de Alface, e no acúmulo dos solutos inorgânicos e orgânicos desta planta;

O teor e o rendimento do óleo essencial do manjeriço hidropônico cv. Toscano Folha de Alface reduz com a utilização da solução nutritiva salina de 40 e 80 mM de NaCl;

As plantas de manjeriço submetidas à salinidade de 40 mM e 80 mM de NaCl acumulam maiores concentrações de Na⁺ e Cl⁻, bem como de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolina livres; os teores de K⁺ e a razão K⁺/Na⁺ reduzem em função da salinidade;

A planta de manjeriço tem capacidade de se ajustar osmoticamente, com acúmulo dos solutos orgânicos nas folhas e raízes como estratégia para tolerar e reduzir os efeitos deletérios do NaCl;

A escolha do sistema hidropônico DFT ou NFT não ocasiona alterações no teor e o rendimento do óleo essencial, bem como no acúmulo dos solutos inorgânicos e orgânicos do manjeriço cv. Toscano Folha de Alface, nas condições estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L.S.; PAZ, V.P.S.; SILVA, A.J.P.; OLIVEIRA, G.X.S.; OLIVEIRA, F.E.R.; AMORIM, E.L. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de plantas de manjeriço submetidas ao estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, p.807-813, 2015.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n.1, p. 205-207, 1973.

BERNSTEIN, N.; KRAVCHIK, M.; DUDAI, N. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Ocimum basilicum*) in relation to alterations of morphological development. **Annals of Applied Biology**, v. 156, n.2, p. 167-177, 2010.

BIONE, M. A. A.; PAZ, V. P. S.; SILVA, F.; RIBAS, R. F.; SOARES, T. M. Growth and production of basil in NFT hydroponic system under salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1228–1234, 2014.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, n.1-2, p.246-254, 1976.

BRESSAN, D. F. **Água de reuso e seu efeito sobre parâmetros fisiológicos em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. Botucatu – SP. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2015. Tese de Doutorado.

CALVET, A. S. F.; LIMA, R. E. M.; PINTO, C. M.; FARIAS, F. C.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T. Solutos orgânicos e inorgânicos em diferentes fenofases de feijão de corda cultivado sob estresse salino. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.7, suplemento, p.761-769, 2012.

CARRASCO, G.; RAMIREZ, P.; VOGEL, H. Efecto de la conductividade eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. **Idesia**, v.25, n.2, p.59-62, 2007.

CHARLES, D.; J.; JOLY, R.; J.; SIMON, J.; E. Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. **Phytochem**, v.29, n.9, p.2837-2840, 1990.

CHAVES FILHO, J.T.; SEAPHIN, E.S. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p.199-204, 2001.

COVA, A.M.W. **Respostas fisiológicas e bioquímicas do noni (*Morinda citrifolia* L.) ao estresse salino**. Cruz das Almas - BA, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016. Tese de Doutorado.

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

CUNHA, P.C.; MENDES, B.S.S.; OLIVEIRA FILHO, R.A.; CAMARA, T.R.; WILLADINO, L.G. Crescimento, síntese de solutos orgânicos e equilíbrio iônico de plântulas de pinhão-mansô sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v.26, n. 3, p.46-52, 2013.

DI MARTINO, C.; DELFINE, S.; PIZZUTO, R.; LORETO, F.; FUGGI, A. Free amino acids and glycine betaine in leaf osmoregulation of spinach responding to increasing salt stress. **New Phytologist**, v.158, n.3, p.455-463, 2003.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de glicirídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.)).** Campina Grande- PB. Universidade Federal de Campina Grande, 2008. Dissertação de Mestrado.

FAITHFULL, N. T. **Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook.** Wallingford: CABI Publishing, 2002, p.2006.

FEIJÃO, A. R.; SILVA, J. C. B. DA; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**. v.42, n. 3, p.675-683, 2011.

FILIP, S.; VIDOVI, S.; ADAMOVIC, D.; ZEKOVIC, Z. Fractionation of non-polar compounds of basil (*Ocimum basilicum* L.) by supercritical fluid extraction (SFE). **Journal of Supercritical Fluids** v. 86, n.2, p. 85– 90, 2014.

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

JONES, J.B. **Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2001.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; RUIZ, H.A. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n. 3, p. 270-284, 2001.

MAIA, P.S.P.; OLIVEIRA NETO, C.F.; CASTRO, D.S.; FREITAS, J.M.N.; LOBATO, A.K.S.; COSTA, R.C.L. Conteúdo relativo de água, teor de prolina e carboidratos solúveis totais em folhas de duas cultivares de milho submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.2, p.918-920, 2007.

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, n.1, p. 17-25, 2015.

MENDES, B. S. S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P.C.; OLIVEIRA FILHO, R.A.; CAMARA, T.R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.

MENEZES, R.V. **Tolerância à salinidade em manjeriço sob cultivo hidropônico**. Cruz das Almas - BA, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2017. Tese de Doutorado.

MORAIS, L.; A.; S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009.

OLIVEIRA, L. A. A.; BARRETO, L. P.; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, M. V. F.; COSTA, J. C. A. Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n. 3, p.31-35, 2006.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, n. 3, p. 324-349, 2005.

PARIRAH, P.; SINGH, S.; SINGH, V.P.; PRASAD, S.M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n.6, p. 4056–407, 2015.

PEREIRA, R. C. A; MOREIRA, A. L. M. **Manjeriço: Cultivo e Utilização**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 30p. Documentos136.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 11-19, 2010.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S.; VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n.5, p. 437-445, 2009.

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

SOUZA, M. C. M. et al. Influência da matéria orgânica e do ambiente no crescimento e acúmulo de solutos em *Morinda citrifolia* submetida à salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.3, p. 704-712, 2014.

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

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, v. 91, n.5, p.503-527, 2003.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n. 11, p.2-23, 2010.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. **The determination of amino-acids with ninhydrin**. Analyst, v.80, n. 948, p.209-213, 1955.

CAPÍTULO 3

DURAÇÃO DA EXPOSIÇÃO SALINA NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DO MANJERICÃO

Duração da exposição salina no crescimento e produção hidropônica do manjericão

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a produção de fitomassa do manjericão cv. Toscano Folha de Alface submetidos à diferentes tempos de exposição ao estresse salino. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 20 unidades hidropônicas. Foram utilizados os seguintes tempos de exposição à salinidade de 60 mM de NaCl: 0, 7, 14, 21 e 28 dias. As plantas de manjericão foram cultivadas no sistema hidropônico DFT. As variáveis analisadas foram consumo hídrico, altura de plantas, número de folhas, área foliar, volume de raízes, massa da matéria seca das folhas, caules, raízes e total e razão raiz/parte aérea, taxas de crescimento absoluto e relativo e taxa assimilatória líquida. A exposição das plantas à salinidade de 60 mM de NaCl por 21 e 28 dias, ocasionaram reduções significativas no consumo hídrico, no crescimento, na produção de fitomassa, nas taxas de crescimento absoluto e relativo e na taxa assimilatória líquida do manjericão; é possível utilizar, nas condições avaliadas, a solução nutritiva salina de 60 mM de NaCl por até 14 dias sem comprometimento significativo do crescimento e da produção de fitomassa do manjericão em hidroponia, com o ciclo produtivo da cultura de 28 dias.

Palavras-chave: *Ocimum basilicum* L., estresse salino, hidroponia.

Duration of saline exposure in the growth and hydroponic production of basil

Abstract: The objective of this work was to evaluate the growth and phytomass production of basil cv. Toscano Folha de Alface submitted to different times of exposure to saline stress. The experimental design was the completely randomized, with five treatments and four replications, making a total of 20 hydroponic units. The following exposure times were used for the salinity of 60 mM NaCl: 0, 7, 14, 21 and 28 days. The basil plants were cultivated in the DFT hydroponic system. The variables analyzed were water consumption, plant height, leaf number, leaf area, root volume, dry matter mass of leaves, stems, roots and total and root / shoot ratio, absolute and relative growth rates, and assimilatory rate liquid. Plant exposure to salinity of 60 mM NaCl for 21 and 28 days resulted in significant reductions in water consumption, growth, phytomass production, absolute and relative growth rates, and net assimilation rate of basil; it is possible to use the nutrient solution of 60 mM NaCl for up to 14 days in the evaluated conditions without significant impairment of the growth and production of basilica phytomass in hydroponics, with the productive cycle of the 28 day culture.

Key words: *Ocimum basilicum* L., saline stress, hydroponics.

INTRODUÇÃO

A escassez de recursos hídricos no mundo é um problema observado, especialmente, em países que possuem grandes regiões semiáridas como o Brasil. Nesse caso, diante do quadro de baixa oferta de água potável, tornam-se imprescindíveis o desenvolvimento de pesquisas e a geração de tecnologias que permitam o uso de águas salinas na produção de alimentos (PAULUS et al., 2010).

Dentre estas técnicas, a hidroponia destaca-se como uma das tecnologias que possibilita o cultivo de plantas na presença de sais, isso porque dado ao estado de saturação e a ausência da matriz do solo, o potencial matricial é próximo a zero, fato que possibilita o aumento da disponibilidade da água às culturas e permite o desenvolvimento destas mesmo sob estresse (SANTOS JUNIOR et al., 2011).

Nos últimos anos, várias pesquisas em hidroponia vêm sendo conduzidas com algumas hortaliças folhosas, visando evidenciar a viabilidade desta técnica na produção de plantas em condições salinas (SILVA et al., 2016; AQUINO et al., 2017). Entretanto, é necessário investir em pesquisas com outros tipos de culturas, visando garantir outras opções de diversificação para os agricultores.

Nesse contexto, o manjeriço destaca-se por ser uma planta condimentar, medicinal e aromática, que apresenta substâncias de interesse para as indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética e também para a medicina tradicional, principalmente devido ao teor e composição química do seu óleo essencial (HANIF, et al., 2011)

Em virtude de seus múltiplos usos existe um grande interesse na produção comercial de manjeriço na região Nordeste (BLANK et al., 2010), contudo grande parte destas localidades apresentam limitações para a produção agrícola em virtude da salinidade. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar, em condições hidropônicas, os efeitos de diferentes tempos de exposição à salinidade, sobre o crescimento e a produção de fitomassa em plantas de manjeriço.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do tipo arco, no período de setembro a outubro de 2016, na Unidade Experimental do Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB),

no município de Cruz das Almas – Bahia, com as coordenadas geográficas de 12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m.

Durante o experimento a temperatura do ar na casa de vegetação oscilou entre a mínima de 18,6°C e a máxima 27,1 °C, com média de 22,9 ± 2 °C.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos combinados para avaliar os efeitos da maior ou menor exposição ao estresse salino. Os tratamentos foram arranjados em quatro repetições, perfazendo um total de 20 parcelas experimentais. A concentração de cloreto de sódio (NaCl) utilizada nos tratamentos salinos foi de 60 mM.

Foram avaliados os seguintes tratamentos: T₁ - sem estresse durante todo o ciclo (testemunha); T₂- exposição salina por 7 dias; T₃ - exposição salina por 14 dias; T₄ - exposição salina por 21 dias e T₅ - exposição salina por 28 dias. Após o período de exposição à salinidade os tratamentos foram mantidos apenas com solução nutritiva sem NaCl.

As mudas da cultivar Manjerição Toscano Folha de Alface foram produzidas por semeadura em fibra de coco e alocadas em copos plásticos de 80 mL. Após a emergência as mudas foram irrigadas com solução nutritiva para hortaliças folhosas (FURLANI et al., 2008), diluída a 50 %, e após 21 dias foram transplantadas para o sistema hidropônico.

O sistema hidropônico utilizado foi o DFT. Os perfis hidropônicos foram confeccionados em tubulações de PVC com 75 mm de diâmetro, 6 m de comprimento. A estrutura foi composta de sete bancadas de cultivo, seis com três perfis hidropônicos (parcelas) e uma com dois perfis. Cada unidade hidropônica estava conectada a uma eletrobomba, que recalcou a solução nutritiva de um reservatório com capacidade de 55 L, até o perfil hidropônico. As plantas foram cultivadas no espaçamento de 0,40 m entre os tubos x 0,30 m entre as plantas.

A solução nutritiva utilizada seguiu a recomendação de Furlani (1998) para hortaliças folhosas. Para a elaboração da água salina que compôs a solução nutritiva de alguns tratamentos, foi acrescentada na água de abastecimento (CE-0,34 dS m⁻¹), quantidades (em gramas) de NaCl.

Como as concentrações de NaCl experimentadas foram de 0 mM de NaCl (sem NaCl) e 60 mM de NaCl, a condutividades elétricas correspondente foi de 2 e 8 dSm⁻¹, respectivamente, que representa o somatório da solução nutritiva (2 dS m⁻¹) com os níveis salinos.

A frequência de recirculação da solução nutritiva foi de 6 horas, aplicado da seguinte forma: no período diurno às 6:00, 12:00 e 18:00 horas o sistema permaneceu ligado por 15 minutos; no período noturno a recirculação foi realizada apenas uma vez, às 00:00 horas ficando o sistema ligado por 15 minutos. O controle da aplicação da solução foi realizado com auxílio de um temporizador digital.

A condutividade elétrica e o pH da solução foram monitorados, a cada dois dias, por meio de um condutivímetro portátil e medidor de pH portátil, respectivamente. O controle do pH foi efetuado sempre que necessário com hidróxido de cálcio, visando manter a solução nutritiva com o pH na faixa de 5,5 a 6,5.

A reposição das perdas por evapotranspiração com as respectivas águas (abastecimento ou salinas), e a avaliação do consumo hídrico (Equação 1) das plantas foram realizadas a cada três dias medindo o volume evapotranspirado. Para isso foi utilizado depósitos de abastecimento automático construídos com tubulação de PVC, conectados por uma mangueira ao reservatório. Neste, equipamento foi adicionado uma régua graduada, fixada a uma mangueira transparente, por onde se determinou o volume de água consumido pelas plantas (SOARES et al., 2010).

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

Em que: VETC - volume evapotranspirado, L por planta por dia; 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 cultivadas no perfil ΔT .

A coleta de dados foi realizada aos 7, 14, 21 e 28 dias após o transplântio (DAT), sendo selecionadas duas plantas de cada parcela para a avaliação da altura das plantas (cm) medindo-se com uma fita métrica da base até o ápice; número de folhas por contagem direta manualmente; volume das raízes com o auxílio de uma proveta graduada em mL e a área foliar (cm²) por meio de um medidor a laser portátil, do modelo CI-202. Para a determinação da massa da matéria seca das folhas, caules e raízes das plantas e total (g planta⁻¹) as partes das plantas foram secas em uma estufa de ventilação forçada a 65°C, por um período de 72 h.

Posteriormente, as massas das matérias secas foram determinadas por pesagem em uma balança analítica com três casas decimais. Com os dados de massa da matéria seca da raiz e parte aérea (caule + folhas) foi calculada a razão raiz/parte aérea das plantas.

As taxas de crescimento absoluto (TCA), de crescimento relativo (TCR) foram determinadas com base na massa seca das plantas, e a taxa assimilatória líquida (TAL) pela área foliar. Para os cálculos destas variáveis seguiu-se a metodologia proposta por Peixoto et al. (2011).

$$TCA = \frac{(W2-W1)}{(T2-T1)} \quad (\text{g dia}^{-1}) \quad (2)$$

$$TCR = \frac{(\ln W2 - \ln W1)}{(T2-T1)} \quad (\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}) \quad (3)$$

$$TAL = \frac{(W2-W1)(\ln L2 - \ln L1)}{(L2-L1)(T2-T1)} \quad (\text{g dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}) \quad (4)$$

Em que: W2- massa seca final em g; W1- Massa seca inicial em g; T2- T1: intervalo de tempo entre as amostragens; Ln- logaritmo neperiano; L2- área foliar final; L1- área foliar inicial.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, onde avaliou-se a significância dos tratamentos mediante teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e teste de comparação de médias pelo teste Tukey. Para a avaliação realizada aos 28 dias (colheita), havendo efeito de todos os tratamentos no desenvolvimento da planta, também se realizou o procedimento de regressão linear ou polinomial da variável dependente em relação aos períodos de exposição à salinidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo hídrico

Houve uma diminuição linear do consumo hídrico acumulado das plantas de manjeriço com o aumento do tempo de exposição ao estresse salino refletindo o efeito negativo da duração da salinidade na absorção de água por estas plantas (Figura 1).

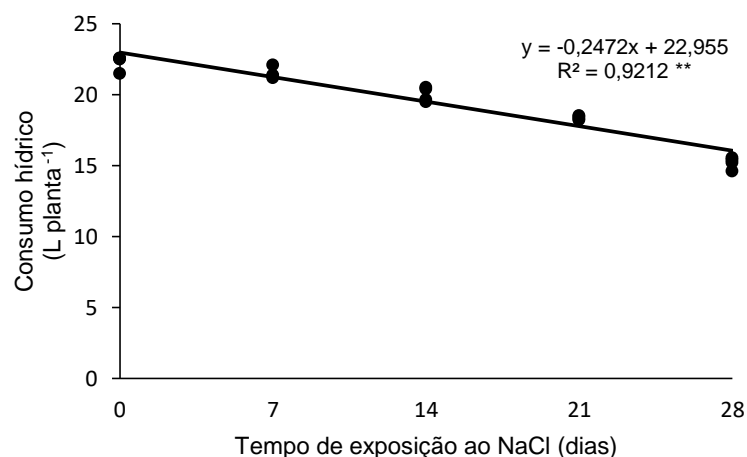


Figura 1 - Consumo hídrico acumulado (4-28 DAT) de plantas de manjeriço em diferentes tempos de exposição ao estresse salino.

Sabe-se que o excesso de sais reduz o potencial osmótico da solução nutritiva e isto reduz a disponibilidade de água e conseqüentemente o consumo hídrico das plantas (PAULUS et al. 2011; SILVA et al., 2016), no entanto, o tempo de exposição das plantas ao estresse salino também constitui um fator de limitação à absorção de água e nutrientes, pois de acordo o nível de tolerância das plantas ao estresse pode variar durante o seu ciclo (WILLADINO e CAMARA, 2010), além disso a exposição ao sal por muitos dias, reduz o crescimento das raízes, que diminui a absorção de água, e das folhas, o que reduz a transpiração.

Crescimento do manjeriço

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) do tempo de exposição ao NaCl (0, 7, 14, 21 e 28) para as variáveis altura de plantas, volume de raízes, número de folhas e área foliar, aos 7 DAT. Nas demais épocas de avaliação (14, 21 e 28 DAT) os tratamentos apresentaram significâncias estatísticas entre si.

Houve efeito significativo do aumento do tempo de exposição à salinidade para a altura das plantas ($p < 0,05$) de manjeriço aos 14, 21 e 28 DAT. Aos 14 e 21 DAT, nota-se decréscimos de respectivamente, 21,13 e 16,37%, ao comparar os resultados dos T₁ e T₂ (Figura 2 A.1).

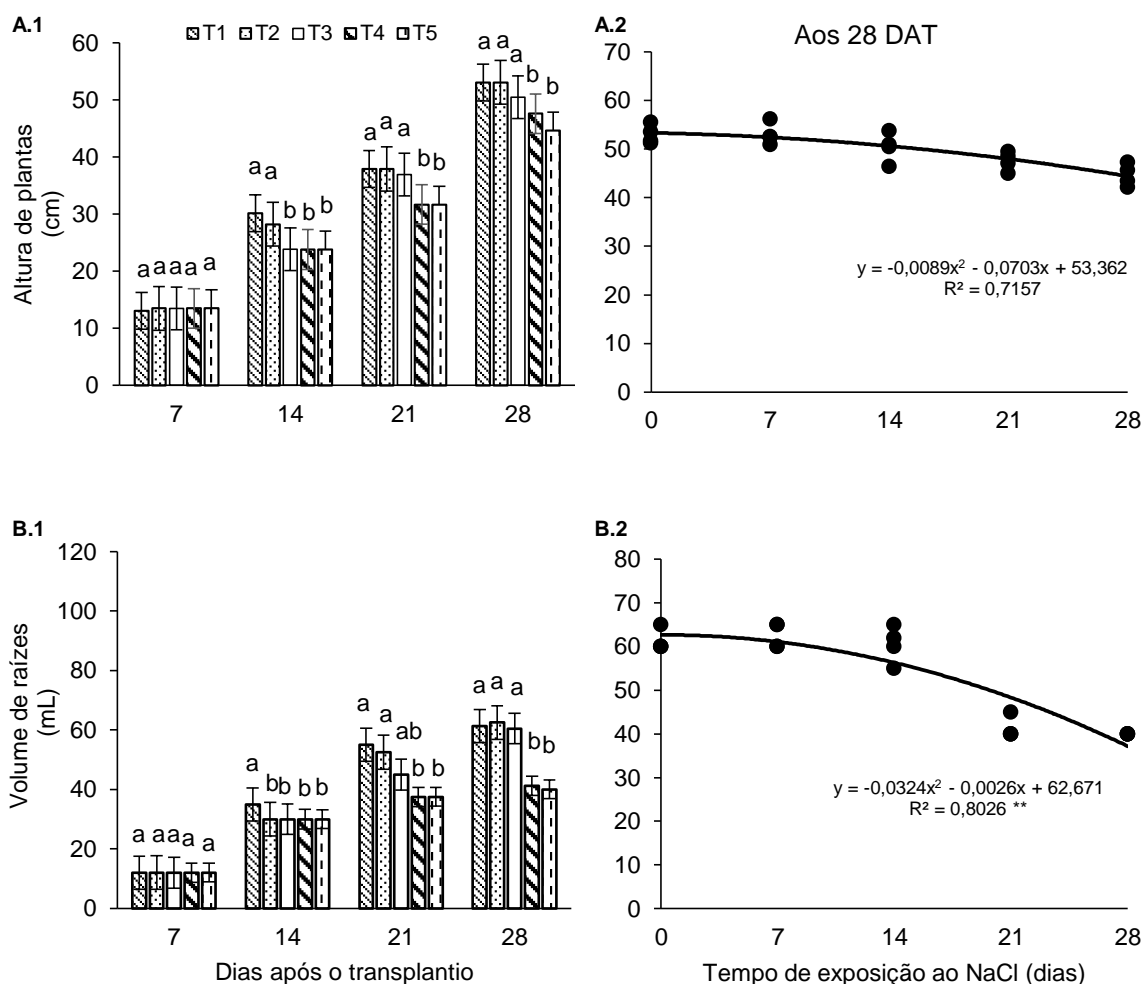


Figura 2 - Altura de plantas (A.1 e A.2) e volume de raízes (B.1 e B.2) de manjericão em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. As barras indicam o erro padrão das médias. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃- exposição ao ao NaCl por 14 dias; T₄- exposição ao ao NaCl por 21 dias; T₅- exposição ao ao NaCl por 28 dias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a altura das plantas, ao final do experimento (28 DAT), observa-se segundo a equação de regressão quadrática, que praticamente, não houve interferência da salinidade até os 14 dias de exposição ao NaCl, porém verificou-se uma redução significativa desta variável nas plantas submetidas à salinidade por 21 e 28 dias, com decréscimos de respectivamente, 10,18 e 15,69%, ao comparar com o tratamento testemunha (exposição ao NaCl por 0 dias) (Figura 2 A.2).

Houve efeito significativo do tempo de exposição ao estresse salino para o volume das raízes ($p < 0,05$) do manjericão aos 14, 21 e 28 DAT. Aos 14 e 21 DAT,

observa-se uma redução desta variável de, respectivamente, 25,0 e 31,82%, ao comparar os T₁ e T₄ (Figura 2 B.1).

Pelos resultados obtidos aos 28 DAT, nota-se que não houve redução significativa do volume das raízes das plantas de manjeriço expostas ao NaCl por até 14 dias, contudo os maiores decréscimos desta variável ocorreram quando as plantas foram submetidas ao estresse salino por 21 e 28 dias, e esta diminuição foi da magnitude de, respectivamente 32,65 e 34,69%, quando comparado ao observado nas plantas cultivadas sem NaCl (Figura 2 B.2).

Segundo Ashraf e Harris (2004), o excesso de sais na zona radicular exercem um efeito deletério no crescimento das plantas, visto que as taxas de alongação e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular; desta forma o excesso de NaCl resultará em injúrias semelhantes às da seca, como a perda de turgescência e a redução no crescimento, resultando em plantas atrofiadas. Além disso, por causar aumento no dispêndio de energia para absorver água e realizar os ajustes bioquímicos para sobreviver, a salinidade também causa reduções de crescimento nas plantas.

Houve efeito significativo do tempo de duração do estresse salino para o número de folhas ($p < 0,05$) de manjeriço aos 14, 21 e 28 DAT. Aos 14 dias verifica-se uma redução de 37,88 % ao comparar os resultados dos T₁ e T₃; aos 21 DAT comparando o T₁ com o T₃ e T₄, verifica-se um decréscimo desta variável de, respectivamente, 25,38 e 40,77% (Figura 3 A.1).

Aos 28 DAT, observa-se pela regressão de comportamento quadrático, que praticamente não houve uma redução do número de folhas nas plantas de manjeriço submetidas ao NaCl por até 14 dias. Entretanto, houve um efeito depreciativo desta variável ao comparar as plantas submetidas ao NaCl por 0 dias com as exposta à salinidade por 21 e 28 dias, nestas condições nota-se um decréscimo de, respectivamente, 44,40 e 50,6% (Figura 3 A. 2).

De acordo com Cosgrove (1993), as células das folhas submetidas ao NaCl podem apresentar uma redução na taxa de expansão devido a uma baixa taxa de absorção de água e nutrientes, ao enrijecimento da parede ou à queda no turgor celular.

É provável que a redução no número de folhas em condições de salinidade seja um mecanismo de adaptação ao estresse, diminuindo a superfície transpirante ocasionando em uma menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas do

reduzido crescimento das espécies sob condições de estresse salino (KUDO et al., 2010).

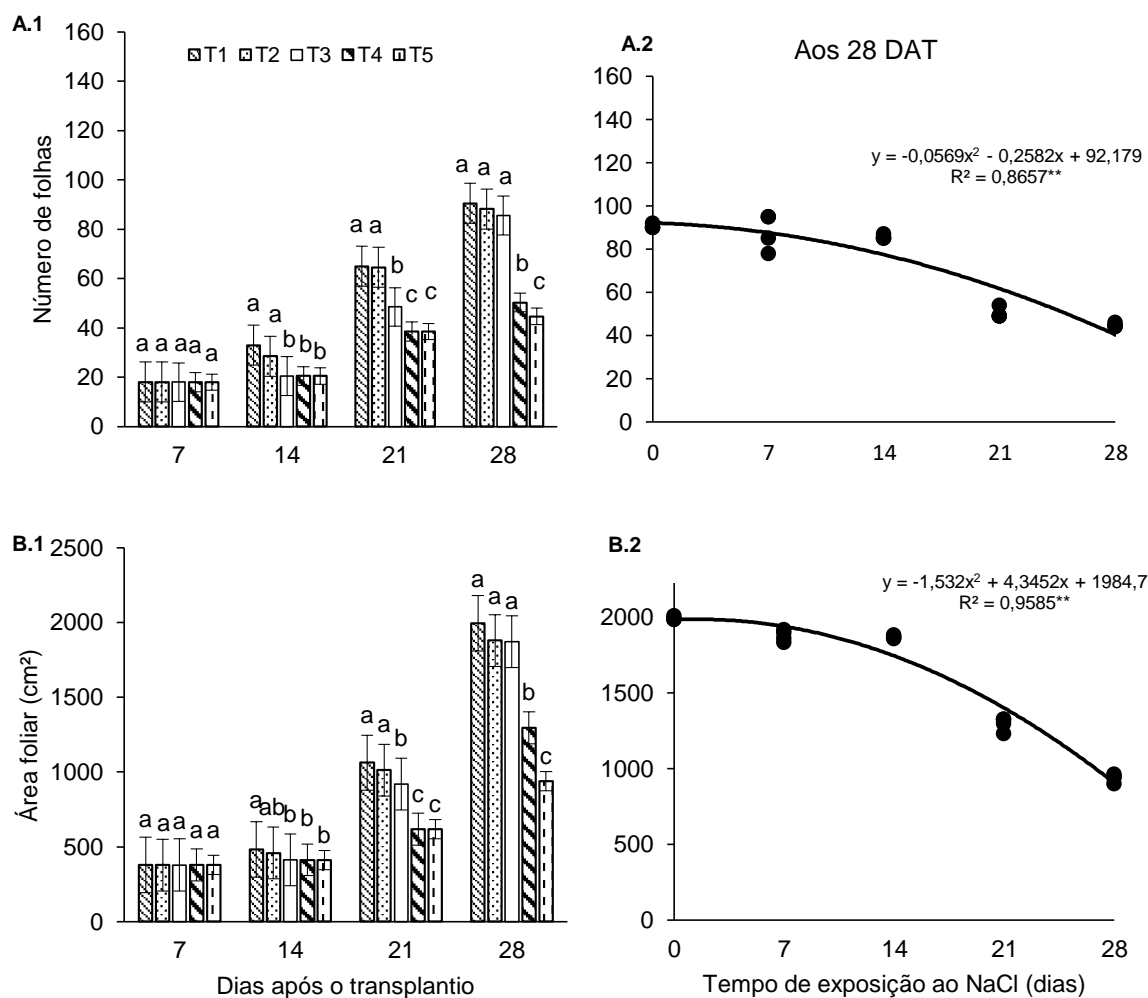


Figura 3 - Número de folhas (A.1 e A.2) e área foliar (B.1 e B.2) do manjericao em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. As barras indicam o erro padrão das médias. As barras indicam o erro padrão das médias. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃- exposição ao ao NaCl por 14 dias; T₄- exposição ao ao NaCl por 21 dias; T₅- exposição ao ao NaCl por 28 dias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve efeito significativo do aumento do tempo de exposição à salinidade para a área foliar ($p < 0,05$) do manjericao aos 14, 21 e 28 DAT. Aos 14 verifica-se uma redução de 17,11% ao comparar os resultados dos T₁ e T₃; aos 21 DAT quando compara-se o T₁ com o T₃ e T₄, verifica-se um decréscimo desta variável de, respectivamente 13,40 e 54,80% (Figura 3 B.1).

Os resultados aos 28 DAT indicam que a área foliar ajustou-se ao modelo de regressão polinomial, de modo que esta variável quase não foi influenciada até os 14 dias de exposição à salinidade. Contudo, houve uma tendência de redução da área foliar quando as plantas de manjeriço foram submetidas ao NaCl por 21 e 28 dias, e este decréscimo foi da magnitude de, respectivamente, 35,0 e 53,0%, comparado ao tratamento onde o estresse salino foi empregado por 0 dias (Figura 3 B.2).

Pelos resultados encontrados também é possível observar que as plantas expostas ao estresse salino por 28 dias, tiveram reduções do número de folhas e área foliar de, respectivamente, 50,6 e 53,0%. Desse modo, nota-se que a taxa de expansão foliar foi mais afetada pela duração da salinidade do que a taxa de formação de novas folhas.

Produção de fitomassa do manjeriço

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) para a massa de matéria seca total, e massa de matéria seca das folhas, caules e raízes, aos 7 DAT. Nas demais épocas de avaliação (14, 21 e 28 DAT) os tratamentos apresentaram significâncias estatísticas entre si. A variável razão massa da matéria seca da raiz/ massa da matéria seca da parte aérea não apresentou significância estatística em todos períodos avaliados.

Houve efeito significativo da duração da exposição ao estresse salino para a massa da matéria seca total ($p < 0,05$) das plantas de manjeriço aos 14, 21 e 28 DAT. Aos 14 verifica-se uma redução de 32,96 % ao comparar os resultados dos T₁ e T₅; aos 21 DAT ao relacionar o T₁ com o T₂ e T₃ nota-se uma redução de respectivamente, 13,17 e 43,87% (Figura 4 A.1).

Aos 28 DAT, observa-se pela regressão de comportamento quadrático, que houve uma tendência de redução da massa da matéria seca total das plantas de manjeriço quando estas foram submetidas ao NaCl por 21 e 28 dias, nestas condições, a diminuição desta variável foi de respectivamente, 26,22 e 33,76 %, ao comparar com tratamento com exposição ao NaCl por 0 dias (Figura 4 A.2).

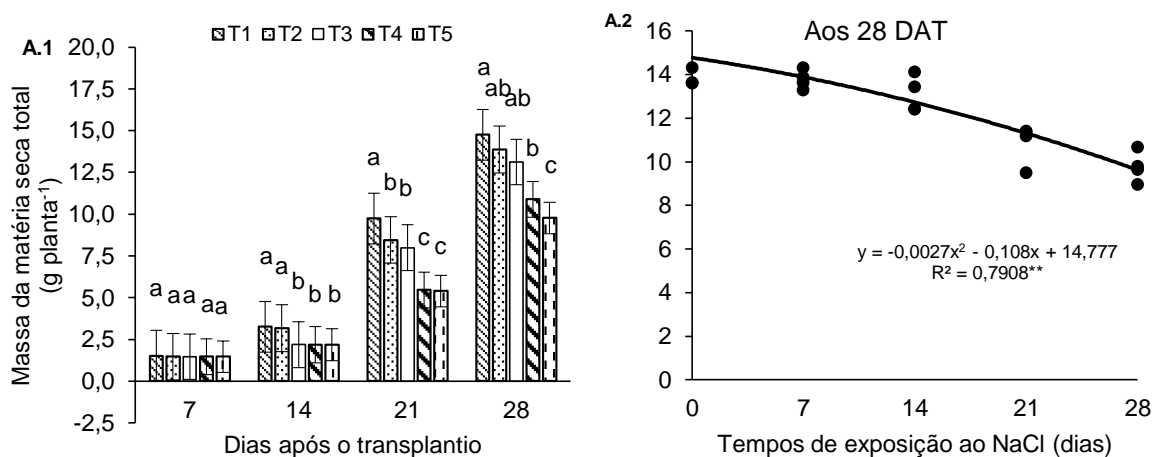


Figura 4 - Massa da matéria seca total da planta do manjericão em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. As barras indicam o erro padrão das médias. As barras indicam o erro padrão das médias. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃- exposição ao ao NaCl por 14 dias; T₄- exposição ao ao NaCl por 21 dias; T₅- exposição ao ao NaCl por 28 dias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve efeito significativo do tempo de exposição à salinidade para a massa da matéria seca dos órgãos de manjericão ($p < 0,05$) aos 14, 21 e 28 DAT. Aos 14 DAT, observa-se uma redução da massa da matéria seca das folhas, caules e raízes de, respectivamente, 34,40, 35,00 e 29,54%, ao comparar os T₁ e T₃. Na avaliação de 21 DAT, ao relacionar o tratamento T₁ com o T₄, observa-se um decréscimo das massas secas das folhas, caules e raízes de, respectivamente, 35,80, 38,11 e 35,23 % (Figuras 5 B.1, C.1 e D.1).

Pela avaliação dos resultados obtidos aos 28 DAT, observa-se pela regressão de modelo polinomial, que não houve uma redução significativa da massa de matéria seca das folhas, caules e raízes de manjericão quando as plantas foram submetidas ao NaCl por até 14 dias. Verifica-se também que as plantas que apresentaram o menores valores de massa de matéria seca em seus órgãos foram aquelas expostas à solução nutritiva salina por 28 dias, desse modo, ao analisar os resultados obtidos para esta variável nas folhas, caules e raízes do manjericão nota-se uma redução de, respectivamente, 26,50, 44,43 e 37,23 %, quando compara-se os resultados obtidos nas plantas submetidas à salinidade por 0 e 28 dias (Figuras 5 A.2, B.2, 5 C.2).

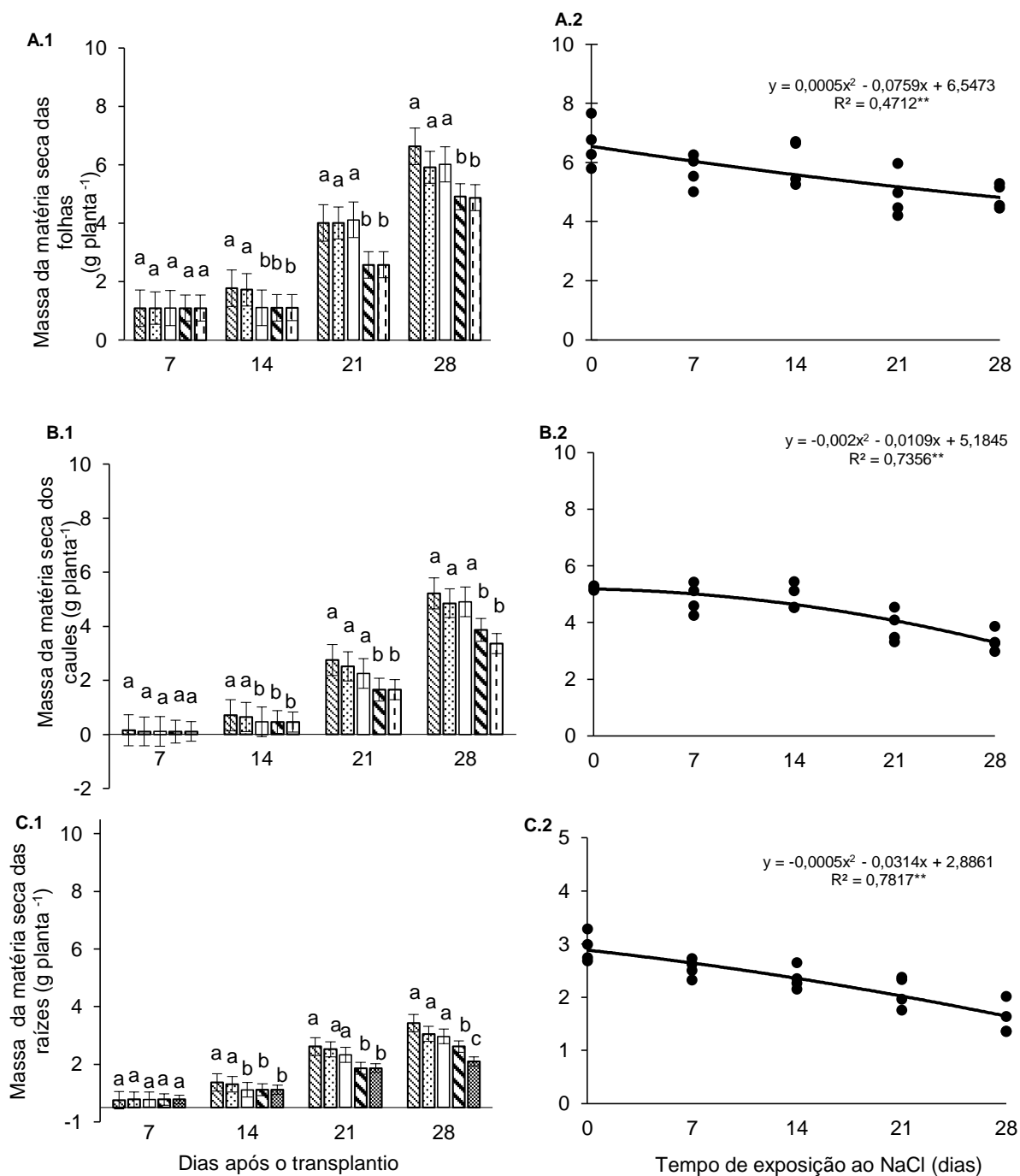


Figura 5 - Massa seca das folhas (A.1 e A.2), dos caules (B.1 e B.2) e das raízes (C.1 e C.2) do manjericão em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. As barras indicam o erro padrão das médias. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃- exposição ao NaCl por 14 dias; T₄- exposição ao NaCl por 21 dias; T₅- exposição ao NaCl por 28 dias. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Sabe-se que o primeiro efeito da salinidade é o osmótico, que diminui a disponibilidade de água para as plantas em virtude das alterações das relações hídricas das células, fato observado neste trabalho pelos resultados obtidos do consumo hídrico das plantas de manjeriço sob estresse salino (Figura 1).

Contudo, o aumento do tempo de exposição das plantas ao estresse salino ocasiona o efeito iônico nestas, pelo excesso do NaCl absorvido. Assim, a redução do crescimento (Figuras 2 e 3) e da produção de fitomassa (Figuras 4 e 5) em função do tempo de exposição das plantas à salinidade é justificada pela redução do potencial osmótico da solução nutritiva diminuindo absorção de água e nutrientes pelas plantas e pela toxicidade iônica do NaCl que ocasiona desequilíbrios metabólicos em virtude da acumulação excessiva destes íons nos tecidos vegetais.

Índices de crescimento do manjeriço

Houve efeito significativo do tempo de exposição ao estresse salino para a taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) ($p < 0,05$), em todos os períodos avaliados. Para a taxa assimilatória líquida (TAL) não houve efeito significativo da duração do estresse salino ($p > 0,05$) nos períodos de 7-14 e 14-21 DAT.

Houve efeito significativo do tempo de exposição à salinidade na TCA ($p < 0,05$), nos intervalos de 7-14, 14-21 e 21-28, com reduções significativas no crescimento de, respectivamente, 43,42, 49,41 e 38,54 %, ao comparar os T₁ e T₅ (Figura 6 A.1).

Observa-se que para a TCR houve efeito significativo da duração do estresse salino ($p < 0,05$), nos períodos de 7-14, 14-21 e 21-28, com decréscimos do crescimento da magnitude de 29,12, 24,46 e 37,62 %, ao relacionar o T₁ com o T₅, nesta ordem (Figura 6 B.1).

As taxas de crescimento foram maiores no intervalo de 14-21 dias (Figuras 6 A.1 e 6 B.1), indicando que as plantas expostas ao estresse salino neste período foram menos afetadas pela salinidade, essa informação é bastante relevante para o manejo do manjeriço hidrônico com águas salinas.

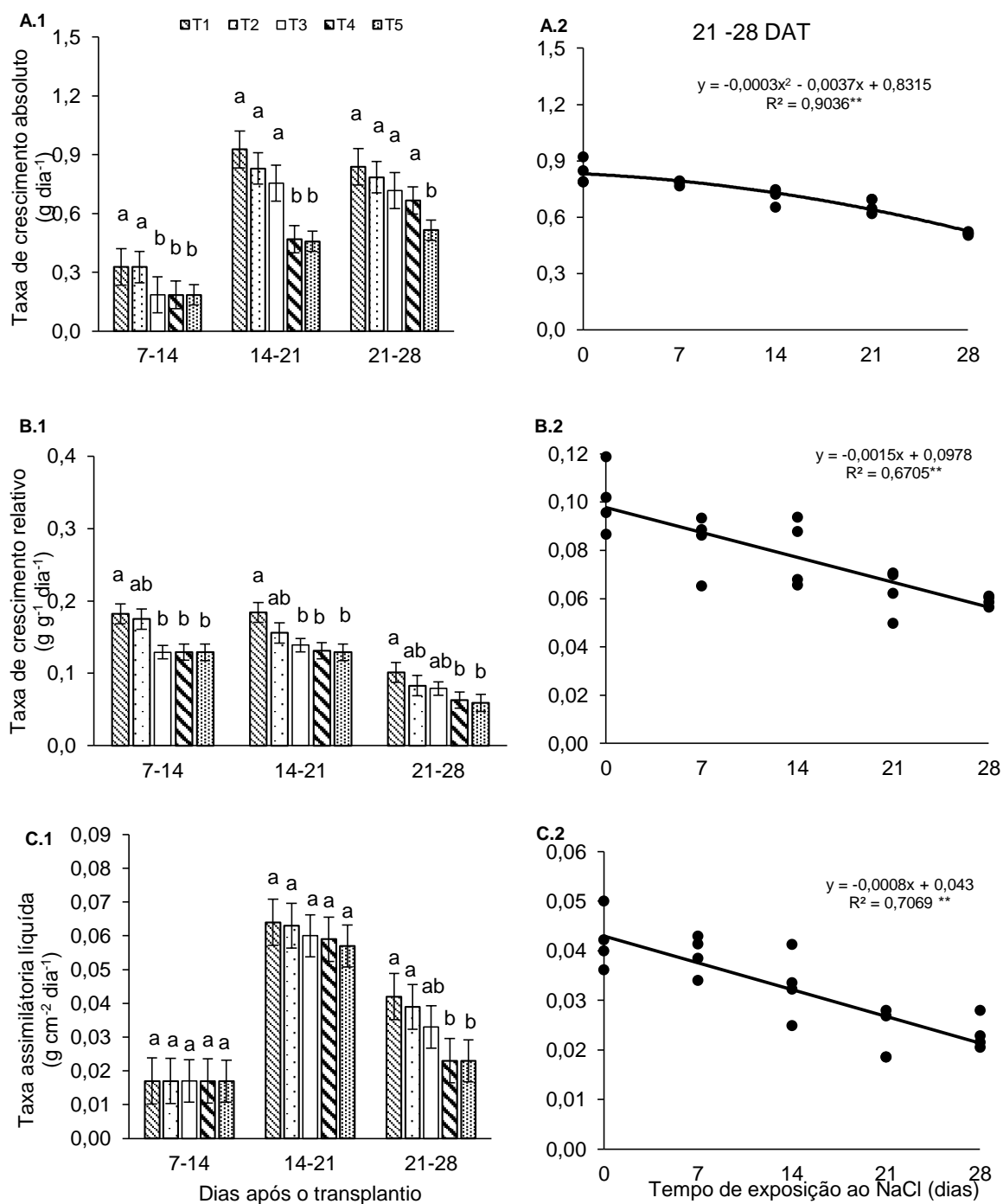


Figura 6 - Taxa de crescimento absoluto (A.1 e A.2), taxa de crescimento relativo (B.1 e B.2) e taxa assimilatória líquida (C.1 e C.2) do manjericao em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃- exposição ao ao NaCl por 14 dias; T₄- exposição ao ao NaCl por 21 dias; T₅- exposição ao ao NaCl por 28 dias. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com Maas (1990), as respostas das plantas aos efeitos dos sais dependem de vários fatores, tais como o tempo de exposição ao estresse salino e o estágio de desenvolvimento da cultura.

No período de 21-28 DAT, observa-se pela regressão de comportamento quadrático, que não houve uma redução significativa da TCA nas plantas submetidas ao NaCl por até 21 dias (Figuras 6 A.2); já a TCR das plantas de manjeriço reduziram linearmente em função do aumento do tempo de exposição à salinidade.

Estes resultados concordam com o observado por Willadino e Camara (2010) que relatam que as plantas submetidas à salinidade reduzem o crescimento e após a remoção do estresse salino, estas seguem uma recuperação gradual até atingir uma nova taxa de crescimento, geralmente inferior àquela existente antes da indução do estresse, fato observado nas análises de TCA quando as plantas de manjeriço estiveram expostas ao NaCl por um período de 7, 14 e 21 dias (Figura 6 A.2).

A redução da TCA e da TCR em função da salinidade da água foi observada em outras culturas como o coentro (SILVA, 2015), o feijão caupi (FEITOSA et al., 2015) e o girassol (SANTOS JUNIOR et al., 2016).

As diminuições das taxas de crescimento em função da salinidade estão relacionadas com o excesso dos íons Na^+ e Cl^- que reduzem o potencial osmótico das plantas e conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes (FLOWERS, 2004), esta resposta ao excesso de sais na solução nutritiva foi verificada neste estudo com a redução do consumo hídrico das plantas expostas à salinidade (Figura 1).

Houve efeito significativo do tempo de exposição à salinidade na TAL ($p < 0,05$), no intervalo de 21-28 DAT. Desse modo, os resultados ao final do experimento indicam que houve uma tendência de redução linear da taxa assimilatória líquida do manjeriço com o aumento do tempo de exposição à salinidade e estes decréscimos foram mais acentuados nas plantas submetidas ao NaCl por 21 e 28 dias, nesses períodos as diminuições foram de 45,24% (Figura 6 C. 2).

Segundo Peixoto et al. (2011), a TAL reflete a capacidade da planta em aumentar sua fitomassa em função de sua superfície assimilatória, em determinado

intervalo de tempo. Dessa forma, este índice relaciona-se com a eficiência fotossintética da planta.

A diminuição da taxa de assimilação líquida em função do aumento do tempo de exposição das plantas de manjerição à salinidade justifica a redução de todos os parâmetros de crescimento observados nas plantas submetidas ao estresse salino por 21 e 28 dias (Figuras 3), uma vez que segundo Flowers (2004), em condições de estresse salino as plantas fecham os estômatos para reduzir a transpiração, tendo como consequência redução da taxa fotossintética, podendo esta alteração morfofisiológica ser uma das principais causas na diminuição do crescimento das espécies nestas condições. Além disso, uma menor taxa fotossintética como verificado neste estudo pela diminuição da taxa assimilatória líquida nas plantas expostas por um maior tempo ao estresse salino (Figura 6 C.2), constituiu uma das causas da redução do crescimento e da produção de fitomassa do manjerição nestas condições (Figuras 4 e 5).

CONCLUSÕES

A exposição das plantas à salinidade de 60 mM de NaCl por 21 e 28 dias, ocasionaram reduções significativas no consumo hídrico, no crescimento, na produção de fitomassa, nas taxa de crescimento absoluto e relativo e na taxa assimilatória líquida do manjerição;

É possível utilizar, nas condições avaliadas, a solução nutritiva salina de 60 mM de NaCl por até 14 dias sem comprometimento significativo do crescimento e da produção de fitomassa do manjerição em hidroponia, com o ciclo produtivo da cultura de 28 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, C. F.; SILVA, H. P.; NEVES, J. M. G.; COSTA, C. A.; AQUINO, F. F.; Desempenho de cultivares de alface sob cultivo hidropônico nas condições do norte de minas gerais. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.3, p. 1382-1388, 2017.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, n.1, p.3-16, 2004.

BLANK, A.F; SOUZA, E.M.; PAULA, J.W.A.; ALVES, P.B. Comportamento fenotípico e genotípico de populações de manjeriço. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.3, p. 305-310, 2010.

COSGROVE, D.J. Water uptake by growing cells: an assessment of the controlling roles of wall relaxation, solute uptake and hydraulic conductance. **International Journal of Plant Science**, v. 154, n.1, p. 10-21, 1993.

FEITOSA, S. O., SILVA, S. L., FEITOSA, H. O., CARVALHO, C. M., & FEITOSA, E. O. Crescimento do feijão caupi irrigado com efluente tratado e água salina sob diferentes concentrações. **Agropecuária Técnica**, v.36, n.1, p.146-155, 2015.

FLOWERS, T.J. **Improving crop salt tolerance**. Journal of Experimental Botany, v.55, n.4, p.307-319, 2004.

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

HANIF, M.A.; AL-MASKARI, M.Y.; AL-MASKARI, A.; AL-SHUKAILI, A.; AL-MASKARI, A.Y.; AL-SABAHI, J.N. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of unexplored Omani basil. **Journal of Medicinal Plants Research**, v.5, n.5, p.751-757, 2011.

KUDO, N.; SUDINO, T.; OKA, M.; FUJIYAMA, H. Sodium tolerance of plants in relation to ionic balance and the absorption ability of microelements. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.56, n.2, p.225-233, 2010.

MAAS, E. V. **Crop salt tolerance**. In: Tanji, K. K. (ed.) Agricultural salinity assessment and management manual. ASCE, 1990.

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

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

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SILVA DIAS, N.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n.2, p.842-849, 2011.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SOARES, F. A. L.; SILVA, N. D. Eficiência do uso da água para girassol cultivado em sistema hidropônico sob estresse salino. *Engenharia Agrícola*, v.33, p. 342-350, 2016.

SILVA, M. G. **Uso de água salobra e frequência de recirculação de solução nutritiva para produção de coentro hidropônico.** Cruz das Almas - BA, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2015. Dissertação de Mestrado.

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

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

CAPÍTULO 4

**ÓLEO ESSENCIAL E TEORES DE SOLUTOS EM MANJERICÃO PRODUZIDO
EM HIDROPONIA SOB DIFERENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO SALINA**

Óleo essencial e teores de solutos de manjeriço produzido em hidroponia sob diferentes tempos de exposição salina

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes tempos de exposição à salinidade, na produção de óleo essencial e no acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos em plantas de manjeriço cv. Toscano Folha de Alface. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 20 parcelas em sistema DFT. Foram utilizados os seguintes tempos de exposição ao estresse salino de 60 mM de NaCl: 0, 7, 14, 21 e 28 dias. As variáveis analisadas foram acúmulo de Na⁺, Cl⁻ e K⁺, razão K⁺/Na⁺, concentrações de carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolina livres e teor e rendimento do óleo essencial. A exposição das plantas de manjeriço na concentração de 60 mM de NaCl por 21 e 28 dias afeta negativamente a produção de óleo essencial e promove o acúmulo de maiores concentrações de Na⁺, Cl⁻, bem como de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolina livres; em contrapartida os teores de K⁺ e a razão K⁺/Na⁺ diminuem. A aplicação da solução nutritiva salina de 60 mM de NaCl por até 14 dias não ocasiona, nas condições avaliadas, reduções significativas da produção de óleo essencial, e nem promove um acréscimo dos teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolina livres das plantas de manjeriço produzidas em hidroponia, com o ciclo produtivo da cultura de 28 dias.

Palavras-chave: Salinidade, plantas medicinais, sistema hidropônico DFT.

Essential oil and contents of basil solutes produced in hydroponics under different times of saline exposure

Abstract: The objective of this work was to evaluate the effect of different exposure times to salinity, the production of essential oil and the accumulation of inorganic and organic solutes in basil cv. Toscano Folha de Alface. The experimental design was the completely randomized, with five treatments and four replications, making 20 plots in the DFT system. The following saline stress exposure times of 60 mM NaCl were used: 0, 7, 14, 21 and 28 days. The analyzed variables were Na⁺, Cl⁻ and K⁺ accumulation, K⁺/Na⁺ ratio, soluble carbohydrate concentrations, free amino acids, soluble proteins and free proline, and essential oil content and yield. The exposure of basil plants to the concentration of 60 mM NaCl for 21 and 28 days adversely affects essential oil production and promotes the accumulation of higher concentrations of Na⁺, Cl⁻, as well as soluble carbohydrates, soluble proteins, free amino acids and free proline; in contrast, K⁺ and K⁺/Na⁺ decrease. The application of the saline nutrient solution of 60 mM NaCl for up to 14 days does not cause significant reductions in essential oil production under the conditions evaluated, nor does it promote an increase in soluble carbohydrates, soluble proteins, free amino acids and free proline basil plants produced in hydroponics, with the productive cycle of the 28 day culture.

Key words: Salinity, medicinal plants, hydroponic system DFT.

INTRODUÇÃO

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) é uma planta aromática que é cultivada de forma perene ou anual. Nativo da Ásia e introduzido no Brasil pelas colônias italianas, é produzido, principalmente, por pequenos produtores para a comercialização como condimento ou para fins medicinais (MARQUES et al., 2015).

O cultivo de manjeriço no Brasil é praticado, em sua maioria, pela agricultura familiar, voltada para comercialização de folhas verdes aromáticas (VIEIRA et al., 2012). Contudo, por se tratar de uma espécie que se desenvolvem melhor em regiões de climas quentes e amenos, existem em algumas regiões do semiárido Nordeste, cultivos em maior escala, voltados para a obtenção do óleo essencial (FAVORITO et al., 2011).

Todavia, estudos realizados sobre o cultivo do manjeriço têm se restringido à identificação, qualificação e quantificação dos compostos químicos presentes nos óleos essenciais, enquanto que informações sobre o comportamento agrônomo dessas plantas em relação à técnicas de manejo agrícola, principalmente em condições adversas como baixa disponibilidade hídrica ou salinidade, são escassas (HUSSAIN et al., 2008; PRAVUSCHI et al., 2010).

Sabe-se que o excesso de sais na água de irrigação pode provocar um conjunto de alterações deletérias nas plantas, devido ao efeito tóxico provocado pelos íons Na^+ e Cl^- . Dentre os processos fisiológicos afetados destacam-se a abertura estomática, a fotossíntese, a respiração e a síntese de proteínas (TAIZ e ZEIGER, 2013). No entanto, para tolerar a exposição à salinidade, as plantas têm desenvolvido mecanismos que contribuem para a adaptação aos estresses osmótico e iônico, ocasionados pelo acúmulo de sais solúveis como o Na^+ e o Cl^- (DIAS e BLANCO, 2010).

Esses mecanismos incluem o ajustamento osmótico, que é usualmente acompanhado pela absorção de íons inorgânicos, bem como pela acumulação de solutos orgânicos compatíveis, tais como os carboidratos solúveis e aminoácidos livres (SILVA et al., 2009) e as prolinas livres (MENDES et al., 2011). Contudo, apesar da produção de osmoprotetores favorecerem a sobrevivência das plantas em ambientes salinos, estudos apontam para a redução da produtividade como consequência da toxidez iônica (PARIRAH et al., 2015).

Desse modo, ressalta-se a importância da adoção de práticas que visem reduzir os efeitos do excesso de sais nas plantas, bem como permitir a produção agrícola de forma econômica. Nesse contexto, pesquisas recentes indicam que a técnica hidropônica têm se constituído em uma das tecnologias que possibilita o cultivo de plantas na presença de sais (BIONE et al., 2014; SILVA et al., 2016, COVA et al., 2017).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes tempos de exposição à salinidade, na produção de óleo essencial e no acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos em plantas de manjeriço.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação no período de setembro a outubro de 2016, na Unidade Experimental do Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS) e nos laboratórios de Bioquímica e Fitoquímica, entre os meses de novembro/2016 a janeiro/ 2017, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas – Bahia, com coordenadas geográficas de 12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos que foram arranjados em quatro repetições, perfazendo um total de 20 parcelas experimentais.

Os tratamentos foram os seguintes: T₁ - sem estresse durante todo o ciclo (testemunha); T₂- exposição a 60 mM de NaCl por 7 dias; T₃ - exposição a 60 mM de NaCl por 14 dias; T₄ - exposição a 60 mM NaCl por 21 dias e T₅ - exposição a 60 mM de NaCl por 28 dias. Após o período de exposição ao estresse salino os tratamentos foram mantidos apenas com solução nutritiva sem NaCl.

As sementes de manjeriço da cultivar Manjeriço Toscano Folha de Alface foram semeadas em fibra de coco e alocada em copos plásticos de 80 mL. Depois da emergência, as mudas foram irrigadas com solução nutritiva de Furlani (1998) para hortaliças folhosas, diluída a 50 %, e transcorridos 21 dias foram transplantadas para o sistema hidropônico.

A estrutura experimental foi composta por sete bancadas individuais de cultivo dispostas da seguinte forma: seis bancadas com três parcelas e uma

bancada com duas parcelas, perfazendo o total de 20 parcelas ou perfis hidropônicos no sistema DFT. As parcelas foram confeccionados em tubulações de PVC com 75 mm de diâmetro e 6 m de comprimento, sendo que cada uma destas estava conectada a uma eletrobomba, que recalcou a solução nutritiva de um reservatório tipo com capacidade de 55 L, até o perfil hidropônico.

O espaçamento utilizado nos perfis foram de 0,40 m entre os tubos \times 0,30 m entre as plantas.

A solução nutritiva utilizada foi a de Furlani (1998) recomendada para hortaliças folhosas com condutividade elétrica (CE) próxima a $2,00 \text{ dS m}^{-1}$. Para a elaboração de alguns tratamentos salinos adicionou-se 60 mM de NaCl, na água de abastecimento (CE- $0,34 \text{ dS m}^{-1}$), desse modo, a condutividade elétrica correspondente foi de $8,00 \text{ dS m}^{-1}$, que representa o somatório da solução nutritiva (CE- $2,00 \text{ dS m}^{-1}$) com o nível de NaCl utilizado.

A frequência de recirculação da solução nutritiva foi aplicada a cada 6 horas, no período das 06:00 às 20:00 horas e uma vez entre os horários das 20:00 às 06:00, sendo que em todos os momentos da recirculação o sistema permaneceu ligado por 15 min. O controle da aplicação da solução foi realizado com auxílio de um temporizador digital.

A reposição das perdas por evapotranspiração foi feita a cada três dias com as respectivas águas (abastecimento ou salinas) características dos tratamentos. Para fins de controle da solução nutritiva foram monitoradas, a cada dois dias, a condutividade elétrica e o pH da solução. O controle do pH foi efetuado sempre que necessário com hidróxido de cálcio, visando manter a solução nutritiva na faixa de 5,5 a 6,5.

A coleta de dados para a determinação dos solutos orgânicos e inorgânicos foi realizada aos 7, 14, 21 e 28 dias após o transplântio (DAT). Para a determinação dos solutos inorgânicos foram coletadas amostras de folhas, caules e raízes de manjeriço e estas foram secas à $65 \text{ }^\circ\text{C}$ em estufa de ventilação forçada por 72 horas e após a secagem o material vegetal foi moído para a preparação dos extratos.

Para a determinação dos teores de Na^+ , K^+ e Cl^- , os extratos brutos foram preparados seguindo a recomendação de Jones (2001). A determinação dos teores de Na^+ e o K^+ foi realizado por fotometria de chama (Faithfull, 2002) e o Cl^- por espectrofotometria (Jones, 2001).

Para as análises dos solutos orgânicos foram utilizadas a matéria fresca nas do primeiro par de folhas totalmente expandidas e do terço inferior das raízes das plantas de manjeriço. Em seguida, os materiais coletados foram congeladas ne armazenados neste ambiente, até o momento da liofilização. Após a liofilização do material, iniciou-se o preparo do extrato bruto que foi obtido macerando-se, em um almofariz, 100 mg de tecidos liofilizados, com 6 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M, pH 7,0, contendo EDTA 0,1 mM.

As determinações de carboidratos solúveis, aminoácidos livres e proteínas solúveis e prolinas livres, foram realizadas conforme, Dubois et al (1956), Yemm & Cocking (1955), Bradford (1976) e Bates et al (1973), respectivamente.

Aos 28 DAT, as plantas foram colhidas e as folhas colocadas em estufa de ventilação forçada a 45 °C até atingir um peso constante, posteriormente foi realizado a extração do óleo essencial.

O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação, utilizando o aparelho Clevenger adaptado a um balão de 5 L, onde foi colocada uma amostra de 50 g das folhas secas maceradas, juntamente com 1 L de água deionizada. O processo de extração foi conduzido durante 2 horas, contadas a partir da condensação do hidrolato. Após esse período, o volume de óleo extraído foi medido na coluna graduada pertencente à aparelhagem e colocado em um becker, onde adicionou-se o sulfato de sódio anidro, para absorver as moléculas de água presente. Posteriormente, com o auxílio de uma pipeta do tipo Pasteur, o óleo foi acondicionado em recipientes de vidro etiquetado, envoltos em papel alumínio e armazenados sob refrigeração.

Após a extração determinou-se o teor e o rendimento de óleo essencial. O teor e rendimento do óleo essencial foi calculado, respectivamente, pela Equação 1 e 2 de acordo com o descrito por Alves et al. (2015).

$$To = \left(\frac{Vo}{MS - \left(\frac{MS \times U}{100} \right)} \right) \times 100 \quad (1)$$

To - Teor de óleo (%); Vo - Volume de óleo extraído; MS - massa da matéria seca das folhas utilizada para extração, em g; MS xU/100= quantidade de umidade ou água presente na massa da matéria seca; MS - (MS x U) = quantidade de massa da matéria seca, isenta de água ou livre de umidade e 100 = fator de conversão para percentagem.

$$Ro = \frac{To \times MS}{100} \quad (2)$$

Ro - rendimento de óleo essencial produzido, mL por planta; To - teor de óleo essencial, mL por 100 g; MS - massa da matéria seca das folhas do manjerição, g por planta.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, onde avaliou-se a significância dos tratamentos mediante teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e teste de comparação de médias pelo teste Tukey. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR. Para a avaliação realizada aos 28 dias (final do ciclo de cultivo), havendo efeito dos tratamentos, também se realizou o procedimento de regressão linear ou polinomial da variável dependente em relação aos períodos de exposição à salinidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor e rendimento do óleo essencial

Houve efeito significativo do tempo de exposição ao NaCl no teor e rendimento do óleo essencial do manjerição ($p < 0,05$) (Figuras 1 A e B).

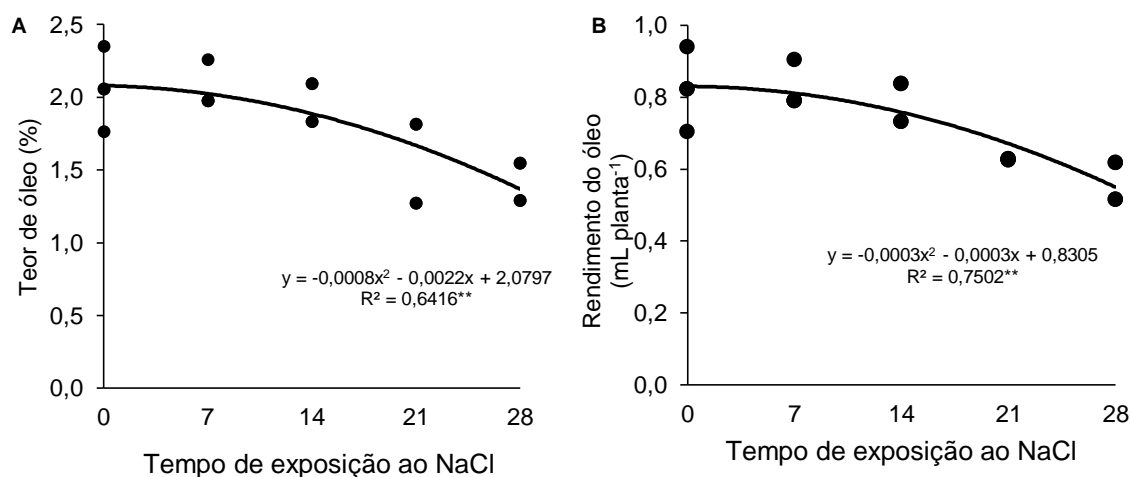


Figura 1- Teor (%) e rendimento (mL planta⁻¹) do óleo essencial do manjerição em diferentes tempos de exposição ao NaCl.

Observa-se pela regressão de comportamento quadrático, que praticamente não houve uma redução do teor e do rendimento do óleo essencial das plantas expostas a 60 mM de NaCl por até 14 dias. Contudo, a exposição à salinidade por

21 e 28 dias ocasionaram decréscimos de respectivamente, 24,88 e 31,21% para o teor de óleo, e de 23,72 e 31,02 % para o rendimento do óleo, nesta ordem (Figuras 1 A e B).

A redução do teor e rendimento do óleo essencial de plantas medicinais em função do incremento da salinidade foram verificados por diversos autores: SANGAWN et al., 2001; SEMIZ et al, 2012; BRESSAN, 2015.

O decréscimo na produção de óleo essencial em plantas de manjeriço expostas à salinidade por 21 e 28 dias, possivelmente resulta da ação direta dos íons Na^+ e Cl^- que ocasionaram redução do potencial osmótico, diminuindo a disponibilidade de água, bem com a alteração da absorção de nutrientes essenciais às plantas.

De acordo com Morais (2009), a exposição das plantas à salinidade altera vários fatores fisiológicos como abertura e fechamento de estômatos, fotossíntese, crescimento e expansão foliar, o que pode gerar, conseqüentemente, alterações no acúmulo de óleo essencial nos tecidos das plantas produtoras de óleos essenciais.

Acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos

Foi observado nos órgãos de manjeriço avaliados, um maior acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- (Figuras 2 e 3), bem como dos carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolinas livres em função do aumento do tempo de exposição à salinidade (Figuras, 6, 7, 8 e 9). Em contrapartida, os teores de K^+ e a razão K^+/Na^+ diminuíram com a duração do estresse salino (Figuras 4 e 5).

Observa-se, que houve efeito significativo do aumento do tempo de exposição ao estresse salino no acúmulo do Na^+ ($p < 0,05$), aos 7, 14, 21 e 28 DAT.

Na primeira avaliação, aos 7 DAT, observa-se um aumento dos teores de Na^+ nas folhas, caules e raízes de, respectivamente, 3,40, 4,06 e 2,19 vezes ao comparar os T_2 e T_1 . Na avaliação de 14 DAT, ao relacionar os T_2 e T_3 com tratamento sem NaCl (T_1), observa-se um aumento da concentração deste soluto de, respectivamente, 1,32 e 5,92 vezes nas folhas, 1,28 e 5,45 vezes nos caules e 1,51 e 3,64 vezes nas raízes (Figuras 2 A, 2 B e 2 C).

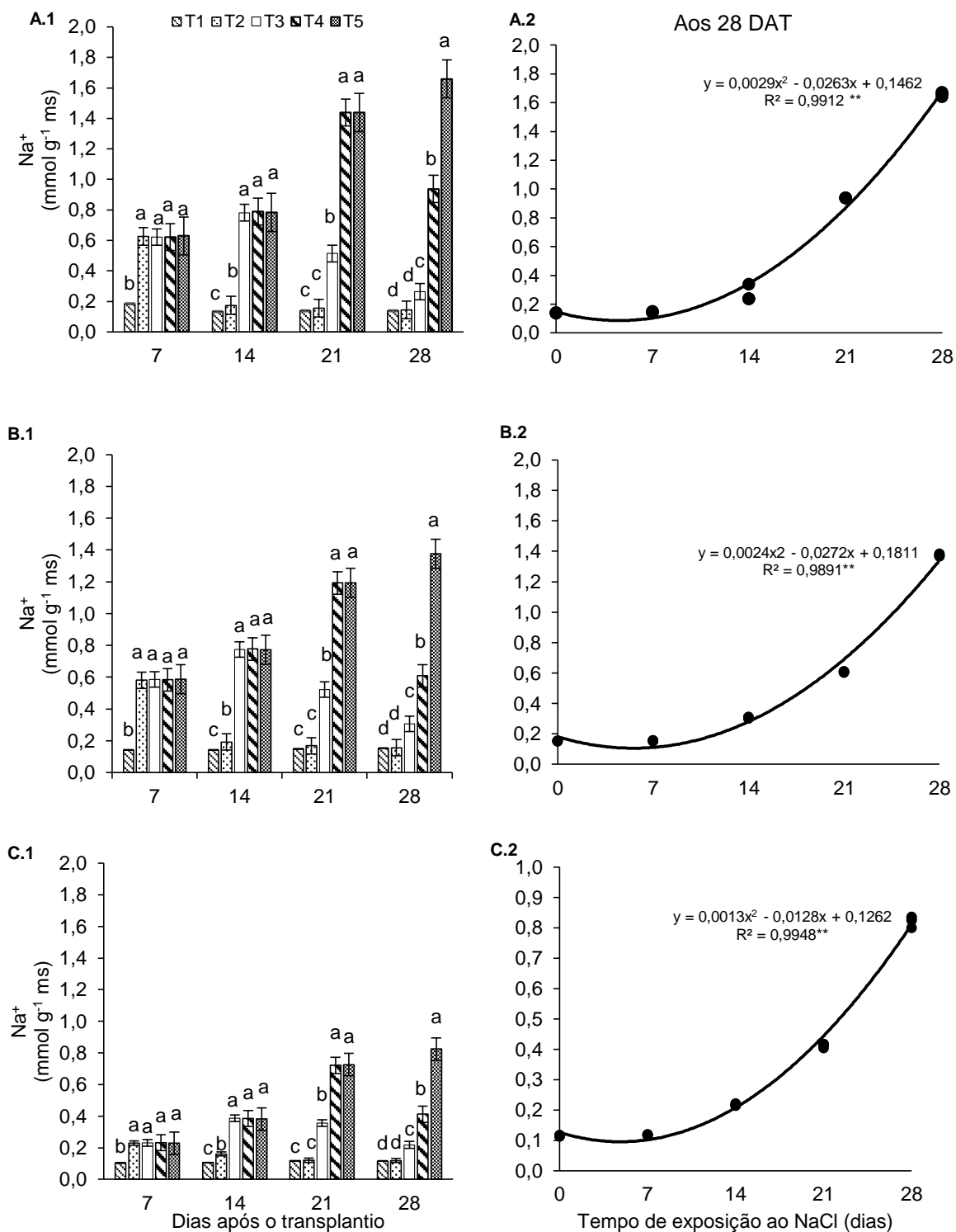


Figura 2 - Teores de Na⁺ nas folhas (A), caules (B) e raízes (C) em plantas de manjericão em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃- exposição ao NaCl por 14 dias; T₄- exposição ao NaCl por 21 dias; T₅- exposição ao NaCl por 28 dias. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Aos 21 DAT, comparando o T₃ e T₄ com o T₁, nota-se que o aumento do Na⁺ foi de, respectivamente, 3,69 e 10,35 vezes nas folhas, 3,51 e 8,00 vezes nos caules e 3,02 e 6,40 vezes nas raízes.

Pela avaliação dos resultados obtidos aos 28 DAT, observa-se pela regressão de modelo polinomial, que não houve um aumento significativo das concentrações do Na⁺ nas folhas, caules e raízes do manjeriço quando as plantas foram submetidas ao NaCl por até 7 dias; os manjeriços que foram expostos a 14 dias de estresse apresentaram uma concentração deste soluto superior às que foram cultivadas sem exposição ao NaCl (Figuras 2 A.2, B.2, C.2), contudo este acúmulo não reduziu a produção de óleo essencial destas plantas (Figura 1).

Aos 28 DAT também observa-se que as plantas que apresentaram os maiores teores de Na⁺ em seus órgãos foram aquelas expostas à solução nutritiva salina por 28 dias nestas condições, ao analisar os resultados obtidos nas folhas, caules e raízes do manjeriço verifica-se um aumento de, respectivamente, 11,9, 8,93 e 7,10 vezes quando compara-se os resultados obtidos nas plantas submetidas à salinidade por 0 dias (Figuras 2 A.2, B.2, C.2).

Os maiores acúmulos do Na⁺ nas partes áreas do manjeriço em função do tempo de exposição das plantas à salinidade, indicam que essa espécie não possui mecanismos eficientes de redistribuição e exclusão deste íon após o processo de absorção. O acúmulo do Na⁺ nas folhas e caules das plantas, em condições salinas, causa toxicidade iônica, resultando em perda de área foliar e consequente redução da atividade fotossintética, ocasionando redução da produtividade (MAIA et al., 2012), fato observado nos resultados de produção do óleo essencial obtidos neste experimento (Figura 1).

Houve efeito significativo do aumento do tempo de exposição ao estresse salino no acúmulo do Cl⁻ ($p < 0,05$), aos 7, 14, 21 e 28 DAT (Figura 3).

Na primeira avaliação, aos 7 DAT, observa-se um aumento das concentrações de Cl⁻ nas folhas, caules e raízes das plantas submetidas à salinidade e este acréscimo foi de, respectivamente, 3,39, 3,72 e 1,48 vezes, ao comparar os T₂ com o tratamento testemunha (T₁). Aos 14 DAT, quando compara-se o T₂ e T₃ com o T₁, observa-se um aumento dos teores de Cl⁻ de, respectivamente, 1,42 e 3,84 vezes nas folhas, 1,50 e 4,10 vezes nos caules e 1,40 e 3,57 vezes nas raízes (Figuras 3 A.1, B.1 e C.1).

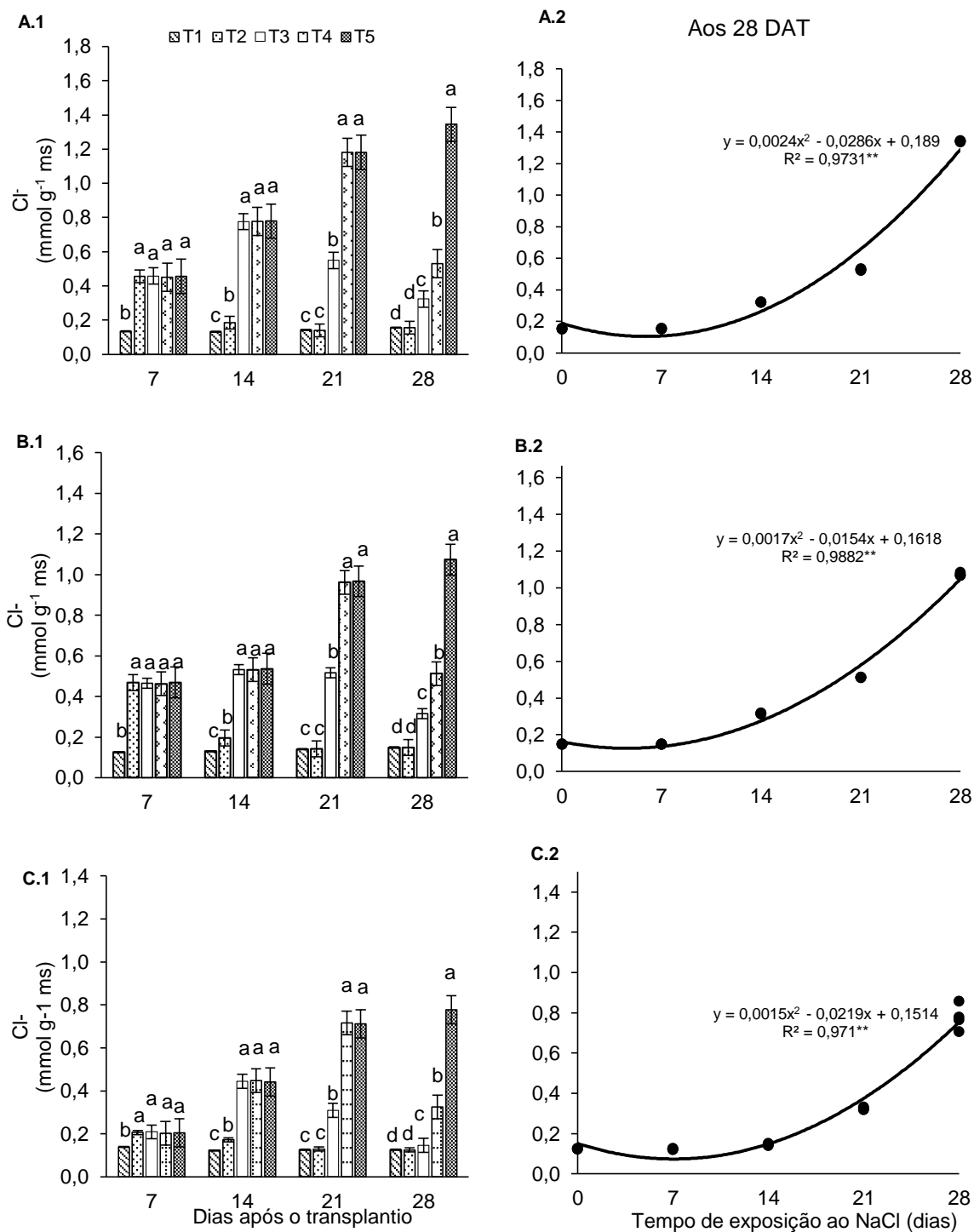


Figura 3 - Teores de Cl^- nas folhas (A), caules (B) e raízes (C) em plantas de manjericão em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃- exposição ao NaCl por 14 dias; T₄- exposição ao NaCl por 21 dias; T₅- exposição ao NaCl por 28 dias. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na avaliação de 21 DAT, ao relacionar o T₃ e T₄ com o T₁, verifica-se que o acréscimo do Cl⁻ foi de, respectivamente, 3,84 e 8,26 vezes nas folhas, 3,66 e 6,85 vezes nos caules e 2,38 e 5,64 vezes nas raízes (Figuras 3 A.1, B.1 e C.1).

As respostas dos teores de Cl⁻ nos órgãos das plantas de manjeriço, assemelham-se ao verificado para o Na⁺, desse modo, pelos resultados encontrados aos 28 DAT observa-se pela regressão de comportamento quadrático, que praticamente não houve um aumento dos teores de Cl⁻ nas folhas, caules e raízes do manjeriço que foram expostas à solução nutritiva salina por até 7 dias; as plantas que foram expostas ao NaCl por 14 dias apresentaram um acúmulo superior em comparação às que não foram submetidas à salinidade (Figuras 3 A.2, B.2 e C.2) contudo esta concentração não reduziu a produção de óleo essencial destas plantas (Figura 1).

Ao final dos 28 DAT também observa-se que as plantas expostas ao NaCl por 28 dias apresentaram as maiores concentrações de Cl⁻ nas folhas, caules e raízes de manjeriço, nestas condições, verifica-se um aumento de, respectivamente, 8,68, 7,20 e 6,17 vezes quando compara-se com os teores obtidos nas plantas com 0 dias de exposição à salinidade; pelos valores médios encontrados, observa-se também que o acúmulo do Cl⁻ na parte aérea das plantas (folhas e caules) foi mais acentuado do que nas raízes (Figuras 3 A.2, B.2 e C.2).

De acordo com Willadino e Camara (2010), as plantas que são expostas por um maior tempo à salinidade acumulam em seus tecidos maiores quantidade de Na⁺ e Cl⁻. O maior acúmulo do cloreto na parte aérea do manjeriço justifica-se pelo fato deste ânion deslocar-se facilmente com a água da solução nutritiva, sendo absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração.

Em algumas espécies, o acúmulo excessivo de Cl⁻ pode causar toxicidade e decréscimo na fotossíntese causando redução no acúmulo de massa seca das folhas (SOUZA et al., 2011), fato que possivelmente relaciona-se à menor produção de óleo essencial observada aos 28 DAT (Figura 1).

Nesse contexto, os resultados obtidos sugerem não ter havido mecanismos de exclusão do Na⁺ e Cl⁻ após a absorção, o que resultou num maior acúmulo destes íons nas partes aéreas das plantas de manjeriço. As altas concentrações destes íons resultam em alterações no balanço hormonal, na perda de turgescência das células guardas e em reduções generalizadas das atividades metabólicas das plantas sob toxidez (GORHAM et al., 1988).

Houve efeito significativo do tempo de exposição ao estresse salino nos teores de K^+ ($p < 0,05$), aos 7, 14, 21 e 28 DAT.

Na primeira avaliação, aos 7 DAT, observa-se decréscimos nos teores de K^+ nas folhas, caules e raízes do manjeriço de, respectivamente, 2,77, 2,48 e 2,32 vezes ao comparar os T_1 e T_2 . Aos 14 DAT, ao relacionar o T_1 com o T_2 e T_3 , observa-se uma redução da concentração deste soluto de, respectivamente, 1,41 e 2,11 vezes nas folhas, 1,60 e 2,35 vezes nos caules e 1,42 e 2,21 vezes nas raízes (Figuras 4 A.1, B.1 e C.1).

Na avaliação de 21 DAT, ao comparar o tratamento T_1 com o T_3 e T_4 , verifica-se uma diminuição dos teores do K^+ de, respectivamente, 1,47 e 3,22 vezes nas folhas, 1,58 e 3,24 vezes nos caules e 1,58 e 2,82 vezes nas raízes (Figuras 4 A.1, B.1 e C.1).

Os resultados obtidos aos 28 DAT indicam que houve uma tendência de redução linear das concentrações do K^+ nas folhas, caules e raízes do manjeriço em função do aumento do tempo de exposição das plantas de manjeriço ao NaCl e estes decréscimos foram mais acentuados aos 28 dias de exposição ao estresse salino, nestas condições as reduções foram de 3,36, 3,28 e 3,29 vezes nas folhas, caules e raízes, respectivamente.

O acúmulo do K^+ nos órgãos do manjeriço podem ter sido inibidos pelas altas concentrações de Na^+ através do antagonismo que existe entre esses dois íons, uma vez que o excesso de Na^+ na solução nutritiva provavelmente favoreceu a sua absorção em detrimento à do K^+ .

As reduções nos teores de K^+ em função do tempo de exposição das plantas de manjeriço ao estresse salino são causadas principalmente pelo aumento no efluxo de K^+ devido aos danos nas membranas e diminuição no influxo, por inibição no sistemas de alta e baixa afinidade de K^+ (ALVES et al., 2009).

De acordo com Willadino e Camara (2010), o K^+ é ativador de mais de 50 enzimas importantes no metabolismo vegetal e não pode ser substituído, ainda que parcialmente, pelo Na^+ nesta função, de modo que um maior acúmulo do Na^+ acarretará na interrupção de vários processos metabólicos essenciais. Os resultados encontrados concordam com o observado por Menezes (2017), que verificou um maior acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- e uma redução nos teores de K^+ em plantas de manjeriço cv. Toscano Folha de Alface expostas à salinidade por 30 dias.

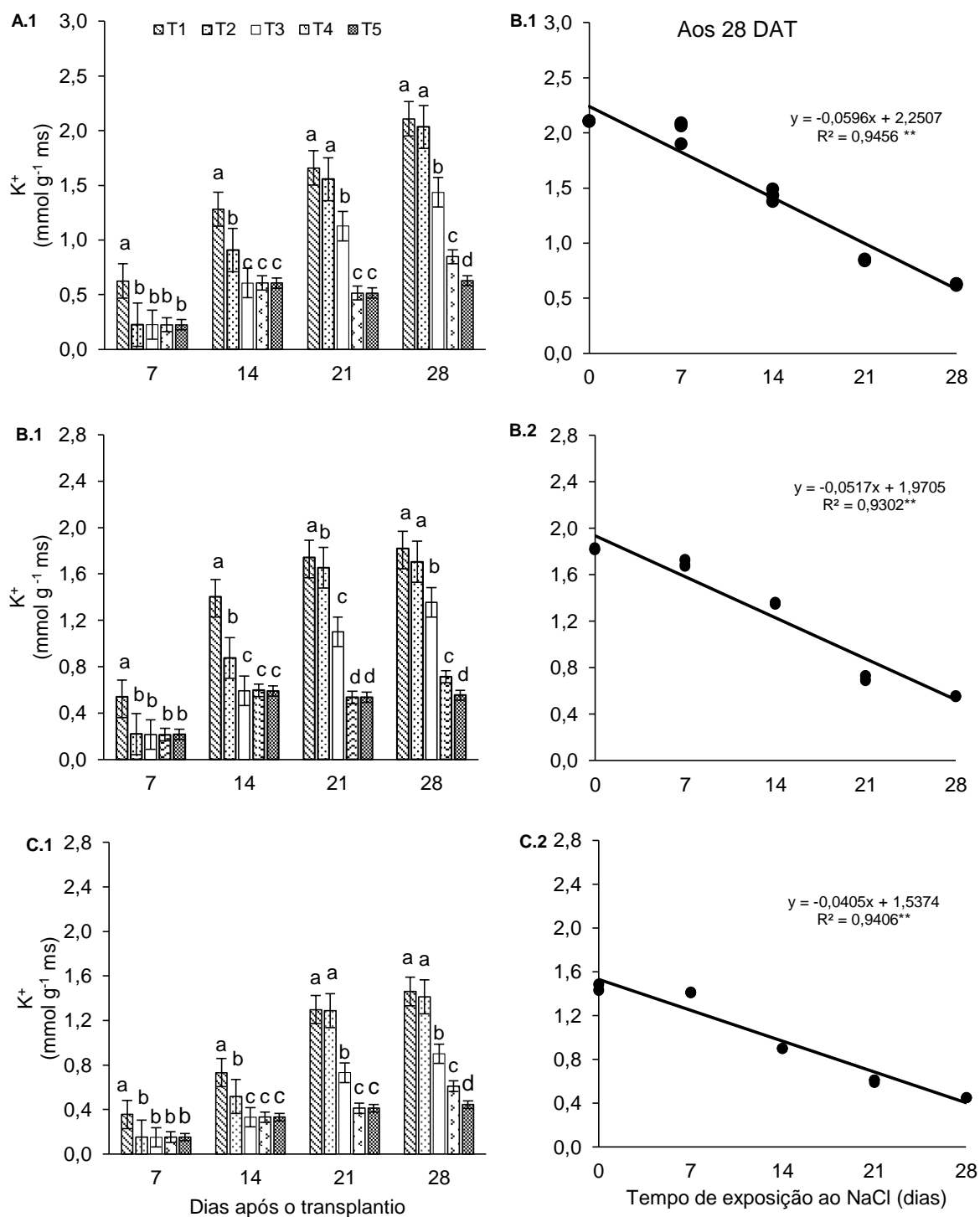


Figura 4 - Teores de K^+ nas folhas (A), caules (B) e raízes (C) em plantas de manjericão em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃- exposição ao ao NaCl por 14 dias; T₄- exposição ao ao NaCl por 21 dias; T₅- exposição ao ao NaCl por 28 dias. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve efeito significativo do tempo de exposição ao estresse para a razão K^+/Na^+ ($p < 0,05$), aos 7, 14, 21 e 28 DAT. Aos 7 DAT, nota-se decréscimos na razão K^+/Na^+ nas folhas, caules e raízes do manjeriço de, respectivamente, 9,41, 10,13 e 6,61 vezes ao comparar as plantas cultivadas no T₁ com as do T₂ (Figuras 5 A.1, B.1 e C.1).

Aos 14 DAT, ao relacionar o tratamento T₁ o T₂ e T₃, observa-se uma redução desta razão de, respectivamente, 1,86 e 12,5 vezes nas folhas, 2,05 e 12,5 vezes nos caules e 2,09 e 7,87 vezes nas raízes. Na avaliação de 21 DAT, ao comparar os resultados das plantas submetidas ao T₁ com as do T₂, T₃ e T₄, verifica-se uma diminuição da razão K^+/Na^+ de, respectivamente, 1,19, 5,43, 33,26 vezes nas folhas, 1,19, 5,56 e 25,98 vezes nos caules e 1,28, 6,66 e 24,12 vezes nas raízes (Figuras 5 A.1, B.1 e C.1).

Pela avaliação dos resultados obtidos aos 28 DAT, observa-se pela regressão linear, que houve uma tendência de redução da razão K^+/Na^+ nas folhas, caules e raízes do manjeriço com o aumento do tempo de exposição ao NaCl as plantas que foram expostas aos estresse salino por 21 e 28 dias tiveram uma redução significativa no teor de K^+ e conseqüentemente um decréscimo na produção; aos 28 dias os altos teores de Na^+ nos órgãos das plantas expostas ao estresse salino comprometeu o acúmulo do K^+ , nestas condições observa-se um decréscimo da razão K^+/Na^+ de 40,20, 29,33 e 23,43 vezes, nas folhas, caules e raízes, respectivamente.

Quando as plantas são expostas à salinidade a absorção do K^+ é bastante afetada e a homeostase K^+/Na^+ é alterada (GHARS et al., 2008), uma vez que o Na^+ compete pelos sítios de absorção dos transportadores de K^+ . Com o acentuado influxo de Na^+ nas células, há uma despolarização significativa da membrana plasmática, o que dificulta a absorção passiva do K^+ pelos canais, fazendo com que estes íon fique indisponível às plantas (CHINNUSAMY et al., 2005).

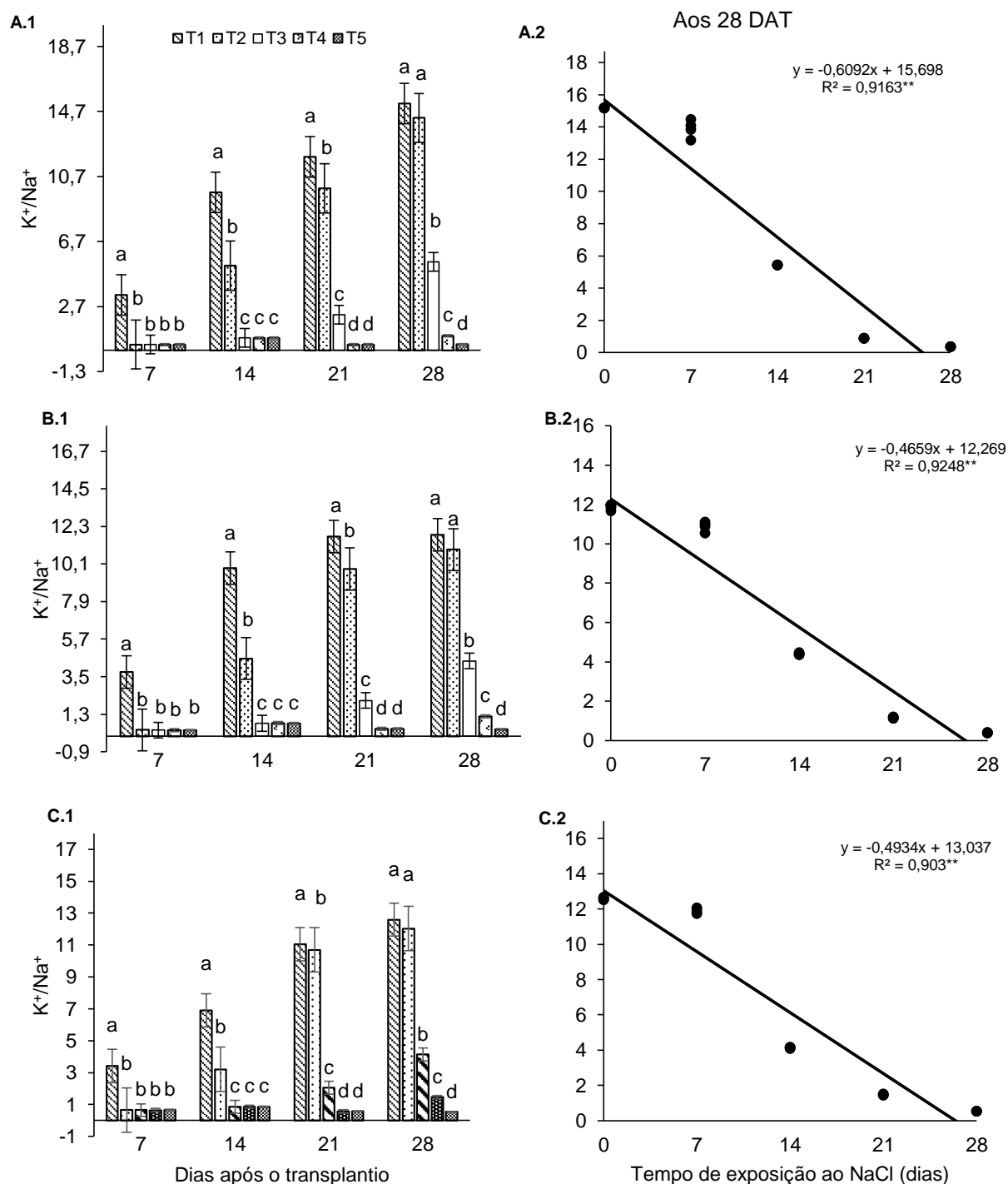


Figura 5 - Razão K^+/Na^+ nas folhas (A), caules (B) e raízes (C) em plantas de manjericão em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃- exposição ao ao NaCl por 14 dias; T₄- exposição ao ao NaCl por 21 dias; T₅- exposição ao ao NaCl por 28 dias. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Assim, o aumento da concentração de Na^+ nas plantas de manjeriço possivelmente ocasionou nestas, o desbalanceamento de íons e danos ao citoplasma, prejudicando a absorção de nutrientes minerais e alterando as funções fisiológicas essenciais para o desenvolvimento destas plantas, fato observado nas reduções da produção de óleo verificadas neste trabalho.

Para a análise dos carboidratos solúveis, observa-se que houve efeito significativo do tempo de exposição ao estresse salino ($p < 0,05$), aos 7, 14, 21 e 28 DAT (Figuras 6 A.1 e B.1).

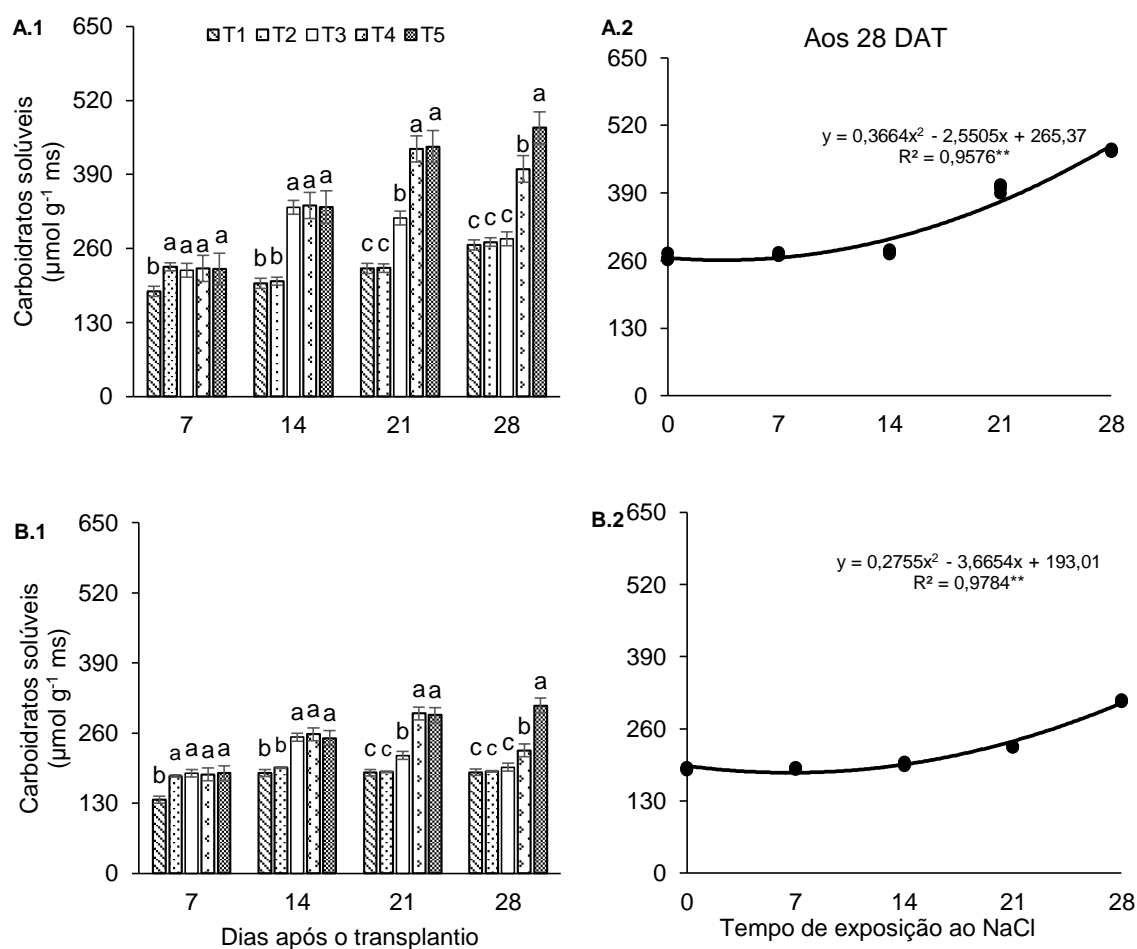


Figura 6. Teores de carboidratos solúveis em folhas (A) e raízes (B) de manjeriço em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃- exposição ao NaCl por 14 dias; T₄- exposição ao NaCl por 21 dias; T₅- exposição ao NaCl por 28 dias. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na primeira avaliação, aos 7 DAT, observa-se um aumento das concentrações de carboidratos solúveis nas folhas e raízes de manjeriço submetidas à salinidade (T_2 , T_3 , T_4 e T_5) e este acréscimo foi de, respectivamente, 23,09 e 32,13%. Aos 14 DAT, quando compara-se o T_3 com o T_1 , observa-se um aumento dos teores deste soluto orgânico de, 67,60 e 35,84%, nas folhas e raízes, respectivamente. Na avaliação de 21 DAT, ao relacionar o T_3 e T_4 com T_1 verifica-se que houve um aumento dos teores dos carboidratos solúveis de, respectivamente, 46,64 e 93,36% nas folhas e 17,12 e 58,81%, nas raízes (Figuras 6 A.1 e B.1).

Os resultados aos 28 DAT indicam que os teores de carboidratos solúveis ajustaram-se ao modelo de regressão polinomial, de modo que esta variável quase não foi influenciada até os 14 dias de exposição à salinidade. Contudo, houve uma tendência de aumento das concentrações deste soluto aos 21 e 28 dias de exposição, sendo que aos 28 dias foi verificado um maior acréscimo dos teores de carboidratos solúveis foi de 77,17 e 69,32% nas folhas e raízes, respectivamente (Figuras 6 A.2 e B.2).

Parida et al. (2005) afirmaram que o incremento dos carboidratos solúveis em plantas expostas à salinidade tem um papel fundamental na regulação osmótica e na manutenção dos níveis de água. Estes autores ainda afirmam que esse acúmulo é uma resposta das plantas ao estresse salino, uma vez que a alta concentração de carboidratos livres atuam como osmoprotetor, como reserva de carbono, além de combater os radicais livres.

Houve efeito significativo do tempo de exposição das plantas à salinidade nos teores de proteínas solúveis ($p < 0,05$), aos 7, 14, 21 e 28 DAT (Figuras 7 A.1 e B.1).

Aos 7 DAT observa-se um aumento dos teores de proteínas livres nas folhas e raízes de manjeriço expostas à salinidade (T_2 , T_3 , T_4 e T_5) e este acréscimo foi de, respectivamente, 26,48 e 10,60%. Aos 14 DAT, quando compara-se os resultados obtidos nos T_2 e T_3 com o T_1 , observa-se um aumento dos teores deste soluto orgânico de, respectivamente, 18,05 e 44,42% nas folhas e 11,90 e 40,81% nas raízes. Na avaliação de 21 DAT, ao relacionar o T_3 e T_4 com o T_1 , verifica-se que houve um aumento das proteínas livres de, respectivamente, 23,14 e 54,01% nas folhas e 23,15 e 71,84%, nas raízes (Figuras 7 A.1 e B.1).

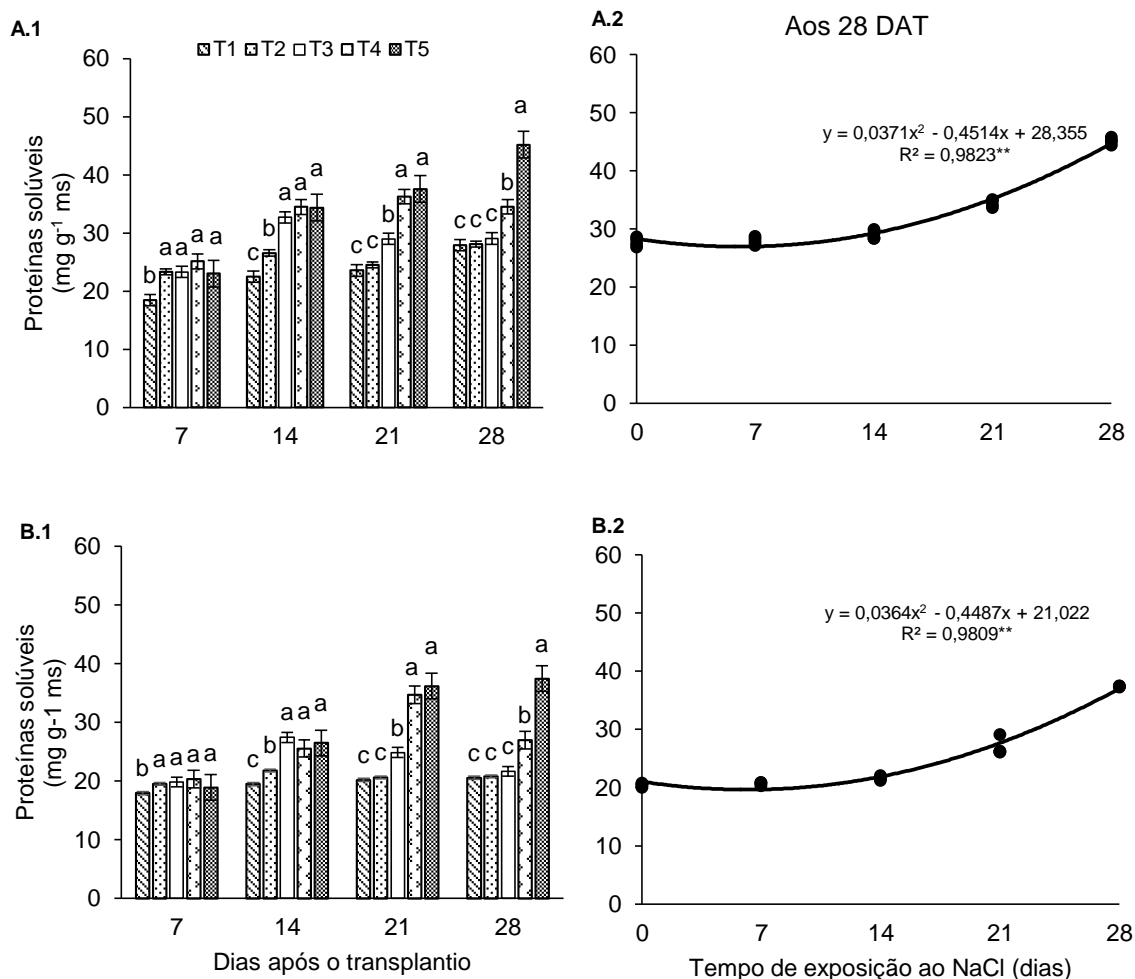


Figura 7. Teores de proteínas solúveis em folhas (A) e raízes (B) de manjericão em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃ – exposição ao NaCl por 14 dias; T₄ – exposição ao NaCl por 21 dias; T₅ – exposição ao NaCl por 28 dias. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Aos 28 DAT, observa-se pela regressão de comportamento quadrático que não houve uma redução significativa das concentrações de proteínas solúveis nas folhas e raízes de manjericão quando as plantas foram submetidas ao NaCl por até 14 dias; a exposição do manjericão ao estresse salino por 28 dias resultou numa maior concentração deste soluto, com acréscimos de 62,14 e 82,36%, nas folhas e raízes, respectivamente, sugerindo assim que a síntese da proteína nestas plantas é estimulada pela duração da salinidade (Figuras 7 A.2 e B .2).

De acordo com Subbarao (2000), algumas plantas acumulam proteínas após a exposição a agentes estressores, como a salinidade. As razões para esse incremento relacionam-se com necessidade de proteção das membranas e a retenção de água, fatores esses, que atuam na osmorregulação celular (ZHU, 2003). Por meio desse ajuste, as plantas expostas à salinidade poderiam manter os níveis de água nas folhas, bem como o equilíbrio osmótico das células (LOBATO et al., 2008).

Houve efeito significativo da duração da exposição ao estresse salino nos teores de aminoácidos livres ($p < 0,05$), aos 7, 14, 21 e 28 DAT.

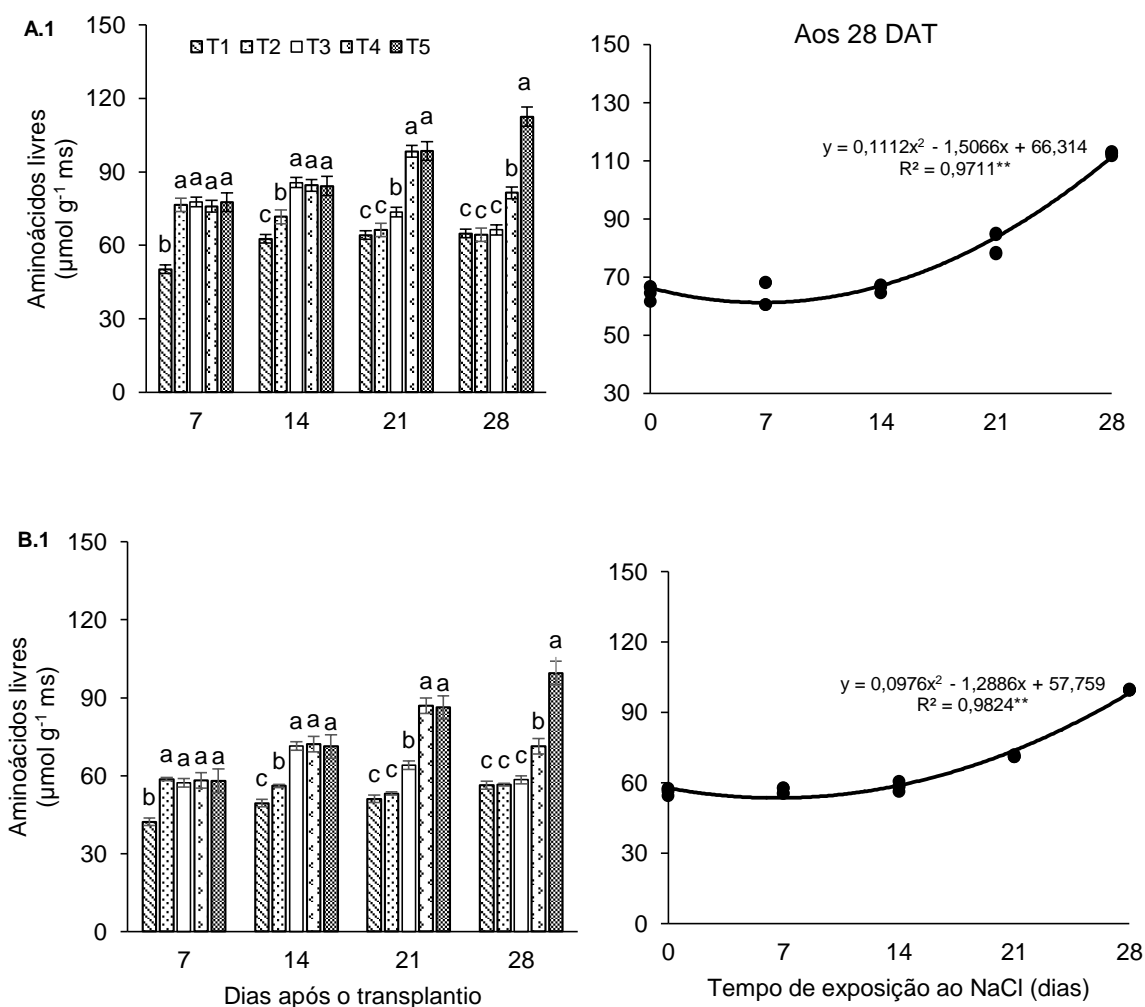


Figura 8. Teores de aminoácidos livres em folhas (A) e raízes (B) de manjericão em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃ – exposição ao NaCl por 14 dias; T₄ – exposição ao NaCl por 21 dias; T₅ – exposição ao NaCl por 28 dias. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na primeira avaliação, aos 7 DAT, observa-se no T₂ um aumento nos teores de aminoácidos livres de, 54,65 e 38,85% nas folhas e raízes do manjericão, respectivamente. Aos 14 DAT, ao relacionar o T₂ e T₃ com o T₁, observa-se um acréscimo da concentração deste soluto orgânico de, respectivamente, 14,59 e 35,00 % nas folhas e 13,46 e 44,64% nas raízes. Na avaliação de 21 DAT, ao comparar o T₃ e T₄ com o T₁, verifica-se um aumento dos aminoácidos livres de, respectivamente, 14,62 e 53,32% nas folhas e 25,69 e 70,43% nas raízes (Figuras 8 A.1 e B.1).

Aos 28 DAT, nota-se pela regressão de modelo polinomial, que não houve um aumento significativo dos teores de aminoácido livres nas folhas e raízes das plantas de manjericão submetidas ao NaCl por até 14 dias; a exposição do manjericão ao estresse salino por 21 e 28 dias resultaram numa maior concentração de aminoácidos livres, observa-se que no maior tempo de exposição aos estresse salino (28 dias), o aumento dos teores de aminoácidos livres foram de 73,53 e 76,64% nas folhas e raízes, respectivamente (Figuras 8 A.2 e B.2).

De acordo com Nascimento et al. (2015), o estresse salino desencadeiam um conjunto de alterações bioquímicas, entre elas a elevação da concentração celular de aminoácidos solúveis. O acúmulo deste soluto orgânico possivelmente associa-se ao ajustamento osmótico dos tecidos vegetais (SUBBARAO, 2000).

Houve efeito significativo do tempo de exposição ao estresse salino nos teores de prolina livres ($p < 0,05$), aos 7, 14, 21 e 28 DAT.

Aos 7 DAT, observa-se um aumento nos teores de prolina livres de, 36,56 e 36,54%, respectivamente, nas folhas e raízes do manjericão expostas ao estresse salino por 7 dias (T₂). Aos 14 DAT, ao relacionar o T₃ com o T₁, observa-se um acréscimo da concentração deste soluto de, 38,16 e 64,96%, respectivamente, nas folhas e nas raízes do manjericão. Na avaliação de 21 DAT, ao comparar o T₃ e T₄ com o tratamento sem NaCl (T₁), verifica-se um aumento das prolina livres, de respectivamente, 10,99 e 60,29% nas folhas e 25,31 e 69,84%, nas raízes (Figuras 9 A.1 e 9 B.1).

Pela avaliação dos resultados obtidos aos 28 DAT, observa-se pela regressão de modelo polinomial, que não houve uma redução significativa dos teores de prolina livres nas folhas e raízes de manjericão quando as plantas foram submetidas ao NaCl por até 14 dias; a exposição do manjericão ao estresse salino por 21 e 28 dias resultaram numa maior concentração deste soluto, sendo que as

plantas expostas à salinidade por um maior tempo apresentam um aumento nos teores deste soluto de 59,48% nas folhas e 85,32% nas raízes.

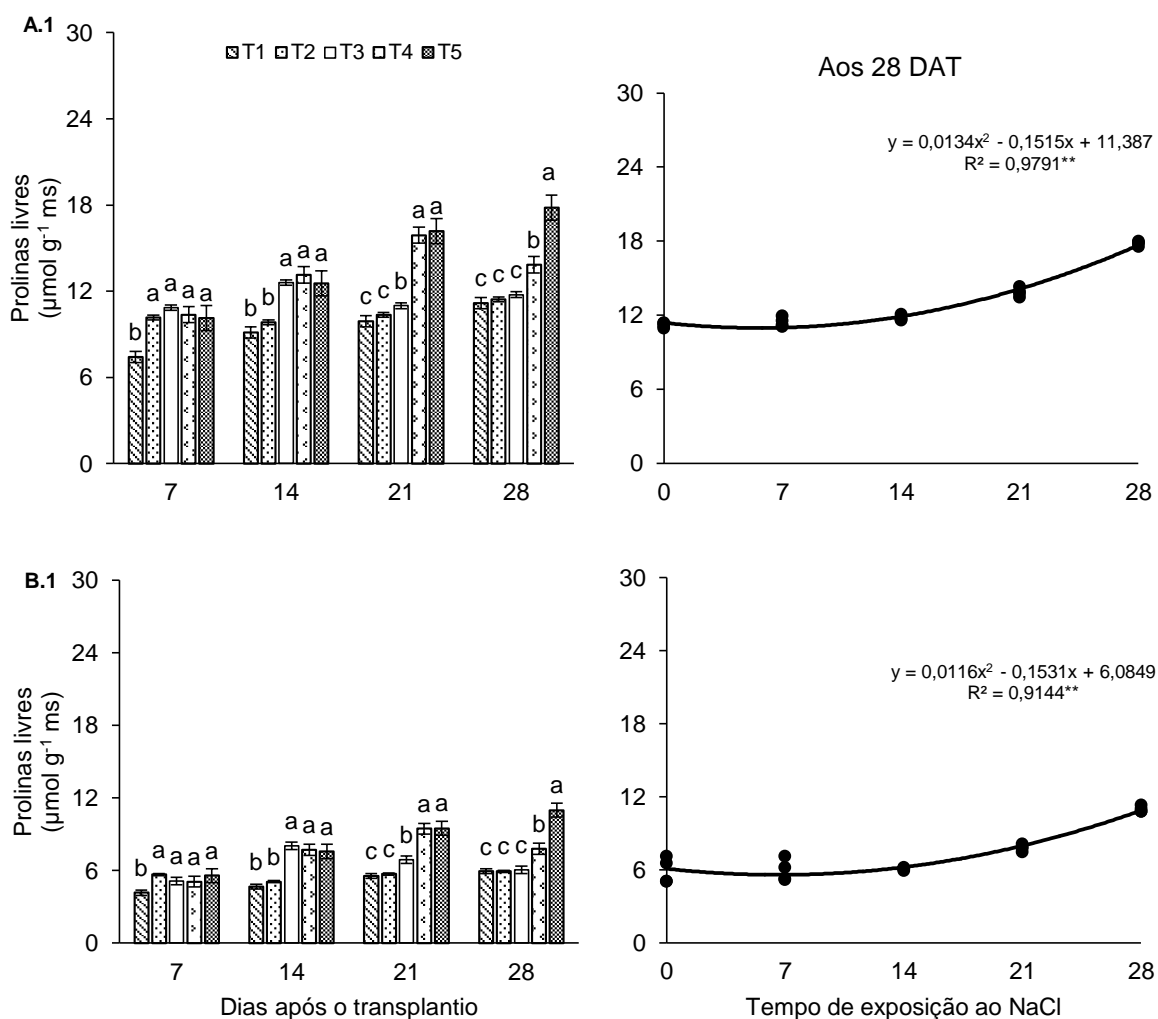


Figura 9. Teores de prolina livre em folhas (A) e raízes (B) de manjericão em diferentes tempos de exposição ao estresse salino. T₁ – sem exposição ao NaCl; T₂ – exposição ao NaCl por 7 dias; T₃ – exposição ao NaCl por 14 dias; T₄ – exposição ao NaCl por 21 dias; T₅ – exposição ao NaCl por 28 dias. As barras indicam o erro padrão das médias. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O maior acúmulo de prolina livre em função do aumento do tempo de exposição ao NaCl é de grande relevância uma vez que este soluto funciona como osmorregulador reduzindo os efeitos deletérios do NaCl nas plantas (Figuras 9 A.2 e B.2).

Diversos estudos têm demonstrado que o acúmulo de prolina está relacionada à resistência a fatores abióticos como o estresse salino (ASHARAF e HARRIS, 2004). Segundo Silveira et al. (2010), a prolina pode desempenhar um papel importante na osmorregulação de células sob estresse salino e na estabilização de estruturas subcelulares (membranas e proteínas), além disso este soluto também pode exercer um papel na proteção contra espécies reativas do oxigênio ou mesmo como sinalizador celular, sendo esses efeitos benéficos para as células sob condições de estresse.

Neste estudo foram observados uma grande acúmulo dos teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolinas livres nas folhas e raízes das plantas expostas ao estresse salino por 21 e 28 dias, a alta concentração destes solutos orgânicos sugerem que há um maior custo energético para a osmorregulação através da síntese destes compostos. O aumento destes custos possivelmente ocasionaram efeitos deletérios para as plantas, como a redução do teor e rendimento do óleo observados neste trabalho (Figura 1).

CONCLUSÕES

A exposição das plantas de manjeriço a 60 mM de NaCl por 21 e 28 dias afeta negativamente a produção de óleo essencial.

As plantas de manjeriço submetidas à salinidade de 60 mM de NaCl por 21 e 28 dias acumulam maiores concentrações de Na⁺, Cl⁻, bem como de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolinas livres; os teores de K⁺ e a razão K⁺/Na⁺ reduzem em função do aumento do tempo de exposição ao NaCl;

O manjeriço não apresenta mecanismos de restrição ao transporte de Na⁺ e Cl⁻ para as folhas; o acúmulo dos solutos orgânicos nas folhas e raízes do manjeriço é uma estratégia das plantas para reduzir os efeitos deletérios do NaCl;

A aplicação da solução nutritiva salina de 60 mM de NaCl por até 14 dias não ocasiona, nas condições avaliadas, reduções significativas da produção de óleo essencial, e nem promove um acréscimo dos teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolinas livres das plantas de manjeriço produzidas em hidroponia, com o ciclo produtivo da cultura de 28 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, F. A. L.; SILVA, S. L. F.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. Mecanismos fisiológicos envolvidos com a diminuição de K⁺ em raízes de cajueiro causada por NaCl. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n. 4, p. 588-595, 2009.
- ALVES, L.S.; PAZ, V.P.S.; SILVA, A.J.P.; OLIVEIRA, G.X.S.; OLIVEIRA, F.E.R.; AMORIM, E.L. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de plantas de manjeriço submetidas ao estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, p.807-813, 2015.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, n.1, p.3-16, 2004.
- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n.1, p. 205-207, 1973.
- BIONE, M. A. A.; PAZ, V.P.S.; SILVA, F.; RIBAS, R.F.; SOARES, T.M. Growth and production of basil in NFT hydroponic system under salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1228–1234, 2014.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, n. 1-2, p.246-254, 1976.
- BRESSAN, D.F. **Água de reuso e seu efeito sobre parâmetros fisiológicos em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. Botucatu – SP. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2015. Tese de Doutorado.
- CHINNUSAMY, V.; JAGENDORF, A.; ZHU, J. K. Understanding and improving salt tolerance in plants. **Crop Science**, v. 45, n.2, p.437-448, 2005.
- COVA, A. M. W.; FREITAS, F. T. O.; VIANA, P. C.; RAFAEL, M. R. S.; AZEVEDO NETO, A. D.; SORAES, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with

brackish water in different hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n. 3, p.150-155, 2017.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

FAITHFULL, N. T. **Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook**. Wallingford: CABI Publishing, 2002, p. 2006.

FAVORITO, P.A; ECHER, M.M; OFFEMANN, L.C; SCHLINDWEIN, M.D; COLOMBARE, L.F; SCHINEIDER, R.P; HACHMANN, T.L. Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n. spe, p. 582-586, 2011.

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

GHARS, M. A.; PARRE, E.; DEBEZ, A.; BORDENAVE, M.; RICHARD, L.; LEPORTE, L.; BOUCHEREAU, A.; SAVOURÉ, A.; ABDELLEY, C. Comparative salt tolerance analysis between *Arabidopsis thaliana* and *Thellungiella halophyla*, with special emphasis on K^+/Na^+ selective and proline accumulation. **Journal of Plant Physiology**, v. 165, n.6, p. 588-599, 2008.

GORHAM, J. TOMAR, O. S.; JONES, G. R. Salinity induced changes in the chemical composition of *Leucaena leucocephala* and *Sesbania bispinosa*. **Journal of Plant Physiology**, v. 132, n. 66, p. 678–682, 1988

HUSSAIN, A. I.; ANWAR, F.; HUSSAIN, S. S. T.; PRZYBYLSKI, R. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum* L.)

essential oils depends on seasonal variations. **Food Chemistry**, v. 108, n. 3, p. 986-995, 2008.

JONES, J.B. **Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis**. Boca Raton: CRC Press, 2001.

LOBATO, A.K.S.; OLIVEIRA NETO, C.F.; COSTA, R.C.L.; SANTOS FILHO, B.G.; CRUZ, F.J.R.; LAUGHINGHOUSE IV, H.D. Biochemical and physiological behavior of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. under stress during the vegetative phase. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.7, n.1, p.44-49, 2008.

MAIA, J. M. M. SILVA, S. L. F.; VOIGHT, E. L.; MACÊDO, C. E. C.; PONTE, L. F. A.; SILVEIRA, J. A. G. Atividade de enzimas antioxidantes e inibição do crescimento radicular de feijão caupi sob diferentes níveis de salinidade. **Acta Botânica Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 342-349, 2012.

MARQUES, P. A. A.; JOSÉ, J. V.; ROCHA, H. S. da; FRAGA JÚNIOR; E. F.; SOARES, D. A.; DUARTE, S. N. Consumo hídrico do manjeriço por meio de lisímetro de drenagem. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 745-761, 2015.

MENDES, B. S. S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P.C.; OLIVEIRA FILHO, R.A.; CAMARA, T.R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.

MENEZES, R.V. **Tolerância à salinidade em manjeriço sob cultivo hidropônico**. Cruz das Almas - BA, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2017. Tese de Doutorado.

MORAIS, L.; A.; S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009.

NASCIMENTO, H. H. C.; SANTOS, C. A.; FREIRE, C. S.; SILVA, M. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. **Revista Árvore**, v. 39, n.4, p. 641-653, 2015.

PARIDA, A.O.; DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, n.3, p.324-349, 2005.

PARIRAH, P.; SINGH, S.; SINGH, V.P.; PRASAD, S.M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 6, p. 4056–407, 2015.

PRAVUSCHI, P. R.; MARQUES, P. A. A.; RIGOLIN, B. H. M.; SANTOS, A. C. P. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 687- 693, 2010.

SANGWAN, N.S.; FAROOQI. A.H.A.; SHABIH, F.; SANGWAN, R.S. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v.6, n.34, p.3-21, 2001.

SEMIZ, G.D.; ÜNLÜKARA, A.; YURTSEVEN, E.; SUAREZ, D.L; TELCI, I. Salinity Impact on Yield, Water Use, Mineral and Essential Oil Content of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). **Journal of Agricultural Sciences**, v. 18, s.n. p.177-186, 2012.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S.; VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 5, p. 437-445, 2009.

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

SILVEIRA, J.A.G.; SILVA, S.L.F.; SILVA, E.N.; VIÉGAS, R.A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GREYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. In: **Manejo da salinidade na**

agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.161-180, 2010.

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

SUBBARAO, G.V. Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water stress. **Journal of Plant Physiology**, v.157, n.6, p.651-659, 2000.

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

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

VIEIRA, M.C.; CARLESSO, A.; HEREDIA ZARATE, N.A.; GONÇALVES, W.L.F.; TABALDI, L.A.; MELGAREJO, L. Consórcio de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) e alface sob dois arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v.1, n.esp, p.169-174, 2012.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analytical Chemistry**, London, v. 80, n. 948, p. 209-213, 1955.

ZHU, J.K. Regulation of ion homeostasis under salt stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v.6, n. 5, p.441-445, 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos mostram que o cultivo do manjeriçã em sistema hidropônico DFT apresenta-se como uma alternativa rentável aos produtores rurais, uma vez que esta técnica possibilita à redução da frequência de recirculação da solução nutritiva, o que resulta numa maior economia nos custos de produção, como a energia elétrica.

Por esta pesquisa também foi possível verificar que o consumo hídrico, o crescimento, a produção de massa seca e de óleo essencial do manjeriçã hidroponico são afetados pelas concentrações salinas de 40 e 80 mM de NaCl, a maior salinidade ainda causou sistomas deletérios (amarelecimento das folhas mais velhas) provenientes do estresse salino. Contudo, ao submeter estas plantas à 60 mM de NaCl por até 14 dias, observou-se que as mesmas conseguem alcançar ao final do cultivo de 28 dias índices de crescimento e a produção semelhantes às que não foram submetidas à salinidade.

Desse modo, estas informações servirão de suporte para um manejo mais adequado do manjeriçã, que possibilite a utilização da água salina associado há uma exploração agrícola economicamente viável.

As respostas das plantas de manjeriçã em função da salinidade também indicaram que estas realizam o ajuste osmótico como uma estratégia para reduzir os efeitos deletérios do NaCl.

Todavia, torna-se necessário a elaboração de novos trabalhos com o cultivo do manjeriçã em sistemas hidropônicos, visando definir técnicas da aplicação da água salina que possibilite uma produção viável com colheitas sucessivas desta planta. Outro fator importante é a analisar os efeitos do tempo de exposição à salinidade na composição química do óleo essencial do manjeriçã hidropônico.

APÊNDICE

Apêndices referentes aos capítulos 1 e 2

Apêndice 1 - Resumo da análise de variância e estimativas de contrastes para as variáveis de crescimento do manjeriço hidropônico, obtidos aos 18 e aos 30 dias após o transplântio.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio					
		AP	DC	NF	CR	VR	AF
18 DAT							
Frequência de recirculação (F)	1	4,811 ^{ns}	0,356 ^{ns}	68,055 ^{ns}	0,109 ^{ns}	1,389 ^{ns}	3827,833 ^{ns}
Concentrações de NaCl (C)	2	49,138 ^{**}	5,483 ^{**}	372,222 ^{**}	21,584 [*]	58,722 ^{**}	127692,130 ^{**}
F x C	2	5,860 ^{ns}	0,064 ^{ns}	70,388 ^{ns}	10,270 ^{ns}	0,388 ^{ns}	8421,216 ^{ns}
Fatorial xTrat. NFT	1	3,747 ^{ns}	2,067 ^{**}	373,722 ^{**}	10,058 ^{ns}	14,674 [*]	188638,512 ^{**}
Tratamento	6	10,475 ^{**}	2,255 ^{**}	238,00 ^{**}	12,313 ^{ns}	22,380 ^{**}	77448,839 ^{**}
T1 x Trat. NFT	1	0,040 ^{ns}	0,210 ^{ns}	3,000 ^{ns}	0,367 ^{ns}	1,000 ^{ns}	2,610 ^{ns}
T2 x Trat. NFT	1	0,060 ^{ns}	0,307 ^{ns}	3,200 ^{ns}	1,667 ^{ns}	0,333 ^{ns}	3,65 ^{ns}
Resíduo	14	2,795	0,119	7,19	4,805	2,333	1827,581
CV%		8,68	6,61	7,52	10,11	9,06	10,80
30 DAT							
Frequência de recirculação (F)	1	16,531 ^{ns}	3,294 ^{ns}	88,889 ^{ns}	19,220 ^{ns}	5,555 ^{ns}	5847,851 ^{ns}
Concentrações de NaCl (C)	2	134,238 ^{**}	18,888 ^{**}	7834,888 ^{**}	25,335 [*]	117,722 ^{**}	973549,017 ^{**}
F x C	2	2,193 ^{ns}	1,001 ^{ns}	89,555 ^{ns}	16,732 ^{ns}	21,055 ^{ns}	18510,703 ^{ns}
Fatorial vs. Testemunha	1	39,365 ^{**}	0,000 ^{ns}	1347,1746 ^{**}	145,931 ^{**}	45,841 ^{**}	683087,59 ^{**}
Tratamento	6	78,054 ^{**}	7,181 ^{**}	2880,8254 ^{**}	57,547 ^{**}	54,825 ^{**}	445509,15 ^{**}
T1 x Trat. NFT	1	1,250 ^{ns}	0,113 ^{ns}	3,333 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,667 ^{ns}	3,240 ^{ns}
T2 x Trat. NFT	1	1,053 ^{ns}	0,116 ^{ns}	4,000 ^{ns}	0,019 ^{ns}	3,667 ^{ns}	3,280 ^{ns}
Resíduo	14	4,546	0,2288	8,952	10,079	3,952	3774,606
CV%		7,45	6,44	5,57	9,27	9,97	7,41

** e * significante pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significante pelo teste de Tukey; Na análise dos contrastes - ^{ns} Não-significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade CV - Coeficiente de variação. AP – altura de planta; DC - diâmetro de caule; NF - número de folhas; CR- comprimento de raiz; VR- volume de raiz; AF- área foliar; DAT - dias após o transplântio.

Apêndice 2 - Resumo da análise de variância e estimativas de contrastes para as variáveis de produção de biomassa do manjeriço hidropônico, obtidos aos 18 e aos 30 dias após o transplântio.

Quadrado Médio						
Fator de Variação	GL	MSF	MSC	MSR	MST	MSR/MSPA
Aos 18 DAT						
Frequências de recirculação (F)	1	0,155 ^{ns}	0,058 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,640 ^{ns}	0,012 ^{ns}
Concentrações de NaCl (C)	2	1,940 ^{**}	0,472 ^{**}	0,051 ^{**}	3,253 ^{**}	0,011 ^{ns}
F x C	2	0,095 ^{ns}	0,059 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,365 ^{ns}	0,022 ^{ns}
Fatorial xTrat. NFT	1	0,163 ^{ns}	0,312 ^{ns}	0,153 ^{ns}	4,169 ^{ns}	0,120 ^{ns}
Tratamento	6	1,850 [*]	1,102 [*]	1,072 [*]	1,274 [*]	1,011 ^{ns}
T1 x Trat. NFT	1	0,180 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,070 ^{ns}	0,423 ^{ns}	0,021 ^{ns}
T 2x Trat. NFT	1	0,170 ^{ns}	0,300 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,429 ^{ns}	0,019 ^{ns}
Resíduo	14	0,070	0,029	0,002	0,255	0,001
CV%		7,96	9,11	9,64	9,48	7,35
Aos 30 DAT						
Frequências de recirculação (F)	1	0,530 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,336 ^{ns}	0,019 ^{ns}
Concentrações de NaCl (C)	2	12,900 ^{**}	11,781 ^{**}	0,072 ^{ns}	16,564 ^{**}	0,044 ^{**}
F x C	2	0,200 ^{ns}	0,256 ^{ns}	0,013 ^{ns}	1,037 ^{ns}	0,026 ^{ns}
Fatorial vs. Testemunha	1	0,212 ^{ns}	0,946 ^{ns}	0,226 ^{ns}	20,346 ^{**}	0,017 ^{ns}
Tratamento	6	4,992 [*]	5,102 [*]	2,124 [*]	2,000 ^{ns}	1,214 ^{**}
T1 x Trat. NFT	1	0,380 ^{ns}	0,390 ^{ns}	0,030 ^{ns}	0,246 ^{ns}	0,017 ^{ns}
T2 x Trat. NFT	1	0,109 ^{ns}	0,570 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,312 ^{ns}	0,015 ^{ns}
Resíduo	14	0,429	0,361	0,212	0,829	0,210
CV%		8,11	6,52	7,76	8,74	5,31

** e * significante pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significante pelo teste de Tukey; Na análise dos contrastes - ^{ns} Não-significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade CV - Coeficiente de variação. MSF- massa seca das folhas; MSC- massa seca dos caules; MSR- massa seca das raízes; MST- massa seca total; R/PA- razão raiz parte aérea. DAT- dias após o transplântio.

Apêndice 3 - Resumo da análise de variância e estimativas de contrastes para os índices de crescimento do manjeriço hidropônico, obtidos no período de 18 - 30 dias após o transplântio.

Quadrado Médio				
18-30 DAT				
Fator de Variação	GL	TCA	TCR	TAL
Frequências de recirculação (F)	1	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Concentrações de NaCl (C)	2	0,005 ^{**}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
F x C	2	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Fatorial vs. Testemunha	1	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Tratamento	6	0,215 ^{**}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
T1 x Trat. NFT	1	0,032 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,014 ^{ns}
T2 x Trat. NFT	1	0,028 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,012 ^{ns}
Resíduo	14	0,006	0,000	0,000
CV%		7,56	7,44	6,68

** e * significante pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significante pelo teste de Tukey; CV - Coeficiente de variação; Na análise dos contrastes - ^{ns} Não-significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade TCA- taxa de crescimento absoluto; TCR- taxa de crescimento relativo; TAL- taxa assimilatória líquida; DAT - dias após o transplântio.

Apêndice 4 - Resumo da análise de variância e estimativas de contrastes do consumo hídrico acumulado (L.planta⁻¹) do manjeriço, observado dos seis aos 30 dias após o transplântio.

Quadrado Médio 6 – 30 DAT		
Fator de Variação	GL	CH
Frequências de recirculação (F)	1	0,348 ns
Concentração de NaCl (C)	2	143,938 ^{**}
F x C	2	0,799 ns
Fatorial x Trat. NFT	1	38,093 ^{**}
Tratamento	6	28,319 ^{**}
T1xTrat. NFT	1	0,471 ns
T2xTrat. NFT	1	0,663 ns
Resíduo	14	1,272
CV%		5,400
Média geral		20,879

** e * significante pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade; não significante pelo teste de Tukey; Na análise dos contrastes - ^{ns} Não-significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade. GL – grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; CH- consumo hídrico acumulado; Trat. NFT- tratamento em NFT, 0 mM de NaCl na F.R. de 15 mim (0mM/15 mim); T1 – (0 mM / 4 horas- DFT); T2- (0 mM/ 6 h- DFT).

Apêndice 5 - Resumo da análise de variância e estimativas de contrastes para o teor e rendimento do óleo essencial do manjeriço hidropônico, obtidos após a colheita.

Quadrado Médio			
Fator de Variação	GL	TO	RE
Frequências de recirculação (F.R)	1	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Concentrações de NaCl (C)	2	0,581 ^{**}	0,052 ^{**}
F.R x C	2	0,064 ^{ns}	0,006 ^{ns}
Fatorial vs. Testemunha	1	0,239 ^{**}	0,021 ^{**}
Tratamento	6	0,255 ^{ns}	0,023 ^{ns}
T1 x Trat. NFT	1	0,120 ^{ns}	0,030 ^{ns}
T2 x Trat. NFT	1	0,110 ^{ns}	0,030 ^{ns}
Resíduo	14	0,120 ^{ns}	0,030 ^{ns}
CV%		0,110 ^{ns}	0,030 ^{ns}

** e * significante pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade; não significante pelo teste de Tukey; Na análise dos contrastes - ^{ns} Não-significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; GL – grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; TO- teor do óleo essencial; RE- rendimento do óleo essencial; Trat. NFT- tratamento em NFT, 0 mM de NaCl na F.R. de 15 mim (0mM/15 mim); T1 – (0 mM / 4 horas- DFT); T2- (0 mM/ 6 h- DFT).

Apêndice 6 - Resumo da análise de variância e estimativas dos contrastes para os solutos inorgânicos, obtidos aos 18 e aos 30 dias após o transplântio.

Quadrado Médio													
Fator de Variação	GL	Folha				Caule				Raiz			
		Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	K ⁺ /Na ⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	K ⁺ /Na ⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	K ⁺ /Na ⁺
18 DAT													
Frequências de recirculação (F.R)	1	0,366 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,413 ^{ns}	0,144 ^{ns}	0,067 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,322 ^{ns}	0,298 ^{ns}	3,09 ^{ns}	0,861 ^{ns}
Concentrações de NaCl (C)	2	5,416 ^{**}	0,333 [*]	15,718 ^{**}	74,374 ^{**}	4,148 ^{**}	17,202 ^{**}	34,547 ^{**}	25,307 ^{**}	16,544 ^{**}	9,985 ^{**}	0,938 [*]	42,331 ^{**}
F.R x C	2	0,254 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,178 ^{ns}	0,089 ^{ns}	0,174 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,178 ^{ns}	0,096 ^{ns}	0,252 ^{ns}	0,148 ^{ns}	1,219 ^{ns}	1,870 ^{ns}
Fatorial xTrat NFT	1	1,056 ^{**}	0,653 ^{**}	0,984 [*]	0,975 ^{**}	0,875 ^{**}	0,432 ^{**}	0,821 ^{**}	0,789 ^{**}	1,035 ^{**}	0,754 ^{**}	2,109 ^{**}	1,741 [*]
Tratamento	6	2,761 ^{**}	1,831 ^{**}	2,275 [*]	2,083 [*]	2,143 ^{**}	1,106 ^{**}	1,915 ^{**}	1,564 ^{**}	2,116 ^{**}	2,831 ^{**}	3,124 ^{**}	3,993 ^{**}
T1 x Trat. NFT	1	0,082 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,044 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,090 ^{ns}	0,085 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,045 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,033 ^{ns}
T2 x Trat. NFT	1	0,053 ^{ns}	0,166 ^{ns}	0,273 ^{ns}	0,127 ^{ns}	0,056 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,140 ^{ns}	0,133 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,061 ^{ns}
Resíduo	14	0,003	0,000	0,004	0,002	0,018	0,017	0,019	0,002	0,043	0,018	0,016	0,008
CV%		4,27	8,44	7,76	3,22	6,78	6,36	5,680	3,61	5,680	6,87	7,71	3,29
30 DAT													
Frequências de recirculação (F.R)	1	0,488 ^{ns}	0,240 ^{ns}	0,065 ^{ns}	0,408 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,363 ^{ns}	0,046 ^{ns}	0,037 ^{ns}	0,417 ^{ns}	0,649 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,331 ^{ns}
Concentrações de NaCl (C)	2	6,622 ^{**}	0,927 [*]	0,135 [*]	36,356 ^{**}	4,605 ^{**}	40,319 ^{**}	24,706 ^{**}	27,776 ^{**}	22,371 ^{**}	10,417 ^{**}	0,108 [*]	36,440 ^{**}
F.R x C	2	0,074 ^{ns}	0,209 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,163 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,079 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,106 ^{ns}	1,874 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,251 ^{ns}
Fatorial xTrat NFT	1	1,005 ^{**}	1,314 ^{**}	0,747 ^{**}	0,541 [*]	0,621 ^{**}	1,442 ^{**}	0,814 ^{**}	0,683 ^{**}	0,654 ^{**}	2,358 ^{**}	0,826 ^{**}	1,161 [*]
Tratamento	6	1,724 ^{**}	2,071 ^{**}	1,112 ^{**}	2,116 ^{**}	1,032 ^{**}	1,773 [*]	2,022 [*]	1,721 [*]	1,119 ^{**}	1,004 ^{**}	1,210 ^{**}	1,523 ^{**}
T1 x Trat. NFT	1	0,004 ^{ns}	0,057 ^{ns}	0,042 ^{ns}	0,030 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,088 ^{ns}	0,071 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,042 ^{ns}
T2 x Trat. NFT	1	0,098 ^{ns}	0,032 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,051 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,026 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,107 ^{ns}	0,079 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,087 ^{ns}
Resíduo	14	0,003	0,001	0,003	0,015	0,018	0,018	0,011	0,005	0,007	0,001	0,001	0,016
CV%		3,6	5,85	4,34	3,68	7,680	4,300	5,480	3,71	4,130	3,80	5,31	3,44

** e * significante pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significante; Na análise dos contrastes - ^{ns} Não-significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; GL – grau de liberdade; CV- coeficiente de variação; Cl⁻ - cloreto; Na⁺ - sódio; K⁺ - potássio. Trat. NFT- tratamento em NFT, 0 mM de NaCl na F.R. de 15 mim (0mM/15 mim); T1 – (0 mM / 4 horas- DFT); T2- (0 mM/ 6 h- DFT); DAT - dias após o transplântio.

Apêndice 7 - Resumo da análise de variância e estimativas dos contrastes para os solutos orgânicos, obtidos aos 18 e aos 30 dias após o tr transplântio.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio							
		Folha				Raiz			
		CO	AA	PT	PRO	CO	AA	PT	PRO
18 DAT									
Frequência de recirculação (F.R)	1	5.273,439 ^{ns}	31,147 ^{ns}	24,453 ^{ns}	0,033 ^{ns}	10,169 ^{ns}	230,280 ^{ns}	47,193 ^{ns}	1,741 ^{ns}
Concentrações de NaCl (C)	2	175.402,676**	1.506,630**	208,757**	20,560**	148,913**	1.726,521**	401,793**	7,258**
F.R x C	2	181,015 ^{ns}	82,129 ^{ns}	1,0060 ^{ns}	0,064 ^{ns}	11.167,862 ^{ns}	68,628 ^{ns}	52,664 ^{ns}	0,653 ^{ns}
Fatorial xTrat NFT	1	224,631**	101,23**	3,487**	2,451*	14.211,310*	82,481**	74,391**	2,451**
Tratamento	6	253,610*	128,673**	4,612*	4,449**	19.710,110*	96,106**	83,081*	3,933**
T1 x Trat. NFT	1	15,258 ^{ns}	2,835 ^{ns}	2,830 ^{ns}	0,245 ^{ns}	1,458 ^{ns}	0,477 ^{ns}	0,129 ^{ns}	0,081 ^{ns}
T2 x Trat. NFT	1	17,242 ^{ns}	1,150 ^{ns}	1,190 ^{ns}	0,207 ^{ns}	2,360 ^{ns}	0,478 ^{ns}	0,060 ^{ns}	0,121 ^{ns}
Resíduo	14	312,173	4,508	3,203	0,076	548,761	12,991	5,266	0,706
CV%		4,45	4,17	6,76	7,110	7,310	8,030	4,380	6,98
30 DAT									
Frequência de recirculação (F.R)	1	1.809,612 ^{ns}	15,730 ^{ns}	30,516 ^{ns}	1,470 ^{ns}	301,269 ^{ns}	144,641 ^{ns}	20,195 ^{ns}	3,686 ^{ns}
Concentrações de NaCl (C)	2	50.159,395**	1.294,073**	409,454**	22,135**	44.975,274**	1.044,763**	330,294**	5,306**
F.R x C	2	4.433,660 ^{ns}	60,338 ^{ns}	25,456 ^{ns}	0,533 ^{ns}	616,678 ^{ns}	81,203 ^{ns}	60,332 ^{ns}	0,864 ^{ns}
Fatorial xTrat NFT	1	4,871,099*	74,551**	32,271*	1,076**	659,801**	92,361**	71,824*	1,551*
Tratamento	6	5.011,0321*	82,873**	39,567*	1,921**	682,001**	101,341**	81,474*	2,086*
T1 x Trat. NFT	1	12,180 ^{ns}	0,447 ^{ns}	0,647 ^{ns}	0,245 ^{ns}	1,250 ^{ns}	0,430 ^{ns}	0,414 ^{ns}	0,011 ^{ns}
T2 x Trat. NFT	1	6,400 ^{ns}	0,292 ^{ns}	0,182 ^{ns}	0,232 ^{ns}	2,853 ^{ns}	1,639 ^{ns}	0,328 ^{ns}	0,075 ^{ns}
Resíduo	14	53,701	0,556	0,725	0,249	19,131	0,423	0,102	0,000
CV%		1,52	1,3	2,48	5,490	1,270	2,450	7,410	2,79

**e * significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ns não significativo; Na análise dos contrastes - ^{ns} Não-significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade CV- coeficiente de variação; GL- grau de liberdade; CO – carboidrato solúvel; AA – aminoácidos livres; PT- proteínas solúveis; PRO – prolínas livres. Trat. NFT- tratamento em NFT, 0 mM de NaCl na F.R. de 15 mim (0mM/15 mim); T1 – (0 mM / 4 horas- DFT); T2- (0 mM/ 6 h- DFT); DAT - dias após o transplântio.

Apêndices referentes aos capítulos 3 e 4

Apêndice 8 - Resumo da análise de variância para o consumo hídrico acumulado (L planta⁻¹) do manjeriço hidropônico dos 4 aos 28 dias após o transplântio (DAT).

FV	GL	Quadrado Médio
TRAT	4	22,28**
ERRO	15	1,43
CV (%)		8,76

** significativo pelo teste de Tukey a 0,01 de probabilidade. FV – fator de variação; CV - coeficiente de variação; GL- grau de liberdade

Apêndice 9 - Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento do manjeriço hidropônico, obtidos nos períodos de 7-14, 14 -21 e 21 - 28 dias após o transplântio.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		TCA	TCR	TAL
7 -14 DAT				
Trat	4	0,024**	0,003 *	0,000 ^{ns}
Erro	15	0,00	0,00	0,00
CV%		9,12	10,04	4,10
14 -21 DAT				
Trat	4	0,181**	0,002*	0,000 ^{ns}
Erro	15	0,02	0,00	0,00
CV%		9,56	9,92	7,42
21 -28 DAT				
Trat	4	0,032 ^{ns}	0,001*	0,004*
Erro	15	0,02	0,00	0,00
CV%		9,21	9,87	8,27

** e * significante pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significante. CV - coeficiente de variação. GL – grau de liberdade; Trat- tratamento. TCA- taxa de crescimento absoluto; TCR- taxa de crescimento relativo; TAL- taxa assimilatória líquida.

Apêndice 10 - Resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento e produção de biomassa do manjeriço hidropônico, obtidos aos 7, 14, 21 e 28 dias após o transplante.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio										
		AP	VR	NF	AF	MSF	MSC	MSR	MST	MSR/MSPA	TO	RE
7 DAT												
Trat	4	0,16 ns	0,00ns	0,00ns	275,73ns	0,00 ns	0,00 ns	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	na	na
Erro	15	0,35	0,00	1,00	218,7	0,00	0,00	0	0	0,002	na	na
CV%		4,41	0,00	8,00	9,87	9,80	10,03	7,9	8,42	9,58	na	na
14 DAT												
Trat	4	15,97**	80,00**	72,20**	14948,14**	0,42 **	0,06**	0,06**	1,29**	0,00 ^{ns}	na	na
Erro	15	1,05	0,00	4,80	135733,8	0,01	0,00	0,01	0,04	0,00	na	na
CV%		4,08	0,00	0,00	9,32	6,04	9,86	9,09	7,31	10,21	na	na
21 DAT												
Trat	4	21,44**	267,50**	267,50**	183925,92**	2,61**	1,01**	2,11**	14,71**	0,00 ^{ns}	na	na
Erro	15	6,71	28,33	28,33	2107,8	0,35	0,01	0,04	0,81	0,00	na	na
CV%		6,96	11,7	11,70	5,43	7,06	10,54	10,18	9,16	6,59	na	na
28 DAT												
Trat	4	53,98**	2476,88**	2476,88**	749307,42**	2,25**	3,48**	1,01**	17,35**	0,00 ^{ns}	0,28 **	0,04**
Erro	15	5,58	19,17	19,17	3740,83	0,46	0,32	0,09	1,56	0,00	0,03	0,00
CV%			7,89	7,89	3,97	8,08	9,57	9,74	9,02	8,85	9,01	9,04

** e * significante pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo; CV - coeficiente de variação. GL – grau de liberdade; Trat- tratamento. AP – altura de planta; VR- volume de raiz; NF - número de folhas; AF- área foliar; MSF- massa seca das folhas; MSC- massa seca dos caules; MSR- massa seca das raízes; MST- massa seca total; MSR/MSPA- razão massa seca da raiz parte aérea; TO- teor do óleo essencial; RE- rendimento do óleo essencial.

Apêndice 11- Resumo da análise de variância para os teores de solutos inorgânicos do manjeriço hidropônico, obtidos aos 7, 14, 21 e 28 dias após o transplântio.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio											
		Folha				Caule				Raiz			
		Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺	K ⁺ /Na ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺	K ⁺ /Na ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺	K ⁺ /Na ⁺
7 DAT													
Trat	4	0,15 **	0,08 **	0,13 **	0,06 **	0,15 **	0,09 **	0,08 **	0,00 **	0,01 **	0,00 **	0,07 **	0,00 **
Erro	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CV%		9,62	8,21	8,80	6,75	3,20	2,95	7,51	3,12	7,24	2,18	8,47	2,26
14 DAT													
Trat	4	0,47 **	0,45 **	0,87 **	0,21 **	0,45 **	0,54 **	0,56 **	0,12 **	0,08 **	0,11 **	0,20 **	0,05 **
Erro	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CV%		3,13	2,30	5,02	6,03	2,81	2,53	2,75	2,44	6,01	4,88	2,89	3,12
21 DAT													
Trat	4	1,70 **	1,09 **	3,21 **	1,11 **	1,08 **	1,07 **	3,06 **	0,82 **	0,37 **	0,35 **	0,80 **	0,19 **
Erro	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CV%		8,38	2,86	2,34	3,35	4,37	3,15	3,21	3,11	2,20	1,39	1,85	2,21
28 DAT													
Trat	4	1,76 **	1,35 **	5,11 **	2,07 **	1,46 **	1,19 **	3,15 **	0,81 **	0,53 **	0,42 **	1,06 **	0,34 **
Erro	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CV%		7,72	2,21	2,67	3,79	7,90	2,66	2,75	2,81	4,08	2,92	1,67	2,77

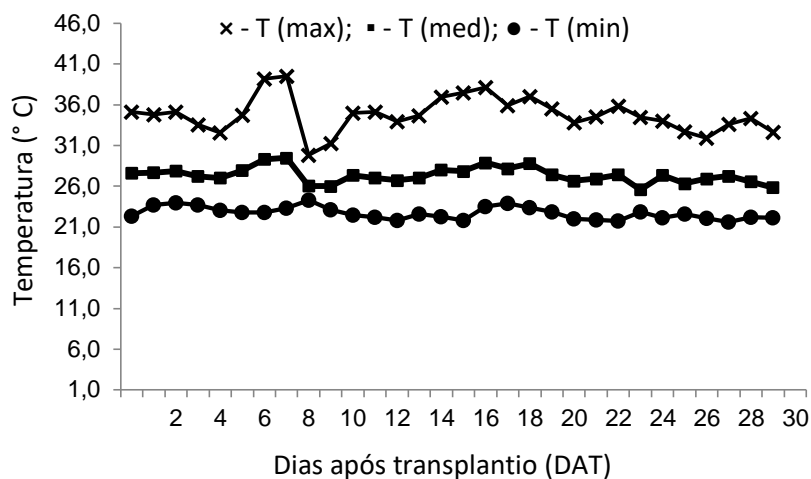
** e * significante pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade; CV - coeficiente de variação; Trat- tratamento; GL- grau de liberdade; Na⁺ - sódio; Cl⁻ - cloreto; K⁺ - potássio.

Apêndice 12- Resumo da análise de variância para os teores de solutos orgânicos do manjeriço hidropônico, obtidos aos 7, 14, 21 e 28 dias após o transplântio.

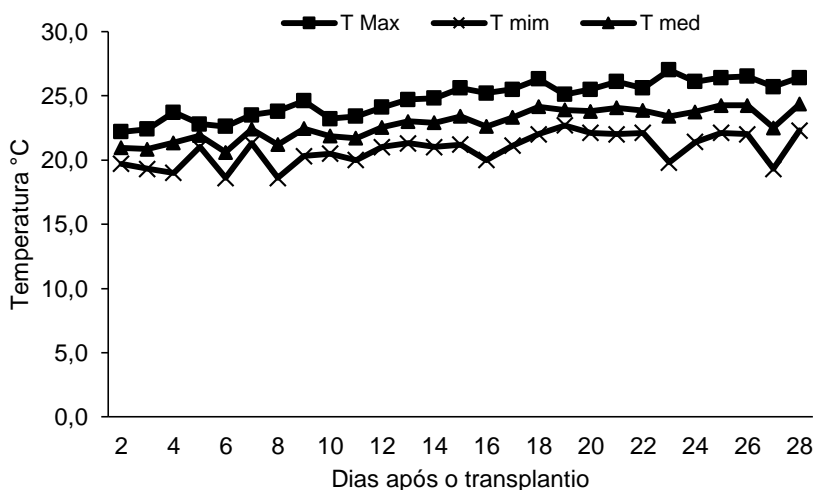
Fator de Variação	GL	Quadrado Médio							
		Folha				Raiz			
		CC	PT	AA	PRO	CC	PT	AA	PRO
7 DAT									
Trat	4	1483,64 **	19,04 **	105,34 **	5,95 **	1543,93 **	2,89 **	23,43 **	2,92 **
Erro	15	52,17	0,31	0,50	0,02	7,88	0,38	0,22	0,01
CV%		3,30	2,48	2,00	2,57	2,63	3,17	2,79	2,39
14 DAT									
Trat	4	64747,45 **	84,24 **	300,95 **	11,96 **	4647,34 **	58,07 **	113,82 **	11,17 **
Erro	15	18,21	0,73	1,25	0,04	13,65	0,21	0,22	0,22
CV%		2,26	2,92	2,50	2,88	2,62	2,86	2,55	4,91
21 DAT									
Trat	4	58492,21**	139,50 **	812,11 **	36,57 **	12312,65**	209,27 **	680,61 **	33,17 **
Erro	15	58,18	0,24	0,55	0,08	11,43	0,24	0,20	0,22
CV%		2,31	2,61	2,29	2,21	2,42	3,62	2,21	5,03
28 DAT									
Trat	4	35033,69 **	217,05 **	1218,69 **	63,50 **	17033,59**	510,32 **	1785,96 **	52,44 **
Erro	15	24,22	0,47	0,33	0,10	6,82	0,33	0,11	0,02
CV%		2,46	2,09	2,09	2,28	2,32	2,04	2,83	2,7

** e * significante pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade. CV - coeficiente de variação. Trat- tratamento. CO – carboidrato solúvel; AA – aminoácidos livres; PT- proteínas solúveis; PRO – prolina livres.

ANEXOS



Anexo 1- Temperatura máxima (max), média (med) e mínima (min) do ar no interior da casa de vegetação ao longo do cultivo do manjeriçõ hidropõnico, dos 1 aos 30 dias após o transplante (DAT) correspondendo ao período experimental de 19/11 a 19/12/2015.



Anexo 2- Temperatura máxima (max), média (med) e mínima (min) do ar no interior da casa de vegetação ao longo do cultivo do manjeriçõ hidropõnico, dos 2 aos 28 dias após o transplante (DAT) correspondendo ao período experimental de 14/09 a 11/10/2016.