

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

**PRODUÇÃO E CONSUMO HÍDRICO DA HORTELÃ UTILIZANDO
ÁGUAS SALOBRAS NOS SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT E
FLOATING**

JOSÉ AILTON DA SILVA FILHO

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

ABRIL - 2014

PRODUÇÃO E CONSUMO HÍDRICO DA HORTELÃ UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS NOS SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT E FLOATING

JOSÉ AILTON DA SILVA FILHO

Tecnólogo em Irrigação e Drenagem

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Ceará, 2011

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Sustentabilidade de Sistemas Hidroagrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA -2014

FICHA CATALOGRÁFICA

S586p	<p>Silva Filho, José Ailton da.</p> <p>Produção e consumo hídrico da hortelã utilizando águas salobras nos sistemas hidropônicos NFT e Floating / José Ailton da Silva Filho._ Cruz das Almas, BA, 2014.</p> <p>113f.; il.</p> <p>Orientador: Tales Miler Soares.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Hortaliças – Cultivo. 2.Hidroponia – Irrigação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 635.04</p>
-------	--

Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
JOSÉ AILTON SILVA FILHO



Membro Presidente: Prof. Dr. Tales Miler Soares
Instituição: UFRB



Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva
Instituição: UFRPE



Membro Interno do Programa: Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz
Instituição: UFRB

Homologada em / /

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a algumas pessoas que tem enorme relevância na minha vida:

Aos meus pais José Ailton da Silva e Zeneide Alves Bezerra da Silva que apesar das diversas limitações, não mediram esforços para que eu estudasse, pelo carinho, apoio e incentivo, por tudo que representam para mim, e compreensão durante os momentos de minha ausência.

A minhas irmãs, Antonia Natalia da Silva, Thamires Alves da Silva, Zânia Alves da Silva Carvalho por todo carinho e por estarem sempre presente na minha vida.

Ao meu sobrinho Nikolas Alves de Carvalho, cunhado Francisco Jailton Juca de Carvalho pela amizade e incentivo.

Aos meus padrinhos, Francisco Auri da Silva e Antonia Alves Bezerra da Silva pelo apoio e ensinamentos de vida.

Quero dedicar ainda, a todos da minha família que sempre estiveram do meu lado, aos meus tios, primos, avós, em especial Francisca de Lima da Silva, é por todos de minha família que sigo em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelas graças que todos os dias me enviar, por eu estar aqui e poder cumprir mais essa etapa. Obrigado Senhor!

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo e apoio mediante seu programa.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pelo apoio financeiro mediante: Edital Universal 14/2011 (processo número 484645/2011-0) e Edital PQ 2011 (processo número 309950/2011-2).

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pelo apoio financeiro a partir do Edital Semiárido da FAPESB (termo de outorga PET 0030/2007).

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

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, através do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias pela oportunidade de realização desse curso.

Agradeço aos meus Pais, José Ailton da Silva e Zeneide Alves Bezerra da Silva, por acreditarem em mim e sempre apoiarem meus estudos.

Ao Professor: Tales Miler Soares (Orientador), pela orientação, paciência e amizade, a sua constante disposição em me atender foi elemento primordial.

Aos Professores: Paulo Cesar Lemos de Carvalho, Marcio Lacerda Lopes Martins (UFRB) pela contribuição na identificação da espécie estudada.

Agradeço aos amigos da UFRB: professores, funcionários e colegas da pós-graduação e da graduação pelo apoio, amizade e convivência.

À Mairton Gomes da Silva pela amizade e apoio durante realização deste trabalho, pela atuação direta na etapa de campo.

Pela colaboração no andamento do experimento, o meu muito obrigado a Adailton Conceição, Ancelmo Cazuzza, Davi Gonçalves, Diego Magalhães, Edilson Bastos (Boi), Edinéia Lima, Emerson Passelle, Fábio Tayrone, Lucas Batista, Lucylia Suzart, Maria Augusta, Maria Raphaela, Marccone Souza, Thiago Souza.

Á todos os colegas do curso pelo companheirismo, amizade, incentivo e cooperação.

Em especial a Karla Silva, Lucylia Suzart, Nara Tosta, Tatyana Souza.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1
Capítulo 1	
CONSUMO HÍDRICO DA HORTELÃ UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS NOS SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT E FLOATING.....	24
Capítulo 2	
PRODUÇÃO DA HORTELÃ UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS NOS SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT E FLOATING.....	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113

PRODUÇÃO E CONSUMO HÍDRICO DA HORTELÃ UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS NOS SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT E FLOATING

Autor: José Ailton da Silva Filho

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

RESUMO: O cultivo hidropônico em áreas com escassez hídrica é uma alternativa para o incremento da eficiência do uso da água, particularmente em áreas susceptíveis à salinização do solo e à elevada evapotranspiração. Objetivou-se neste trabalho avaliar o cultivo hidropônico como alternativa para a utilização de águas salobras na cultura da hortelã (*Mentha piperita* L.) visando a produção de massa fresca e seca, sabendo-se que, há uma demanda crescente por esses produtos nas indústrias de alimento, cosméticos e farmacêuticos. Foram avaliados seis níveis de águas salinizadas artificialmente com NaCl, e mais a testemunha (água não salobra), em dois experimentos diferentes. A estrutura do Experimento I foi composta por 44 parcelas hidropônicas com 16 plantas em cada uma, em sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes). O cultivo no Experimento II foi realizado em 25 parcelas experimentais no sistema Floating (Técnica da Lâmina Profunda de nutrientes) com duas plantas por parcelas. Os resultados demonstraram que é possível utilizar água salobra no cultivo hidropônico da hortelã. O aumento da salinidade da água reduziu a produção de hortelã e do consumo de água. A salinidade crescente da água causou redução linear tanto no sistema NFT e no Floating. Sintomas visuais nas folhas causados pela salinidade da água não foram registrados.

Palavras-chaves: *Mentha piperita* L., cultivo sem solo, irrigação.

PRODUCTION AND WATER CONSUMPTION OF MINT USING BRACKISH WATERS IN NFT AND FLOATING HYDROPONIC SYSTEMS

Author: José Ailton da Silva Filho

Adviser: Prof. Dr. Tales Miler Soares

ABSTRACT: The hydroponic cultivation in regions with water scarcity is an alternative to increase the water use efficiency, particularly in areas susceptible to soil salinization and high evapotranspiration. The objective of this work was to evaluate the hydroponic cultivation as an alternative for brackish water utilization in the crop of mint (*Mentha piperita* L.). Fresh and dry mass of this crop is a rising demand for food, pharmaceuticals and cosmetics industries. Not brackish water and six levels of water salinity (by NaCl dissociation) were evaluated into two different experiments. The structure of the Experiment I was composed by 44 hydroponic plots; each plot with 16 in NFT (Nutrient Technique Film) system. Cultivation in Experiment II was carried out in 25 plots of Floating system (Deep Film Technique) with two plants per plot. The results demonstrated that it is feasible to use brackish water in the hidroponic of mint. The increase of water salinity reduced mint production and its water consumption. Increasing salinity caused a linear decrease in both NFT system and Floating. Leaf and shoot symptoms caused by water salinity were no registered.

Key words: *Mentha piperita* L., soilless cultivation, irrigation

INTRODUÇÃO

Grupos de pesquisa, instalados na Região Nordeste, vêm conduzindo trabalhos sobre o aproveitamento de águas salobras na produção hidropônica. Sob a hipótese principal de que nesse sistema de produção a resposta das plantas à salinidade torna-se melhor, uma vez que a alta frequência de irrigação permite menor oscilação da umidade (mitigando o estresse por secamento) e menor concentração de íons (reduz o estresse osmótico) (SOARES et al., 2007).

A principal justificativa para esses estudos é proporcionar o uso racional do insumo água salobra em comunidades isoladas do Semiárido, onde se tem forte restrição ao acesso de águas superficiais de boa qualidade. No Semiárido, devido à escassez de águas superficiais, imposta pelas condições climáticas e geológicas locais, as águas subterrâneas são uma opção razoável. Por outro lado, devido à geologia do embasamento cristalino, a maioria dos poços perfurados na região produz águas salobras (SOARES et al., 2006; AUDRY & SUASSUNA, 1995).

O uso dessas águas salobras no consumo humano pode trazer graves consequências como hipertensão e cálculo renal; por essa razão, muitas comunidades têm sido beneficiadas, recentemente, com aparelhos de dessalinização por osmose reversa. Esse tipo de tecnologia proporciona a obtenção de água com nível mais baixo de sais, mas gera, muitas vezes em volume proporcional, o rejeito, uma água residuária do processo e que tem salinidade elevada em relação à água salobra original (SOARES et al., 2006; SANTOS et al., 2010).

Nesse contexto, inúmeros poços perfurados no embasamento cristalino do Semiárido estão abandonados devido a dois fatores principais: salinidade e baixa vazão. Esses dois fatores seriam extremamente restritivos à agricultura

convencional, que consome maior volume de água e é muito suscetível à salinização do solo, um dos mais graves impactos antrópicos na agricultura (COSTA et al., 2006).

Portanto, a hidroponia, enquanto sistema de produção intensiva, que pode ser mais eficiente no uso da água e nutrientes, podendo também justificar melhor resposta das plantas em condições salinas, pode ser uma técnica condizente à exploração de águas subterrâneas salobras do Semiárido (SOARES et al., 2007). Trabalhos desenvolvidos até então com essa justificativa têm focado nas culturas mais tradicionais em cultivos hidropônicos, quais sejam, alface, rúcula, agrião. Por outro lado, outras culturas já vêm sendo estudadas, como couve-folha, girassol ornamental, acelga e manjeriço. A diversificação de culturas estudadas é importante para proporcionar aos agricultores interessados em opções de investimento. Teoricamente, qualquer cultura pode ser cultivada hidroponicamente, ainda que nem sempre a viabilidade técnica e econômica justifique sua exploração (SOARES et al., 2009; MACIEL et al., 2012).

Como qualquer outra técnica agrícola, a hidroponia precisa ser economicamente justificável. Isso precisa ser muito bem definido, pois a hidroponia quase sempre requer maiores investimentos que os cultivos tradicionais em solo. Nesse sentido, para a hidroponia são preconizadas culturas mais rentáveis e que agreguem maior valor comercial, como as hortaliças. Plantas condimentares, mudas de espécies frutíferas e plantas medicinais também poderiam justificar o empreendimento hidropônico (SANTOS, 2009; FURLANI et al., 1999; RODRIQUES, 2002).

Nesse contexto, sistemas hidropônicos podem ser mais condizentes às características da região semiárida brasileira do que sistemas de cultivo tradicionais baseados em solo. Assim, o presente estudo focou no cultivo da hortelã em dois sistemas hidropônicos, NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes) e o Floating, (Técnica da Lâmina Profunda de nutrientes) que são os dois sistemas hidropônicos comerciais mais empregados no Brasil, sendo que o sistema Floating é usado em menor escala (MARTINEZ & SILVA FILHO, 2006; FURLANI et al., 1999).

A utilização de sistemas fechados, como é o caso dos cultivos hidropônicos em sistemas NFT e Floating, mostra-se ser propício, e vem possibilitando aumento da produtividade das culturas olerícolas. Soares et al. (2007) afirmam

ser a hidroponia uma alternativa que condiz com a realidade do semiárido nordestino devido à salinidade ser mais tolerada pelas culturas em sistemas hidropônicos do que no próprio solo, por ter maior disponibilidade de água para as plantas.

O sistema NFT tem alcançado destaque na produção de hortaliças, sendo o preferido dentre os vários sistemas disponíveis pelas vantagens da praticidade e eficácia na produção. Apesar das vantagens, há uma série de inconveniências que merecem cuidados especiais: devido ao sistema ser circulante e na maioria das vezes não usar substrato, seu funcionamento fica inteiramente dependente do suprimento de energia elétrica ou de sistemas alternativos de bombeamento da solução (COMETTI et al., 2003).

Segundo Barnabé et al. (2013), o sistema Floating é considerado uma técnica de cultivo que tem potencial comercial. Uma particularidade desse sistema é que pode proporcionar boa resposta das plantas às águas salobras. Esse método proporciona um contato permanente das raízes com a solução nutritiva, diferentemente do sistema NFT, a despeito da sua frequência de irrigação, a cada 15 minutos. Essa não é constante e há uma intermitência no fornecimento da solução. Por outro lado, esse contato permanente com a solução no sistema Floating pode constituir um impedimento à oxigenação das raízes, o que poderia reduzir a produção, por esse motivo, necessita de sistemas de aeração da solução (SANTOS et al., 2011; BARNABÉ et al., 2013).

Uma averiguação que precisa ser explorada é a diversificação de culturas, uma vez que a maioria das pesquisas tem sido dedicada às culturas hidropônicas tradicionais, hortaliças folhosas. Desta forma, o estudo focou na cultura da hortelã (*Mentha piperita* L.), que tem grande importância na produção de massa fresca e seca e de óleo essencial: a fitomassa é representada pelas lâminas foliares, caule mais pecíolos, que são comercializadas como condimento e utilizadas em preparativos medicinais; os óleos essenciais são utilizados pelas indústrias farmacêuticas e cosméticas. Dessa forma, o cultivo da espécie visa à produção de plantas com qualidade, que atenda sua demanda (LEAL, 2001; VALMORBIDA, 2003).

Embora a hidroponia seja uma técnica em crescimento no Brasil, existem poucas informações sobre o cultivo hidropônico da hortelã (*Mentha piperita* L.), com águas salobras. Desta forma, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de

avaliar o consumo hídrico, a eficiência do uso da água e a produção da cultura da hortelã nos sistemas hidropônicos NFT e Floating considerando diferentes níveis de salinidade da água produzidas artificialmente com NaCl.

As hipóteses a serem testadas no presente estudo são:

1. O efeito da salinidade sobre a redução da massa de matéria fresca é menor do que sobre o consumo hídrico.

2. O consumo hídrico da cultura da hortelã nos sistemas hidropônicos NFT e Floating são reduzidos com aumento da salinidade da água.

3. Em ambos os sistemas NFT e Floating é possível obter plantas da hortelã em condições salinas, com redução no rendimento, mas sem presença de sintomas deletérios à sua qualidade visual.

Sistemas hidropônicos e à utilização de águas salobras

A depleção quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos nos últimos anos tem conduzido à busca de técnicas para uso mais eficiente da água e também para aproveitamento racional de águas salobras (ALVES et al., 2011).

A palavra hidroponia deriva das palavras gregas hidro (água) e ponos (trabalho) (DOUGLAS, 1987). A combinação dessas duas palavras pode ser resumida como “trabalho na água”, o que na prática significa usar solução, em água, e sais minerais para se produzir plantas, sem o uso do solo.

Segundo Martinez (1999) e Malfa & Leonardi (2001), os sistemas de produção de plantas hidropônicas atualmente em uso passaram por diversas modificações desde as primeiras experiências realizadas há décadas, para se adaptarem às condições ambientais e sócioeconômicas das distintas regiões de produção. Dentre essas adaptações, destacam-se a opção pela circulação contínua ou intermitente da solução nutritiva.

O cultivo hidropônico é uma técnica que pode oferecer inúmeras vantagens: maior produtividade; melhor qualidade do produto; menor emprego de mão-de-obra; mínimo uso de defensivos; colheita precoce; redução de defensivos agrícolas; maior eficiência do uso da água como fruto da redução da evaporação e a não necessidade de aplicação da fração de lixiviação; menor consumo hídrico; não necessidade da implantação de sistemas de drenagem, já que a hidroponia integra irrigação e drenagem num mesmo sistema, com recirculação do efluente

(no caso do sistema fechado); melhoria da ergonomia nas atividades; dispensa da rotação de culturas; eliminação de alguns tratamentos culturais; e utilização racional de áreas sub-utilizadas pelo cultivo tradicional; menor impacto ambiental, por evitar pragas e patógenos do solo. Por outro lado, o alto investimento inicial e a necessidade de treinamento especializado são os pontos que dificultam a adoção mais ampla da hidroponia como prática produtiva (RODRIGUES, 2002; SOARES, 2007; SANTOS, 2009; BIONE, 2013; FURLANI et al., 1999), principalmente para os pequenos produtores rurais.

O cultivo hidropônico nos últimos anos vem sendo bastante estudado através de pesquisas científicas visando o uso de águas consideradas de qualidade inferior (SAVVAS et al., 2007; SOARES, 2007; SANTOS, 2009; PAULA et al., 2011; ALVES et al., 2011; MACIEL et al., 2012; DANTAS, 2012; SILVA, 2012; MALHEIROS et al., 2012). No Brasil, diversas técnicas de cultivo sem solo têm sido utilizadas, sendo o principal, o NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes).

A técnica de NFT, criada por Allen Cooper em 1965, é a mais utilizada em cultivos hidropônicos. Consiste na circulação de solução nutritiva é bombeada aos canais de cultivo e escoada por gravidade formando uma fina lâmina intermitente de solução nutritiva que irriga as raízes das plantas a intervalos pré-determinados, controlados por um temporizador (timer), nos quais o sistema radicular absorve o oxigênio necessário ao bom desenvolvimento da cultura. Para sustentação das plantas nesse sistema utilizados canos de PVC (polivinil clorídrico) sanitário de 50 a 200mm, perfurados com espaçamentos recomendado para a cultura, ou perfis comerciais, próprios para esse tipo de cultivo (SANTOS, 2009). A distribuição da solução nutritiva é realizada através de canos de PVC soldável e é elevada aos canais de cultivo por um conjunto motobomba. A solução percorre os canais de cultivo, que devem ter declividade entre 2 e 4% e não apresentar comprimento maior que trinta metros, de modo a evitar que as plantas do final do canal sofram efeito da alta concentração osmótica causada pela maior concentração de nutrientes, que dificultar a absorção de água (SANTOS, 2009; FURLANI et al., 1999). Essa característica do NFT promove menor oscilação da umidade às plantas, devido a eventos frequentes de irrigação, o que pode representar maiores respostas produtivas, fato que pode se constituir em vantagem quando se utilizar águas salobras (SOARES et al., 2007).

A tubulação de condução da solução nutritiva até as bancadas de cultivo no sistema NFT (tubulação de recalque), geralmente constituídas de tubos de PVC soldáveis, deve apresentar as seguintes características: conter registros individuais para controle da vazão nos canais de cultivo (1,5 a 2,0 L/min); a tubulação de retorno da solução das bancadas para o reservatório deve ser de tubos PVC 100 mm; as tubulações de recalque e retorno devem ser enterradas para evitar o aquecimento excessivo da solução circulante; o conjunto motobomba deve ficar instalado abaixo do nível superior do depósito de solução (afogada) (BOARETTO, 2005). O manejo da irrigação do sistema no período diurno e noturno é realizado de forma alternada quanto à circulação da solução nutritiva. No período diurno a circulação da solução fica entre 15 e 20 min e a não circulação entre 10 e 15 min. Para o período noturno a circulação da solução fica entre 10 e 15 min e a não circulação entre 3 e 4 h (FAQUIN & FURLANI, 1999; BOARETTO, 2005).

Outra técnica bastante utilizada é o Floating, também conhecida como Flutuante (deep film technique), no qual se forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm), onde as raízes das plantas ficam submersas continuamente na solução nutritiva e suportadas por um sistema flutuante, sendo esta solução renovada ou aerada frequentemente ao longo do cultivo (SANTOS et al., 2011). Segundo (SANTOS, 2009) Para essa técnica, como não há períodos em que as raízes permanecem fora da solução nutritiva, existe a necessidade de aeração da mesma, o que se realiza através de uma turbina de ar ou motobomba que succiona a solução e recalca novamente para o tanques aerando a solução.

Existe um grande risco de disseminação de algas o que prejudicaria o cultivo, e também o risco de desequilíbrio da solução em longo ciclo. Nesse sistema se utiliza o planejamento da produção, de modo que, no momento em que se esteja colhendo as plantas em uma extremidade da piscina, já ocorra a reposição de mudas na outra extremidade, existindo, portanto, a mobilidade das placas de isopor (Santos, 2009).

O cultivo no sistema Floating feito em reservatórios ou mesas pré-fabricadas em material plástico ou fibra de vidro e com revestimento interno não é necessária a impermeabilização, mas naquelas de madeira deve-se cobrir o fundo e as laterais com dois filmes plásticos, sempre o preto por baixo e o de polietileno tratado contra radiação UV por cima, conferir resistência aos raios solares. Este

sistema muito usado para a produção de mudas em bandejas de isopor contendo substratos de algodão ou vermiculita, pode apresentar vantagens sobre o sistema NFT quando utilizado para a produção de plantas adultas (FURLANI et al., 1999).

Bosco et al. (2009), essa solução com níveis crescentes de salinidade pode promover diferentes respostas quanto ao rendimento das culturas, estudaram o efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela cultivadas em condições hidropônicas em vasos adaptados ao sistema Floating. Os autores observaram que o nível máximo de salinidade ($14,10 \text{ dS m}^{-1}$), as reduções de matéria seca foram de: 44,05% nas raízes e 69,70% na parte aérea.

Santos et al. (2011) estudaram o aproveitamento de água salobras em sistemas hidropônicos NFT e Floating e observaram que o tipo de sistema de cultivo influenciou significativamente as variáveis de crescimento e produção da alface 'Elba' cultivada em hidroponia. No sistema Floating o acúmulo de massas de matéria fresca e seca da parte aérea, além do diâmetro do caule e do teor de água na parte aérea da planta, foram maiores que no sistema NFT, por outro lado, no NFT o sistema radicular se desenvolveu mais em termos de produção de massa de matéria seca. Segundo os autores a superioridade na produção da alface no sistema Floating pode ser atribuída à característica do sistema, no qual as raízes estão sempre providas com solução nutritiva oxigenada; no sistema NFT, apesar da alta frequência de irrigação, comparada à agricultura irrigada convencional no solo, tem-se sim um período de restrição hídrica para as plantas que pode se constituir numa fonte de estresse para as raízes, com repercussão na transpiração e absorção de íons.

Salinidade da água de irrigação no cultivo sem solo

A crescente demanda por alimentos tornou imperativo em todo o mundo o uso de água salina na irrigação, sobretudo em regiões semiáridas, como a do nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico na maior parte do ano, tornando imprescindível a prática da irrigação para garantir a produção agrícola (GARCIA et al., 2009).

Alguns pesquisadores têm procurado avaliar a viabilidade do aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos (SOARES et al., 2007; AMORIM et

al., 2005; SANTOS et al., 2010). De acordo com Soares et al. (2007), a hipótese básica na maioria desses estudos é que no cultivo hidropônico, a resposta das plantas em condições salinas é melhor que no cultivo convencional baseado no solo, visto que no cultivo hidropônico pode não existir o potencial matricial, que é uma das causas da diminuição da energia livre da água no solo. Segundo Santos & Pereira (2004), a tensão da água no solo aumenta entre um evento de irrigação e outro, segundo Soares et al., 2010) no cultivo hidropônico a tensão tende à ser nula, pois o meio é saturado com água (forças de adesão e retenção não se estabelecem) e neste cultivo os eventos de irrigação são repetíveis em alta frequência. Zanella et al. (2008) em cultivo hidropônico do tipo NFT, por exemplo, é usual que a irrigação se processe de 15 em 15 minutos.

A qualidade da água é um dos fatores que ocasionam efeito negativo no desenvolvimento das culturas e na produção. Entre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é um fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas. Dessa forma, visando à utilização da água de qualidade inferior na agricultura, deve-se utilizar um manejo racional, através de alternativas economicamente viáveis, de modo que a cultura atinja a produtividade esperada (VAN OS, 1999; MALHEIROS et al., 2012; SANTOS et al., 2012; BERNARDO et al., 2009). No entanto, em função das características climáticas e geológicas do Semiárido, a água é na maioria das vezes salobra, além de apresentar níveis elevados de sais, na maior parte acima de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, atingindo frequentemente $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, e podendo ultrapassar esse valor, além disso, muitos dos poços já perfurados apresentam limitações de vazões (em média $4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) (ALVES, 2011; AUDRY & SUASSUNA, 1995; COSTA et al., 2006), dificultando a irrigação convencional.

Atualmente, a utilização de águas salobras em sistemas hidropônicos tem tratado de distintas estratégias de uso dessas águas associadas ou não a uma fonte de água não salobra, conforme Soares et al. (2010). Os autores estudaram o uso de águas doces e salobras, alternando-as no preparo da solução nutritiva e na reposição das perdas por evapotranspiração em sistema hidropônico. De acordo com seus resultados, o uso dessas águas salobras para repor a ETc pode aumentar a produtividade da alface em comparação com o uso dessas águas para preparar a solução nutritiva. O uso exclusivamente para a reposição da evapotranspiração pode ser menos prejudicial às culturas de ciclo curto do que o

seu emprego apenas para o preparo da solução nutritiva, pois a salinização gradual foi menos danosa do que a salinidade constante, mas estabelecida desde o início do ciclo.

Estudos realizados sobre a tolerância de várias espécies à salinidade em sistema hidropônico de cultivo têm demonstrado que, mediante o manejo adequado da água e das práticas de cultivo, pode-se produzir comercialmente com águas salobras (AL-KARAKI et al., 2009; SAVVAS et al., 2007). Neste sentido, em sistemas hidropônicos, espera-se que culturas, sobretudo as de ciclo rápido, proporcionem o uso sustentável de águas salobras (DIAS et al., 2011; SANTOS et al., 2012).

A irrigação mal manejada pode implicar em sérios problemas de salinização e degradação do solo (MEDEIROS & GHEYI, 2001; BERNARDO, 1992), sobretudo se utilizar água salobra, com a qual a salinização do solo e suas consequências podem ser ainda mais graves. Na agricultura convencional, a utilização indiscriminada desse tipo de água pode salinizar e desestruturar os solos (RHOADES et al., 2000), agravando os problemas de desertificação já documentados para a região Semiárida Brasileira (SCHENKEL & MATALLO, 2003). Assim, Soares et al. (2010) afirmam que o cultivo em sistemas hidropônicos pode ser mais condizente ao uso de águas salobras do que sistemas convencionais de cultivo em solo.

Segundo Alves (2011), muitas pesquisas são conduzidas com culturas tradicionais, visando sua produção com o uso de águas salobras, por outro lado, poucos estudos envolvem a produção em sistemas alternativos, como na hidroponia, também se tem poucos estudos de salinidade com culturas menos tradicionais. Desta forma, os agricultores geralmente têm acesso a pesquisas que indicam reduções severas na produtividade e a insustentabilidade da atividade com o uso de águas salobras, o que gera insegurança na adoção desse insumo.

Cultivo da hortelã

A produção de plantas medicinais representa uma alternativa inovadora e interessante para o agronegócio brasileiro e vem adquirindo grande importância no mundo e no Brasil, com geração de emprego e renda. A utilização dessas plantas é uma das mais antigas armas empregadas para o tratamento de doenças

humanas e muito já se conhece a importância de seu uso por parte da sabedoria popular (MATTOS, 2000). Elas são uma fonte importante de produtos naturais biologicamente ativos, muitos dos quais utilizados na síntese de um grande número de fármacos, como também pelas indústrias de alimentos, de cosméticos e química geral (ZARONI et al., 2004; MATTOS, 2000; OLFA et al., 2009).

A hortelã tem sido bastante aceita na culinária brasileira devido ao sabor característico às hortaliças cozidas, como por exemplo, as cenouras, as batatas e as ervilhas. Seu efeito refrescante melhora o sabor das saladas de frutas e de verduras, assim como de bebidas de frutas. As folhas da hortelã podem servir para temperar carnes antes de assá-las, o óleo é um aromatizante importante de licores, e medicamentos (LEAL, 2001).

Segundo Leal (2001), o chá da hortelã é conhecido como tônico digestivo, antiespasmódico e para aliviar o estômago depois de vômito; também utilizado como loção, é benéfico para combater as infecções da pele, protegendo-a; as folhas frescas aliviam as dores de cabeça e de articulações reumáticas, quando em contato com essas regiões.

O cultivo de plantas medicinais vem sendo bastante estudado no mundo. Essa importância justifica o forte investimento em pesquisas com hortelã, no entanto, observa-se uma demanda de novas tecnologias e opções na produção agrícola, de maneira especial as práticas culturais para otimização, como alternativas de plantio e produtividade (PAULUS et al., 2004). A alternativa de plantio da hortelã em cultivo hidropônico pode favorecer a produtividade em termos de produção de biomassa.

A hortelã (*Mentha piperita* L.) pertence ao gênero *Mentha* e à família Lamiaceae. Conhecida pelos nomes comuns de hortelã, hortelã-pimenta, podendo apresentar ramos de cores diferentes que variam de verde-escuro para roxo-violeta. Essa cultura é originária da Europa, é amplamente cultivada nos Estados Unidos, Itália, França e Hungria, sendo também muito cultivada em canteiros e jardins em todo o Brasil. Esta cultura suportar temperaturas muito baixas, são bem adaptadas ao clima tropical, porém, temperaturas elevadas podem diminuir o rendimento de óleo essencial. A composição do seu óleo varia muito no decorrer do ano e nas diversas fases do seu desenvolvimento (MARTINS, 2002; SOUZA, 2006; DAVID, 2007; VALMORBIDA & BOARO, 2007).

O tempo ideal para se proceder à colheita das plantas de hortelã varia conforme a época do ano, o clima da região e o destino que se dará à planta (extração de óleo essencial ou produção de material fresco). A composição do óleo essencial de menta varia em função de fatores como tipo de solo, temperatura, latitude, altitude, época de colheita e nutrição (MAIA, 1998; SOUZA, 2006; PAULUS et al., 2007). Sacramento & Campos (2002) observaram que o ponto de máxima produção de matéria seca ficou acima dos 135 dias de cultivo, indicando um comportamento característico de planta perene.

O cultivo hidropônico, entre outras formas de cultivo, pode apresentar vantagens que o sistema tradicional não apresenta, como observado por OCAMPOS et al. (2002) que, ao compararem a hortelã rasteira (*Mentha x villosa* H.) cultivada em diferentes sistemas, observaram que o hidropônico foi o que apresentou maior rendimento (produção de biomassa e óleo essencial). Maia et al. (1999), cultivando *M. crispata* no sistema hidropônico, também observaram que a produção de folhas foi cerca de três vezes maior que a produção obtida no sistema de cultivo convencional.

O Brasil foi o principal produtor mundial de menta até o final da década de 70, quando a cultura passou a ser abandonada, pois os solos com fertilidade degradada, não contemplavam a exigência nutricional da planta. Nesse sentido, a hidroponia tem se tornado uma alternativa bastante interessante em relação ao cultivo tradicional feito no solo (CASTELLANE & ARAÚJO, 1995). Além disso, a utilização do cultivo em ambiente protegido tem permitido cultivos durante o ano todo. Um dos aspectos mais importantes no cultivo de plantas em hidroponia é a solução nutritiva. Esta deve ser formulada de acordo com o requerimento da espécie que se deseja produzir, ou seja, conter proporções adequadas para todos nutrientes ao desenvolvimento das plantas (PAULUS et al., 2008).

Baseando-se nos resultados encontrados por Haber et al. (2005), conclui-se que o cultivo da hortelã em sistema hidropônico pode ser feito com a solução de Furlani et al. (1999), na concentração reduzida a 85%, com redução do ciclo da cultura em 20 dias, após o transplante de 12 dias, quando comparado às condições de campo. Concentrações extremas, como 50 e 125% da referida solução interferem negativamente no crescimento de plantas de hortelã (*Mentha piperita*), não sendo recomendadas para o seu cultivo.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela planta e apresenta resposta positiva sobre a produção de biomassa; as plantas sob maiores doses de nitrogênio apresentam menor rendimento de óleo essencial, no entanto, haverá maior ganho de biomassa (SOUSA et al., 2007). Leal (2001) relata que a hortelã (*Mentha piperita* L.) em cultivo com solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnold (1950), com níveis de nitrogênio maior que o recomendado pela solução indicada, prejudica o desenvolvimento das plantas, diminuindo a produção e a qualidade do óleo essencial.

A nutrição mineral da hortelã indica que o nitrogênio ajuda seu desenvolvimento, promovendo resistência ao frio e às moléstias, já o potássio (K) atua na formação dos ésteres, que conferem o aroma ao óleo (VALMORBIDA & BOARO, 2007). A diminuição do nível de potássio em 50% e 75% da concentração da solução nº 2 de Hoagland & Arnon, além de não proporcionar sinais de deficiência na hortelã (*Mentha x piperita* L.), também não apresentou diminuição de rendimento de massa seca ou óleo essencial. Assim, o nível intermediário de potássio na solução igual a 58,50 em relação à recomendação de 117,00 mg L⁻¹, testados pelos autores mostrou ser adequado para as variáveis, comprimento de parte aérea, área foliar, produção de massa seca das lâminas foliares, das raízes, do caule mais pecíolo e da massa seca total, em condições hidropônicas.

Maia (2001), no cultivo de *Mentha arvensis* L., observando que, a omissão de potássio na solução nutritiva resultou em plantas com menor desenvolvimento, com menores hastes, poucas brotações laterais e menor número de folhas. Garlet et al. (2013), em estudo com a relação entre concentrações de potássio na solução hidropônica, observaram que a maior produção de massa fresca e seca da folhas foi de 328,5 e 61,5 g por planta, obtidas com a concentração de potássio de 414 mg L⁻¹. Verificou-se o mesmo efeito para hastes de massa fresca e seca de 368,96 e 66,32 g por planta e para parte aérea (696,33 e 127 g por planta), respectivamente. Resultados de Tabatabaie & Nazari (2007) indicam que a adição de NaCl à solução nutritiva leva a uma diminuição significativa no potássio nos tecidos das plantas.

Outro nutriente imprescindível ao desenvolvimento das plantas é o fósforo (P). Além do problema de ser facilmente fixado nos solos tropicais, seu deslocamento no solo é lento; sua ausência influencia diretamente o

desenvolvimento das plantas, principalmente a parte aérea. Rodrigues et al. (2002) observaram que a planta de hortelã responde significativamente em crescimento, ao aumento da concentração de P. David (2007), ao cultivarem *Mentha x piperita* L. em solução nutritiva com 50% a mais de P (46,5 mg L⁻¹ de P), não verificarem sinais de toxicidade e apesar das plantas apresentarem maior massa seca, os resultados permitiram concluir que as plantas cultivadas com 65% de N, 50% de P, 25% de K e 100% de Mg, em relação aos outros tratamentos com variação dos níveis de nutrientes da solução nº 2 de Hoagland & Arnon, apresentaram tendência de maior produção de massa, rendimento de óleo essencial e teor de mentol, portanto, recomenda-se o cultivo da hortelã com esses níveis de nutrientes. Rodrigues et al. (2004) verificaram que as maiores concentrações de P avaliadas, iguais a 24 e 30 mg L⁻¹ de P aumentaram a produção de massa fresca e seca da parte aérea da hortelã.

A hortelã (*Mentha piperita*) é cultivada principalmente para uso medicinal, e as especiarias da planta requerem condições especiais de irrigação. A qualidade da água de irrigação deve ser adequada para crescimento da cultura para que não apresente redução da produção. Se o nível de salinidade da água de irrigação é alto, a planta será prejudicada. Uma alternativa, se não houver água adequada para a irrigação em solo, é à lixiviação dos sais, que pode ser uma solução para crescimento da cultura de forma segura (OZTURK, 1997).

Uma eventual insuficiência de água durante a estação de crescimento representa uma ameaça para a produção da cultura, e em alguns casos, uma ameaça para sobrevivência. Vários fatores (como salinidade, déficit hídrico) na produção da hortelã irrigada requerem uma gestão e atenção cuidadosa para alcançar bom crescimento e produtividades, sem a redução significativa da qualidade (LEY et al., 2014; KHORASANINEJAD et al., 2011).

De acordo com os resultados de Khorasaninejad et al. (2011), o estresse hídrico tem um efeito negativo sobre a maioria dos parâmetros de crescimento da hortelã, a medida que o nível de estresse aumentou 45% em relação ao controle (100% da capacidade de campo), a massa fresca da parte aérea e seca, matéria seca de raízes, foram reduzidos.

Khorasaninejad et al. (2010) estudaram o estresse salino sobre o crescimento da hortelã (*Mentha piperita* L.) e relataram que a cultura é considerada moderadamente tolerante à salinidade, pois a salinidade inibiu vários

parâmetros de crescimento da planta. Mesmo assim, a hortelã pode ser cultivada com sucesso na maioria dos solos agrícolas, desde que o NaCl não exceda a valores elevados. Segundo Ozturk et al. (2004) o crescimento das plantas em condições salinas varia em diferentes fases de crescimento, dependendo do genótipo, algumas plantas toleram a salinidade até certo limite, sem qualquer redução da produção. Se tratando da hortelã (*Mentha piperita* L.), após certo nível de salinidade reduz significativamente o rendimento (OZTURK, 1997).

Tabatabaie & Nazari (2007) avaliaram a influência de nutrientes e a concentração de NaCl sobre o crescimento da hortelã. Os resultados mostraram que para os maiores rendimentos econômicos, particularmente de biomassa, que é uma matéria-prima básica para uso medicinal, os níveis moderados da CE são benéficos para o cultivo em ambiente controlado. O valor ideal da CE na zona da raiz, para que não haja redução no rendimento é de 1,4 e 2,8 dS m⁻¹. Nas condições do estudo a CE da solução máxima testada foi 5,6 dS m⁻¹.

Aziz et al. (2008) e Kashyap & Sharma, (2005) observaram que a implicação do estresse salino sobre o crescimento da parte aérea da hortelã diminuiu significativamente o tamanho da planta. O estresse salino sobre o crescimento da *Mentha x piperita* L. cultivada em condições de ambiente controlado, após 60 dias de crescimento, diferiram significativamente no rendimento de massa, com redução do peso fresco de 30%, submetidas em recipientes com salinidade de 1,5 g L⁻¹, com CE provável de (2,56 dS m⁻¹) (AZIZ et al., 2010).

Plantas de hortelã (*Mentha x piperita* L.) foram cultivadas por Tabatabaie et al. (2007) em hidroponia para avaliar os efeitos da condutividade elétrica (CE) sobre o crescimento e o teor de óleo essencial das plantas. Os resultados mostraram que os níveis crescentes de soluções CE tiveram efeitos significativos sobre as características vegetativas e teor de óleo essencial. O maior e o menor peso da matéria fresca das plantas foram obtidos em 1,4 e 5,6 dS m⁻¹, respectivamente. O aumento da solução CE com NaCl reduziu o peso fresco das plantas, no entanto a extensão da redução de peso fresco tornou-se mais pronunciado em 5,6 dS m⁻¹ com isso, o teor de óleo essencial foi 63% e 47% para os níveis de 1,4 e 5,5 dS m⁻¹, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-KARAKI, G.; AL-AJMI, A.; OTHMAN, Y. Response of soilless grown bell pepper cultivars to salinity. **Acta Horticulturae**, v.807, p.227-232, 2009.

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

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

AMORIM, D. M. B.; NOTARO, I. A.; FURTADO, D. A.; GHEYI, H. R.; BARACUHY, J. G. V. Avaliação de diferentes níveis de salinidade da água utilizada na produção de forragem hidropônica de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, Suplemento, p.339-342, 2005.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal, limitações de uso**. Recife: CNPq, 1995, 128p.

AZIZ, E. E.; AL –AMIER, H.; CRAKER, L. E. Influence of salt stress on growth and essential oil production in peppermint, pennyroyal, and apple mint. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, v.14, n.1-2, p.77-87, 2008.

AZIZ, E. E.; AL-AMIER, H.; EL-DANASOURY, M. M.; CRAKER, L. Response of peppermint to salt stress. **Acta Horticulturae**, v.854, p.75-80, 2010.

BARNABÉ, J. M. C.; DANTAS, R. M. L.; SOUZA, O. J. S.; BIONE, M. A. A.; SILVA, A. O.; SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. 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: 10 novembro 2013.

BERNARDO, S. Impacto Ambiental da irrigação no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, v.1, n.1. Viçosa, p.1-7, 1992.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 625p.

BIONE, M. A. A. **Produção hidropônica de manjeriço com solução nutritiva convencional em águas salobras e solução nutritiva orgânica**. 2013. 145p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2013.

BOARETTO, L. C. **Viabilidade econômica da produção de alface, em quatro sistemas tecnológicos: campo coberto, túnel baixo, estufa e hidropônico**. 2005. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

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

CARUSO, G.; VILLARI, G. Effect of EC-level and plant shading on the NFT-grown "Friariello Pepper". **Acta Horticulturae**, v.659, p.576-585, 2004.

CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A.; & OLIVEIRA, E. C. Produção da ervilha cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.44-50, 2012.

CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J. A. C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1995. 43p.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M. S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, p.262-267, 2008.

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

DANTAS, R. M. L. **Hidroponia utilizando águas salobras nos cultivos de agrião e couve chinesa**. 2012. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

DAVID, E. F. S. **Desenvolvimento, trocas gasosas, rendimento e composição de óleo essencial de *Mentha piperita* L cultivada em solução nutritiva com variação dos níveis de N, P, K e Mg**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual, Faculdade de Ciências Agrônomicas de São Paulo, Botucatu, 2007.

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

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia, cultura sem terra**. Tradução de Z. Z. MARCOS. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1987. 144 p.

FAQUIN, V., FURLANI, P. R. **Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido**. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.20, n. 200/201, p.99 -104, 1999.

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

GARCIA, G. O.; MARTINS FILHO, S.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. estresse hídrico e salino na produção relativa e potencial de água na folha do feijoeiro. **Irriga**, v.14, n.4, p.470-480, 2009.

GARLET, T. M. B.; SANTOS, O. S; MEDEIROS, S. L. P; GARCIA, D. C; MANFRON, P. A; APEL, M. A. Produção de folhas, teor e qualidade do óleo essencial de hortelã-japonesa (*Mentha arvensis* L. forma *piperascens* Holmes)

cultivada em hidroponia. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.9, n.4, p.72-79, 2007.

HABER, L. L.; LUZ, J. M. Q.; DÓRO, L. F. A.; SANTOS, J. E. Diferentes concentrações de solução nutritiva para o cultivo de *Mentha piperita* e *Melissa Officinalis*. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.1006-1009, 2005.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. S. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p. (Circular, 347).

KASHYAP, S.; SHARMA, S. Role of bioinoculants and auxin in development of salt tolerant *Mentha arvensis*. **Horticultural Science**, v.32, n.1, p.31-41, 2005.

KHORASANINEJAD, S.; MOUSAVI, A.; SOLTANLOO, H.; HEMMATI, K.; KHALIGHI, A. The effect of salinity stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of peppermint (*Mentha piperita* L.). **World Applied Sciences Journal**, v.11, n.11, p.1403-1407, 2010.

KHORASANINEJAD, S.; MOUSAVI, A.; SOLTANLOO, H.; HEMMATI, K.; KHALIGHI, A. The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.). **Journal of Medicinal Plants Research**, v.5, n.22, p.5360-5365, 2011.

LEAL, F. P. **Desenvolvimento, produção e composição de óleo essencial da *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio**. 2001. 144 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual, Faculdade de Ciências Agrônômicas de São Paulo, Botucatu, 2001.

LEY, T. W., STEVENS, R. G., LEIB, B. **Mint Irrigation Management**. Washington State University, Pullman, Washington, 3p. 2001. Disponível em: <<http://irrigation.wsu.edu/Content/Fact-Sheets/em4827.pdf>>. Acessado em: 20 janeiro 2014.

MACIEL, M. P.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; REZENDE, E. P. L.; OLIVEIRA, G. X. S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema

hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.165-172, 2012.

MAIA N. B; CARMELLO Q. A. C; MARQUES M. O. M. Sistema automático de fornecimento de solução nutritiva para cultivo hidropônico de plantas em vasos. **Revista Scintia Agrícola**, v.56, n.1, p.103-110, 1999.

MAIA, N. B. **Produção e qualidade de óleo essencial de duas espécies de menta cultivadas em solução nutritiva**. 1998. 105 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MAIA, N. B., BOVI, O. A.; NEWTON, M. M. Essential oil production and quality of *Mentha arvensis* grown in nutrient solution. **Acta Horticulturae**, v.548, p.181-187, 2001.

MALFA, G. L.; LEONARDI, C. Crop practices and techniques. **Acta Horticulturae**, v.559, p.31-39, 2001.

MALHEIROS, S. M. M.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, P. R. F.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, A. N. Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando-se efluente tratado de uma indústria de sorvete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1085-1092, 2012.

MARTÍNEZ, F. C. Sistemas de cultivo hidropônicos. In: MILAGROS, M. F.; GÓMEZ, I. M. C. (Ed.) **Cultivos sin suelo II**. Curso Superior de Especialización. Almeria: DGIFA-FIAPA Caja Rural de Almeria. 1999. P.207- 228.

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

MARTINS, M. B. G. Estudos de Microscopia óptica e de microscopia eletrônica de varredura em folhas de *Mentha spicata* e de *Mentha spicata x Suaveolens* (Lamiaceae). **Revista Bragantia**, v.61, n.3, p.205-218, 2002.

MATTOS, S. H. Potencial econômico de plantas medicinais e aromáticas nativas e cultivadas no Nordeste. In: Encontro Regional de Botânicos, XXII., 2000. Bahia, **Anais...** Bahia, p.23-24, 2000.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. Riscos de salinidade em áreas irrigadas. In: Miranda, J. H.; Pires, R. C. M. (Ed.). **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. cap.5, p.255-314. (Série Engenharia Agrícola, Irrigação, 1).

OLFA, B. R.; KADDOUR, W.; AIDI WANNES, M.; LACHAAL MARZOUK, B. Salt effects on the growth, mineral nutrition, essential oil yield and composition of marjoram (*Origanum majorana*). **Acta Physiol Plant**, v.10, p.45-51, 2009.

OZTURK, A. Effect of irrigation water quality on the yield of *Mentha piperita*. **Journal of Engineering Sciences**, v.3, n.2, p.365-369, 1997.

OZTURK, A.; UNLUKARA, A.; IPEK, A.; GURBUZ, B. Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v.36, n.4, p.787-792, 2004.

PAULA, L.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; SOARES, T. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F. Crescimento e nutrição mineral de milho forrageiro em cultivo hidropônico com soro de leite bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.9, p.931-939, 2011.

PAULUS D.; MEDEIROS, S., L., P.; SANTOS, O., S.; PAULUS, E. Solução nutritiva para produção de menta em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.1, p.061-067, 2008.

PAULUS, D.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; MANFRON, P. A.; DOURADO, D. N.; BORCIONI, E.; FABBRIN, E. Rendimento de biomassa e óleo essencial de menta japonesa (*Mentha arvensis* L.) **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, n.1, p.34-42, 2004.

PAULUS, D; MEDEIROS, S. L. P; SANTOS, O. S; MANFRON P. A; PAULUS, E; FABBRIN, E. Teor e qualidade do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) produzida sob cultivo hidropônico e em solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.9, n.2, p.80-87, 2007.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de H. R. GHEYI, J. R. de SOUSA e J. E. QUEIROZ. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48.

RODRIGUES, C. R.; FAQUIN, V.; TREVISAN, D.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; RODRIGUES, T. M. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p.573-578, 2004.

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

SACRAMENTO LVS; CAMPOS MJB. Cultivo de hortelã: produção de matéria seca e marcha de absorção de cálcio. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 42, 2002. **Resumos...** Uberlândia, 2002. (CD-ROM).

SANTOS, A. N.; SILVA, F. F. E.; SOARES, T. M.; DANTAS, R. M. L.; SILVA, M. M. Produção de alface em NFT e floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.319-326, 2011.

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

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

SANTOS, R. S. S.; DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S. Uso de Águas Salobras na Produção de Rúcula Cultivada em Substrato de Fibra de Coco. **Revista Caatinga**, v.25, n.1, p.113-118, 2012.

SANTOS, S. R.; PEREIRA, G. M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, p.569-577, 2004.

SAVVAS, D.; STAMATI, E.; TSIROGIANNIS, I. L.; MANTZOS, N.; BAROUCHAS, P. E.; KATSOULAS, N.; KITTAS, C. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. **Agricultural Water Management**, v.91, n.1, p.102-111, 2007.

SCHENKEL, C. S.; MATALLO J. R. H. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, p.82, 2003.

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

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

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

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

SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Destinação de águas residuárias provenientes de dessalinizadores por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.730-737, 2006.

SOUZA, M. A. A. **Produção de biomassa e rendimento de óleos essenciais de plantas de hortelã (*Mentha piperita* L.) em cultivo hidropônico com diferentes concentrações de nitrogênio e fósforo**. 2006. 87 p. Dissertação (mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

TABATABAIE, S. J.; NAZARI, J. Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis, and essential oil content of peppermint and lemon verbena. **Pakistan Journal of Botany**, v.31, p.245-253, 2007.

TABATABAIE, S. J.; NAZARI, J.; NAZEMIYEH, H.; ZEHTAB, S.; AZARMI, F. Influence of various electrical conductivity levels on the growth and essential oil content of peppermint (*Mentha piperita* L.) grown in hydroponic. **Acta Horticulturae**, v.747, p.197-201, 2007.

VALMORBIDA, J. **Níveis de potássio em solução nutritiva, desenvolvimento de plantas e a produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L.** 2003. 128p Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista de São Paulo, Botucatu, 2003.

VALMORBIDA, J.; BOARO, C. S. F. Growth and development of *Mentha piperita* L. in nutrient Solution as affected by rates of potassium. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.50, n.3, p.379-384, 2007.

VAN OS, E. A. Closed soilless growing systems: a sustainable solution for dutch greenhouse horticulture. **Water Science Technology**, v.39, n.1, p.105-112, 1999.

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

ZARONI, M.; PONTAROLO, R.; ABRAHÃO, W. S. M.; FÁVERO, M. L. D; CORREA JÚNIOR, C.; STREMEL, D. P. Qualidade microbiológica das plantas medicinais produzidas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.14, n.1, p.29-39, 2004.

CAPÍTULO 1

CONSUMO HÍDRICO DA HORTELÃ UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT E FLOATING¹

¹ Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Irriga

Consumo hídrico da hortelã utilizando águas salobras em sistema hidropônico NFT e Floating

Resumo: Plantas de hortelã (*Mentha piperita* L.) foram cultivadas em dois experimentos nos sistemas hidropônicos NFT e Floating, com o objetivo de avaliar os efeitos do uso de águas salobras sobre o consumo hídrico da cultura. As águas salobras foram utilizadas para preparar a solução nutritiva e para a reposição das perdas por evapotranspiração. No Experimento I, em sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes), a cultura foi submetida a sete níveis de salinidade da água: 0,47; 2,52; 4,29; 5,52; 7,36; 8,56 e 9,43 dS m⁻¹, obtidos pela adição de NaCl à água não salobra testemunha (0,47 dS m⁻¹); já no Experimento II em sistema Floating (Técnica da Lamina Profunda de Nutrientes), foram utilizados cinco níveis de salinidade da água: 0,47; 2,52; 4,29; 7,36 e 9,43 dS m⁻¹, obtidas com água não salobra (0,47 dS m⁻¹), usada como tratamento controle. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados tanto no NFT quanto no Floating, com seis e cinco repetições por tratamento, respectivamente. Desde o início dos Experimentos, observou-se efeito significativo da salinidade sobre o consumo hídrico, entretanto, esse efeito tornou-se mais pronunciado ao longo da estação de cultivo. Foi registrada uma redução linear sobre o consumo hídrico acumulado no NFT de (7 a 50 dias após o transplântio, DAT) de 4,2% para cada aumento unitário da salinidade da água em dS m⁻¹. Para o Floating também houve redução do consumo hídrico, na ordem de 8,16% por acréscimo da CEa em dS m⁻¹. A presença de NaCl no NFT provocou efeito positivo significativo na eficiência do uso da água CEa (aumento de 3% para cada dS m⁻¹ da salinidade da água). Por outro lado, no sistema Floating a resposta foi quadrática para a EUA em função do acréscimo unitário da CEa, (em dS m⁻¹). As máximas médias do consumo hídrico diário dos sistemas NFT e Floating foram 0,47 e 0,40 L por planta, respectivamente, registradas para a testemunha, ambas no período de 41 a 50 dias após transplântio.

Palavras-chave: Salinidade, eficiência do uso da água, evapotranspiração.

Water consumption of mint using brackish waters in NFT and Floating hydroponic systems

Abstract: Mint plants (*Mentha piperita* L.) were grown in two experiments in NFT and Floating hydroponic systems, with the objective of evaluate the effects of the use of brackish water on crop water consumption. The brackish water was used to prepare the nutrient solution and to replace evapotranspiration losses. In Experiment I, in NFT system (Nutrient Technique Film), the crop was subjected to seven levels of salinity: 0,47, 2.52, 4.29, 5.52, 7.36, 8.56 and 9.43 dS m⁻¹, obtained by added NaCl to not brackish water control (0.47 dS m⁻¹). In Experiment II Floating system (Deep Film Technique), five levels of water salinity were used: 0,47, 2.52, 4.29, 7.36 and 9.43 dS m⁻¹, obtained with not brackish water (0.47 dS m⁻¹), used as control treatment. The experimental design was randomized blocks in both NFT and Floating systems, with six and five replications per treatment, respectively. From the beginning of the experiments, there was a significant effect of salinity on water consumption, however, this effect became more pronounced during the crop cycle. It registered a linear reduction of the accumulated water consumption in NFT system (7 to 50 days after transplanting, DAT): 4.2% for each unit increase in water salinity (in dS m⁻¹). For the Floating system also decreased water consumption in the order of 8.16% by addition of ECw in dS m⁻¹. The presence of NaCl in NFT provoked significant positive effect on the efficiency of water use (increase of 3% for each dS m⁻¹ water salinity). On the other hand, the response was Floating system for the EUA quadratic function unit increase in the ECw (in dS m⁻¹). The maximum averages of daily water consumption with NFT and Floating systems were 0.47 and 0.40 L per plant, respectively, registered for control, both the period 41-50 days after transplanting.

Key words: Salinity, water use efficiency, evapotranspiration

INTRODUÇÃO

O cultivo hidropônico em regiões com escassez hídrica é uma alternativa para o incremento da eficiência do uso da água, particularmente em áreas susceptíveis à salinização do solo e à elevada demanda atmosférica. Na Região Semiárida, no Nordeste do Brasil, onde prevalece a falta de água para a produção agrícola e há ineficiência nas técnicas de cultivo em áreas com risco de salinidade, segundo Soares et al. (2007) essa mudança deve ser conduzida visando alcançar uma produção agrícola baseada no uso racional da água e no aproveitamento de fontes alternativas de recursos hídricos.

A qualidade da água é um dos fatores que ocasionam efeito negativo no desenvolvimento e na produção das culturas. Dessa forma, visando à utilização da água de qualidade inferior na agricultura, deve-se utilizar um manejo racional, através de alternativas economicamente viáveis, de modo que a cultura atinja a produtividade esperada (SAVVAS et al., 2007; MALHEIROS et al., 2012; SANTOS et al., 2012).

Em função das características climáticas e geológicas da Região Semiárida as águas subterrâneas são frequentemente salobras, além de apresentarem níveis elevados de sais e condutividade elétrica, geralmente acima de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, atingindo até $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, e reduzida vazão de muitos dos poços já perfurados: em média $4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (ALVES, 2011; AUDRY & SUASSUNA, 1995; COSTA et al., 2006), dificultando a irrigação convencional.

A prática do cultivo hidropônico na Região Nordeste do Brasil pode oferecer inúmeras melhorias: maior produtividade; melhor qualidade do produto; menor emprego de mão-de-obra; mínimo uso de defensivos; colheita precoce; redução de defensivos agrícolas; maior eficiência do uso da água como fruto da redução da evaporação e a não necessidade de aplicação da fração de lixiviação; menor consumo hídrico; não necessita da implantação de sistemas de drenagem, já que a hidroponia integra irrigação e drenagem num mesmo sistema, com recirculação do efluente (no caso do sistema fechado); melhoria da ergonomia nas atividades; dispensa da rotação de culturas; eliminação de alguns tratamentos culturais; utilização racional de áreas salinizadas pelo cultivo tradicional; menor impacto ambiental, por evitar pragas e patógenos do solo. Por este motivo, vários autores vêm

conduzindo pesquisas voltadas ao desenvolvimento e aproveitamento de águas salobras (SOARES, 2007; SANTOS, 2009; DIAS et al., 2009; BIONE, 2013).

Nos últimos anos, várias pesquisas vêm sendo conduzidas com algumas hortaliças folhosas, visando evidenciar a viabilidade técnica de sua produção em condições salinas a partir de sistemas hidropônicos (SOARES et al., 2010; PAULUS et al., 2010). No entanto, é preciso investir na pesquisa em outros tipos de culturas, como forma de garantir outras opções de diversificação para os agricultores. Por outro lado, poucos estudos envolvem a produção em sistemas alternativos, como na hidroponia. Também se tem poucos estudos de salinidade com culturas menos tradicionais. As pesquisas cada vez mais procuram alternativas para obter maior produtividade e eficiência do uso de águas salobras, e sustentabilidade da atividade.

A literatura comenta abundantemente os prejuízos devido aos efeitos osmótico e específico (desequilíbrios iônicos) para as culturas (CHARLES et al., 1990; AYERS & WESTCOT, 1999), com reflexo na menor produção e a perda na qualidade dos produtos. Por outro lado, o estresse salino pode trazer vantagens para a produção agrícola, tais como maior produção de compostos de interesse, como óleos essenciais. Segundo Charles et al. (1990), o estresse osmótico pode trazer benefícios como maior produção de óleos em cultivo de *Mentha x piperita* L. As plantas são expostas a diferentes graus de estresse por conta de fatores naturais e induzidos pelo homem, como a salinização, a seca e a presença de metais pesados no substrato que causam efeito substancial no rendimento e na qualidade de constituintes bioativos no óleo, em muitas plantas o nível de estresse tem efeitos prejudiciais sobre o crescimento e desenvolvimento (BISWAS et al., 2011).

A disponibilidade de água é um dos fatores mais importantes para maximizar o rendimento e a qualidade dos vegetais, devido à sua sensibilidade ao déficit hídrico. A eficiência do uso da água (EUA) é uma medida importante que mostra a relação entre a unidade de fitomassa seca produzida e o consumo de água utilizada. O conhecimento da EUA ao longo do ciclo da cultura possibilita identificar qual é o estágio mais suscetível à deficiência hídrica ou em que período do ciclo ocorre o maior consumo de água, favorecendo o manejo adequado da irrigação, assim apresentando, maior retorno econômico pelo meio da produção (KRAMER & BOYER, 1995; FAGAN et al., 2009).

Segundo Soares et al. (2010), em experimento hidropônico com águas salobras, o aumento da salinidade contribui para a redução do consumo de água em plantas de alface, com conseqüente queda da produção. O mesmo foi verificado por Maciel et al. (2012), que trabalharam com girassol ornamental, por Malheiros et al. (2012) trabalhando com cultivo hidropônico de tomate cereja, e por Silva et al. (2012) em experimento com rúcula.

No sistema hidropônico de cultivo diferentes técnicas são utilizadas quanto à forma de aplicação de solução nutritiva, podendo estas técnicas influenciar na disponibilidade de água e nutrientes às plantas. A técnica NFT (Técnica do fluxo laminar de nutrientes) consiste na passagem de uma lâmina intermitente de solução nutritiva por um leito contendo as plantas. No Floating, outra técnica utilizada, também conhecida como Flutuante (Técnica da Lâmina Profunda de nutrientes), forma-se uma lâmina profunda (5 a 20 cm), onde as raízes das plantas ficam submersas continuamente na solução nutritiva e suportadas por um sistema flutuante, sendo esta solução renovada ou aerada frequentemente ao longo do cultivo (RODRIGUES, 2002; Santos et al., 2011). Por outro lado, esse contato permanente com a solução no sistema Floating pode constituir um impedimento à oxigenação das raízes, o que pode reduzir a produção. Por esse motivo, a hidroponia Floating requer sistemas de aeração da solução (SANTOS et al., 2011).

Estudos têm sido desenvolvidos a campo com intuito de determinar o manejo da irrigação adequado à cultura da *Mentha piperita* L., que permita o aumento da EUA e conseqüentemente da produtividade (Marcum & Hanson, 2006), entretanto pouco se sabe em relação aos sistemas hidropônicos.

O cultivo de plantas medicinais vem sendo bastante estudado no mundo. Essa importância justifica o forte investimento em pesquisas com hortelã. Por outro lado, observa-se uma demanda de novas tecnologias e opções na produção agrícola, de maneira especial as práticas culturais para otimização, como alternativas de plantio e produtividade (PAULUS et al., 2004). A alternativa de plantio da hortelã em cultivo hidropônico pode favorecer ou não a produtividade em termos de produção biomassa.

Entre as plantas medicinais, a *Mentha piperita* L. (ou hortelã), pertence ao gênero *Mentha* e à família Lamiaceae. Essas plantas são originárias da Europa, suportam temperaturas muito baixas, mas são bem adaptadas ao clima tropical,

podendo apresentar ramos de cores diferentes que variam de verde-escuro para roxo-violeta (VALMORBIDA & BOARO, 2007; SOUZA, 2006).

O tempo ideal para se proceder à colheita das plantas de hortelã varia conforme a época do ano, o clima da região e o destino que se dará à planta (produção de material fresco ou extração de óleo essencial) (PAULUS et al., 2007). Sacramento & Campos (2002) observaram que o ponto de máxima produção de matéria seca da hortelã ficou acima dos 135 dias de cultivo, indicando um comportamento característico de planta perene.

O cultivo de plantas medicinais aromáticas em sistemas hidropônicos, segundo Galert et al. (2007), permite que em espaços diminuídos sejam obtidos óleos essenciais de qualidade e com alta produtividade de massa vegetal. Segundo Paulus et al. (2008), cultivos hidropônicos de plantas aromáticas e medicinais são cada vez mais frequentes.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o consumo hídrico e a eficiência do uso da água no cultivo da hortelã em sistema hidropônico NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes) e Floating (Técnica da Lâmina Profunda de nutrientes), quando submetidos a diferentes níveis de salinidade da água produzidos artificialmente com NaCl.

MATERIAL E MÉTODOS

Estrutura experimental

Foram conduzidos dois experimentos concomitantemente em duas diferentes casas de vegetação, no período de 15/05/2013 a 04/07/2013, objetivando o cultivo hidropônico da hortelã (*Mentha piperita* L.), em sistemas NFT e Floating, com águas salobras artificiais preparadas com adição de NaCl.

No Experimento I foram cultivadas plantas de hortelã em sistema hidropônico NFT, em casa de vegetação do tipo geminada em dois arcos (Figura 1A.). O ambiente é protegido por tela tipo clarite nas laterais e possui um rodapé de 0,2 m em alvenaria, por um filme plástico (anti UV, 150 nm) instalado no teto e também por uma manta termorrefletora (aluminet 50%) instalada internamente à altura do pé-direito (Figura 1B.). A casa de vegetação está instalada no sentido

leste-oeste, tem 14 m de largura por 32 m de comprimento, pé-direito de 4 m, ficando com altura máxima de 5,5 m. O piso do ambiente protegido é coberto por manta geotêxtil (bidim) para melhorar as condições fitossanitárias e aumentar a vida útil das eletrobombas utilizadas.



Figura 1. Visão externa (A.) e visão interna (B.) da casa de vegetação onde foi desenvolvido o experimento com hortelã no sistema NFT.

No Experimento II foi utilizado o sistema hidropônico Floating, em casa de vegetação do tipo arco simples (Figura 2A.). O ambiente é protegido por um filme plástico (anti UV, 150 nm) instalado no teto, a estrutura é em aço galvanizado e também por uma manta termorrefletores (aluminet 50%) instalada internamente à altura do pé-direito, e possuindo 7,0 m de largura, 20,0 m de comprimento, 4,0 m de pé direito e 5,5 m de altura. As paredes foram confeccionadas com telas de sombreamento e possuíam um rodapé de 0,2 m em alvenaria. O piso do ambiente protegido foi coberto por uma camada de brita para melhorar as condições fitossanitárias.



Figura 2. Visão externa (A.) e visão interna (B.) da casa de vegetação onde foi realizado o Experimento II com hortelã, no sistema Floating.

Dados climáticos

O estudo foi conduzido em condições controladas no Recôncavo Baiano, no campus de Cruz das Almas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, a 12°40'19" de latitude Sul, 39°06'23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m. Conforme Almeida (1999), o clima local é tropical quente úmido, tipo Aw a Am, segundo a classificação de Köppen, com médias anuais de precipitação pluvial de 1.224 mm, e temperatura e umidade relativa de, 24,5°C e 80%, respectivamente. As informações climáticas (externas) utilizadas neste trabalho são originárias da estação meteorológica automática do INMET na EMBRAPA, cujas coordenadas geográficas são: latitude 12°40'39" Sul; longitude 39°06'23" Oeste; altitude 225,87 m. Os valores médios diários de temperaturas média, máxima, mínima, e o umidade relativa do ar, oscilaram de 21,74 a 25,28°C, de 23,60 a 31,50°C de 18,90 a 22,70°C e de 81,25 a 96,50%, respectivamente (Figura 3). As casas de vegetação estão aproximadamente 1 km da estação meteorológica.

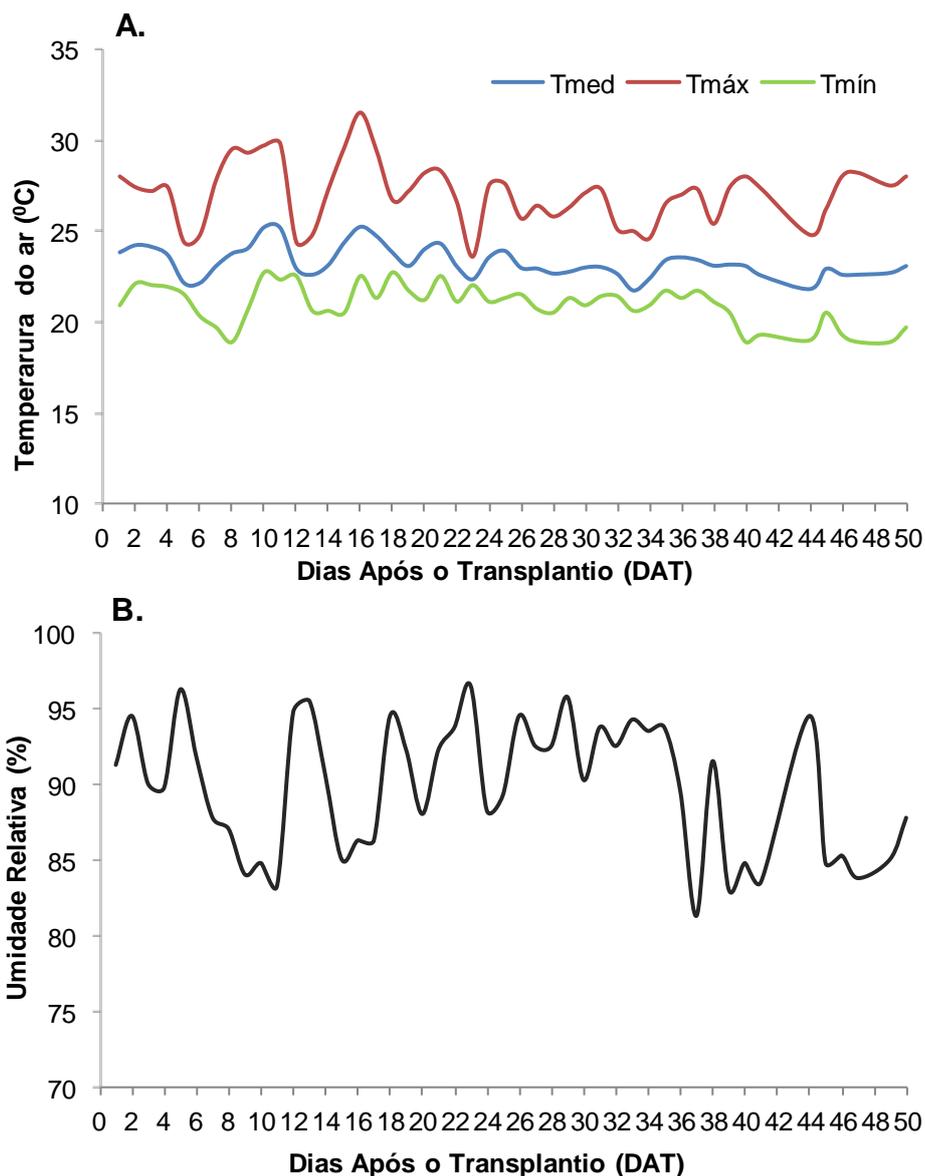


Figura 3. Variações diárias de temperatura do ar (A.), e umidade relativa do ar (B.) externas ao longo dos Experimentos I, e II com NFT e Floating, respectivamente.

Experimento I

A estrutura do Experimento I consistiu de 84 unidades hidropônicas que individualmente representam um sistema NFT independente, conforme descrição apresentada por Soares et al. (2009) e adotada em outros trabalhos (BIONE, 2013; SANTOS et al., 2010; PAULUS et al., 2010; ALVES et al., 2011). As unidades foram instaladas aos pares, sobre traves de PVC, a uma altura de 1,0 m da superfície do solo e com inclinação de 4%; o espaçamento entre os perfis foi de 0,5 m e entre os pares foi deixado um corredor de 0,9 m de largura para facilitar o trânsito e a operacionalidade (Figura 4).



Figura 4. Visão geral das unidades experimentais instaladas no Experimento I, com sistema NFT.

As parcelas experimentais foram formadas por duas unidades hidropônicas adjacentes, ambas sobre uma mesma trave. Em cada perfil foram cultivadas oito plantas de hortelã. Portanto, a estrutura experimental foi composta por 42 parcelas com 16 plantas cada.

Em cada unidade hidropônica se tem uma eletrobomba, que recalca solução nutritiva de um reservatório inferior (50 L) até um perfil hidropônico (75 mm) em polipropileno, onde se tem oito orifícios para cultivo (3 cm de diâmetro) a cada 30 cm; a solução nutritiva injetada no perfil de polipropileno retorna ao reservatório individual (do tipo bombona), mediante um receptor (produzido a partir de uma garrafa PET); uma torneira boia instalada no interior do reservatório é conectada a um reservatório de água (tubo de PVC de 200 mm, com capacidade média de 28 L), permitindo a reposição automática da água consumida na evapotranspiração. Neste reservatório está inserido um microtubo azul (transparente) junto com uma fita métrica, o que permitiu a determinação do volume evapotranspirado por planta mediante a Eq. (1).

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

em que:

V_{ETC} - volume evapotranspirado, 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 no intervalo de tempo ΔT

Com o auxílio do temporizador digital foi adotado, durante todo experimento, uma programação de irrigações de 10 minutos a cada 15 minutos, no período das 6:00 às 18:00 h. Durante a noite o turno de rega foi de 2 h, com 10 minutos de irrigação.

O monitoramento das condições internas da casa de vegetação no Experimento I foi feito a cada 15 minutos, com coleta de dados de temperatura do ar e de temperatura da solução nutritiva (em dois diferentes reservatórios, aleatorizados, no ambiente protegido). Para registro da temperatura na solução nutritiva foram utilizados como sensores fiações de termopar (cobre-constantan), os quais enviavam sinais elétricos a um armazenador de dados (datalogger CR 1000) que também fazia a transdução desses sinais. Para registro da temperatura do ar foi instalado um termo-higrômetro (Modelo HMP60) a 1,5 m de altura do solo.

Experimento II

A estrutura experimental empregada consistiu de 50 unidades hidropônicas que individualmente representam o sistema Floating. As unidades foram instaladas aos pares, sobre tijolos, a uma altura de 10 cm da superfície do solo; o espaçamento entre os perfis foi de 0,25 m e entre os pares foi deixado um corredor de 0,8 m de largura para facilitar o trânsito e a operacionalidade (Figura 5).



Figura 5. Unidades experimentais do sistema Floating (A), disposição das plantas sobre suporte de isopor (B) e sistema de oxigenação da solução nutritiva.

As parcelas experimentais foram formadas por duas unidades hidropônicas independentes, quais sejam: dois vasos plásticos com capacidade de 5,5 L. Portanto, a estrutura experimental foi composta por 25 parcelas com duas plantas em cada. Em cada vaso foi colocada uma planta, sustentada por uma placa de isopor, ficando o sistema radicular imerso na solução nutritiva, mantida sob aeração constante.

Foi utilizada uma turbina de injeção de ar, que oxigenava a solução nutritiva de cada vaso constantemente por meio de um microtubo (3 cm de diâmetro), conectado a uma tubulação principal de PVC de 20 mm. A reposição da água consumida pela evapotranspiração foi feita manualmente. As leituras de consumo hídrico foram feitas todo dia no mesmo horário, por meio de uma proveta, o que permitiu a determinação do volume evapotranspirado por planta.

Durante o Experimento II, não foram monitorados os dados climáticos internos na casa de vegetação.

Condução da cultura

Foram produzidas mudas da hortelã (*Mentha piperita* L.) propagadas por estaquia em células de espuma fenólica (2 x 2 x 2 cm) e encaminhadas para um berçário construído com o sistema hidropônico NFT (Figura 6), no período de 18/04/2013 a 14/05/2013. Essas mudas foram propagadas a partir de plantas matrizes.



Figura 6. Estacas de hortelã em placas de espuma fenólica em berçário para crescimento de mudas em sistema NFT.

O transplântio para os sistemas hidropônicos foi executado no dia 15/05/2013, 26 dias após a estaquia. No transplântio foram usadas as melhores mudas do berçário e essas foram distribuídas entre os sistemas de maneira homogênea, para não criar gradientes entre os tratamentos e mesmo entre os blocos; essas mudas apresentaram em média 0,316 m de comprimento em haste única. As plantas foram cultivadas no espaçamento de 0,30 por 0,5 m. As plantas foram mantidas sem o tutoramento até o final de ambos os experimentos.

A formulação da solução nutritiva utilizada tanto para a fase do berçário quanto para a fase experimental de cultivo foi a mesma, sendo baseada na proposta de Furlani et al. (1999) (Tabela 1), a qual é indicada para hortaliças folhosas.

Tabela 1. Quantidades de fertilizantes utilizados como fontes de macro e micronutrientes para o preparo de 1 m³ de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de hortaliças, com as respectivas concentrações esperadas de nutrientes (FURLANI et al., 1999).

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

* q representa quantidade de fertilizantes em g m⁻³

As águas salobras artificiais (NaCl) e a água não salobras não tiveram pH corrigido antes do preparo da solução nutritiva. A experiência prévia com a água não salobra utilizada (inclusive para o preparo das águas com NaCl) indicou que a adição dos nutrientes produz uma acidificação geralmente suficiente para o alcance da faixa de pH desejado. Além disso, o NaCl é um sal de base e ácido fortes, cuja dissociação não deve promover mudanças de pH, como previsto por Santos et al. (2010).

O pH da solução nutritiva foi monitorado regularmente. Quando se detectou alteração do pH, o seu controle foi efetuado sempre que necessário, com hidróxido de potássio (KOH) ou ácido fosfórico (H₃PO₄), ambos em concentração de 0,2 M, foi aplicado na faixa de 5-10 ml por unidade hidropônica no sistema NFT e no sistema Floating 2-5 ml por unidade, tanto o hidróxido de potássio ou ácido fosfórico. Visando manter a solução nutritiva na faixa de 5,5 a 6,5 de pH, conforme Santos (2009) e Furlani et al. (1999). Durante os experimentos o pH da

solução tendeu a acidificar ao longo do ciclo, com isso, houve necessidade de mais assiduidade com a correção KOH, que representou uma quantidade de potássio 0,00039 e 0,001741 g L⁻¹ nos sistemas NFT e Floating, respectivamente, ao final do experimento. Portanto, foi verificado um aumento de potássio na ordem de 0,21 e 0,94% nos sistemas NFT e Floating, respectivamente, em relação à recomendação que é de 0,1825 g L⁻¹ (Tabela 1).

A condutividade elétrica da solução (CESol) em cada unidade hidropônica também foi monitorada com um condutivímetro de bancada, mas não foi feita reposição dos nutrientes consumidos quando se detectou redução da CE.

Como controle fitossanitário de insetos sugadores/cortadores não foram empregados defensivos químicos; por outro lado, aos 27 dias após o transplântio (DAT) foram feitas aplicações foliares de extrato de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) na concentração de 0,01 L L⁻¹. Para controle de lagartas foi feita catação manual, após vistoria planta a planta. Também foram feitas duas aplicações preventivas contra *Pythium* a partir de uma solução contendo *Trichoderma spp.* (Trichodel, a 0,00025 L L⁻¹), aos 2 e aos 17 dias após o transplântio (DAT), aplicada diretamente na solução nutritiva.

Até os 6 DAT, no sistema hidropônico NFT, a reposição das perdas por evapotranspiração foi feita com solução nutritiva; posteriormente, foi conduzida com as mesmas águas não salobra ou salobras, características dos tratamentos. Em experimentos anteriores com a mesma estrutura experimental (SILVA, 2012; MACIEL et al., 2012; BIONE, 2013), observou-se que nos primeiros dias após o transplântio o consumo hídrico é baixo, portanto, não há risco de concentração de nutrientes adotando-se o procedimento de repor a evapotranspiração inicial com solução nutritiva. Por outro lado, esse procedimento permite corrigir eventuais vazamentos nos reservatórios de abastecimento automático de água, sem comprometer a concentração de nutrientes em cada parcela. No experimento com o sistema Floating também houve a necessidade de repor as perdas por evapotranspiração com solução nutritiva até os 2 DAT.

Tratamentos e preparo das águas salobras artificiais utilizando NaCl

Para o preparo das águas salobras utilizou-se apenas NaCl, adicionado à água não salobra, de acordo com a condutividade elétrica da água (CEa) desejada para cada tratamento.

As quantidades de NaCl a serem adicionadas para atingir cada nível de CEa dos tratamentos foram calculadas com base na relação existente entre o somatório de cátions e a CEa (Eq 2).

$$CEa \text{ (dSm}^{-1}\text{)} = \frac{\sum \text{cations (mmolc L}^{-1}\text{)}}{10} \quad (2)$$

Após a adição do NaCl na água não salobra, a CEa foi medida com um condutímetro. A Tabela 2 mostra as quantidades de NaCl utilizada no preparo da água salobra.

No Experimento I, no sistema NFT, os tratamentos consistiram de água não salobra mais seis águas salobras produzidas artificialmente com NaCl. Os tratamentos foram aleatorizados nas 42 parcelas em seis blocos, utilizando-se uma repetição por bloco.

Os valores observados de condutividades elétricas da água (CEa) foram de 2,52; 4,29; 5,52; 7,36; 8,56; 9,43 dS m⁻¹ (Tabela 2), os quais proporcionaram soluções nutritivas com CE inicial de 5,04; 6,63; 8,01; 9,53; 10,62 e 11,84 dS m⁻¹, respectivamente. A água não salobra (Testemunha - T1), que teve salinidade de 0,47 dS m⁻¹, proporcionou CE da solução nutritiva de 2,49 dS m⁻¹.

Os tratamentos do Experimento II, no sistema Floating consistiram de água não salobra e mais quatro águas salobras produzidas artificialmente com NaCl. Os tratamentos foram aleatorizados nas 25 parcelas em cinco blocos utilizando-se uma repetição por bloco. As condutividades elétricas da água (CEa) foram de 2,52; 4,29; 7,36 e 9,43 dS m⁻¹ (Tabela 2), as quais proporcionaram soluções nutritivas com CE inicial de 5,04; 6,63; 9,53; 11,84 dS m⁻¹, respectivamente. A água não salobra (Testemunha - T1) teve salinidade de 0,471 dS m⁻¹ e proporcionou solução nutritiva com CE de 2,49 dS m⁻¹.

Tabela 2. Concentração de NaCl aplicado, condutividade elétrica da água (CEa), condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{Sol}) e seu respectivo valor de pH (pH_{Sol})

TRATAMENTO	NaCl (g L ⁻¹)	CEa (dS m ⁻¹)	CE _{sol} (dS m ⁻¹)	pH _{sol}
T1	0,0	0,47	2,49	6,25
T2	0,877	2,52	5,04	6,23
T3	1,462	4,29	6,63	6,13
T4	2,047	5,52	8,10	6,17
T5	2,632	7,36	9,53	6,32
T6	3,217	8,56	10,62	6,28
T7	3,802	9,43	11,84	6,33

A fonte de NaCl empregada foi um produto de uso industrial (não puro para análise) com as seguintes especificações: 99,45 a 99,9% de NaCl em base seca; 35,99 a 39,99% de Na; 60,0 a 62,0% de Cl.

Como descrito anteriormente, os Experimentos I e II foram conduzidos em ambientes diferentes, ainda que concomitantemente; portanto, os sistemas hidropônicos NFT e Floating não se constituíram tratamentos e não serão comparados categoricamente.

Variáveis estudadas

Durante os Experimentos I e II foram consideradas as seguintes variáveis:

a) consumo hídrico no Experimento I foi determinado pela (Eq. 1), dos 7 aos 10, dos 11 aos 20, dos 21 aos 30, dos 31 aos 40 e dos 41 aos 50 DAT. O consumo acumulado foi determinado dos 7 aos 50 DAT. Já no Experimento II, o consumo hídrico foi determinado a partir da reposição manual do volume medido em proveta manualmente dos 7 aos 10, dos 11 aos 20, dos 21 aos 30, dos 31 aos 40 e dos 41 aos 50 DAT. O consumo acumulado foi determinado dos 7 aos 50 DAT.

b) teor de água na parte aérea

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

em que:

U - teor de água na parte aérea, %

MFPA - massa de matéria fresca da parte aérea, g

MSPA - massa de matéria seca da parte aérea, g

c) redução do consumo hídrico total em função da salinidade da água, conforme Eq.(4).

$$V_{Red} = 100 - \left(\frac{V_{TRAT}}{V_{TESTEMUNHA}} \right) \times 100 \quad (4)$$

em que:

V_{Red} - redução percentual do volume evapotranspirado no ciclo, %

V_{TRAT} - média do volume evapotranspirado em um dado tratamento, L

$V_{TESTEMUNHA}$ - média do volume evapotranspirado na Testemunha, L

d) eficiência do uso da água (EUA). A EUA foi determinada pela relação entre produção de fitomassa e o volume de água consumido por planta, conforme Eq. (5).

$$EUA = \frac{F}{CONS} \quad (5)$$

em que:

EUA - eficiência do uso da água, $g L^{-1}$

F - fitomassa, g

CONS - consumo hídrico a partir das leituras em litros, L

Os dados do consumo hídrico no Experimento I foram obtidos de cada seis plantas por parcelas, sendo empregadas na análise estatística as médias de cada uma das 42 parcelas experimentais para todas as variáveis de interesse. Já para o Experimento II os dados foram obtidos de duas plantas por parcelas, sendo analisadas as médias de cada uma das 25 parcelas para todas as variáveis de interesse.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As variáveis foram avaliadas pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade.

As águas salobras artificiais (produzidas pela adição de NaCl) constituíram tratamentos quantitativos, sendo seu efeito avaliado mediante análise de regressão. Nesse caso, as variáveis de interesse foram relacionadas com a condutividade elétrica da água (CEa), mediante modelos de resposta, cujas validades foram estabelecidas de acordo com a significância dos seus termos e

também com o valor do coeficiente de determinação. Os coeficientes de determinação apresentados se referem a todos os dados avaliados e não apenas às médias.

Para as variáveis cuja resposta à salinidade da água foi definida por uma equação de primeiro grau, estimou-se a redução linear relativa com base nos coeficientes da função ajustada Eq. (6). Para as variáveis explicadas por polinômios de segunda ordem, estimaram-se os pontos de máxima/mínima mediante a derivação das equações.

$$\alpha_i = \frac{a}{b} \times 100 \quad (6)$$

em que:

α_i - redução linear relativa da variável i para cada acréscimo unitário na salinidade da água, % (dS m⁻¹)⁻¹

a - coeficiente angular da equação ajustada para a variável i

b - coeficiente linear da equação ajustada para a variável i

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o Experimento I a temperatura do ar na casa de vegetação, à altura das plantas, 1,5 m do solo, oscilou de 18,94°C a 34,70°C (Figura 7A.). A temperatura da solução nutritiva apresentou mínima de 19,28°C e máxima de 34,51°C durante todo o experimento (Figura 7B.). A temperatura do ar registrada no experimento ultrapassou a recomendada pela literatura em cultivos hidropônicos de menta, com faixa ótima de 18 a 30°C, mencionada por Britten & Basford (1986). Houve pouca diferença entre as temperaturas do ar e da solução nutritiva. De acordo com Rodrigues (2002), é importante que a variação da temperatura permaneça dentro do recomendado, pois se a temperatura da solução nutritiva for muito superior ou inferior à temperatura do ar pode causar danos à planta, bem como uma diminuição na absorção dos nutrientes, e conseqüentemente, uma menor produção. Os dados climáticos internos do Experimento II não foram monitorados.

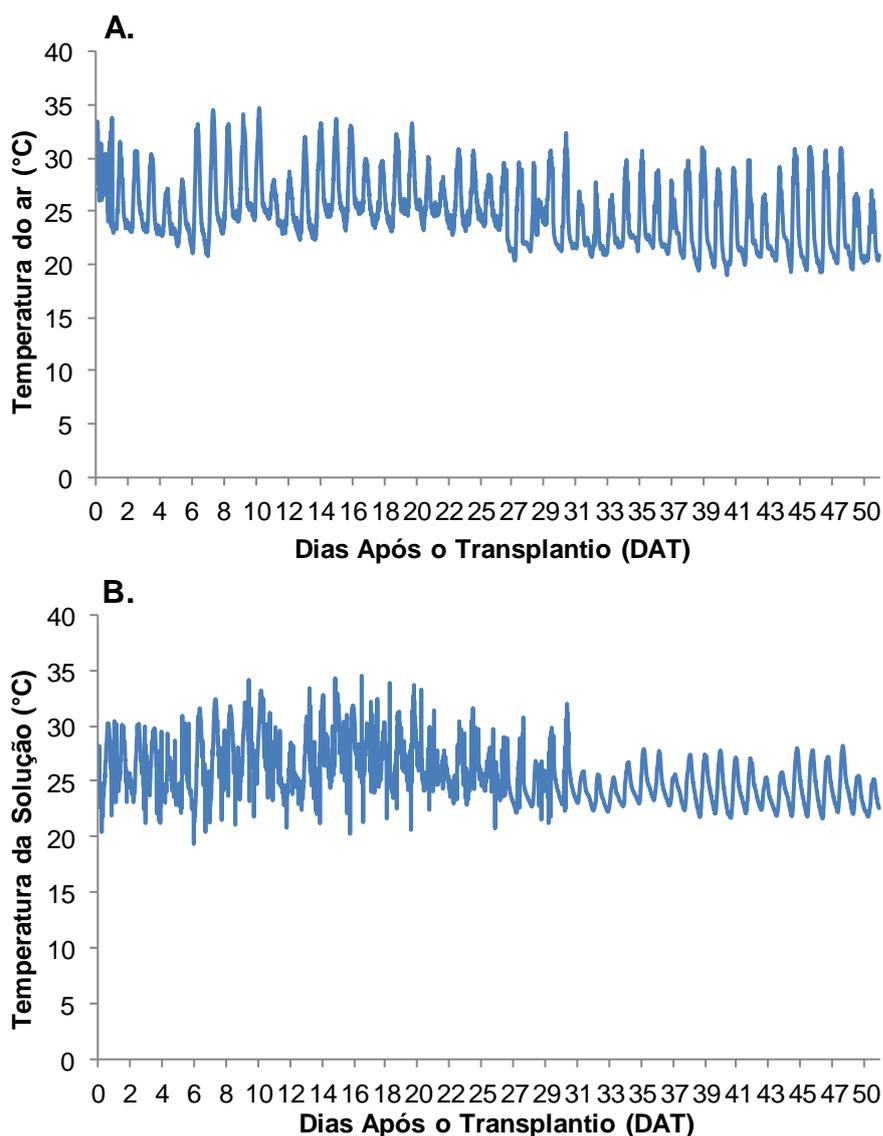


Figura 7. Variações diárias de temperatura do ar (A.), temperatura da solução (B.) ao longo do Experimento I, com NFT.

Avaliando o pH da solução nutritiva no Experimento I, observou-se (Figura 8A.) uma variação, em geral, dentro da faixa de 4,5 a 7,5. Já para Experimento II o pH variou dentro da faixa de 4,0 a 7,5 (Figura 8B.). Conforme Furlani et al. (1999), variações na faixa de pH de 4,5 a 7,5 são toleradas, sem prejuízo ao crescimento das culturas hidropônicas. No entanto, valores abaixo de 4,0 prejudicam a integridade da membrana celular e quando o pH supera 6,5, deve-se ter cuidado com possíveis deficiências de Fe, P, B, Mn, Ca e Mg. As variações no pH provavelmente são reflexo do desequilíbrio de cátions e ânions na solução

nutritiva devido a própria diferenciação na absorção desses íons pelas plantas (HINSINGER et al., 2003).

A água salobra artificial utilizada no presente estudo foi produzida por NaCl, um sal do qual a hidrólise de íons capazes de gerar ácido e base fortes, deve ter havido pouco efeito sobre o pH (LEMBO, 2000). Santos (2009) e Rodrigues (2002) indicam manter o pH na faixa 5,0 a 7,0 em cultivo hidropônico. Paulus et al. (2007) recomendam, especificamente para cultivos de hortelã, os valores de pH da solução nutritiva de 6,0 a 7,0. Garlet et al. (2007) cultivaram menta em sistema hidropônico NFT, onde o pH foi corrigido a cada dois dias para valores de $6,0 \pm 0,2$ após completar-se o volume dos reservatórios de água. Assim, no presente estudo foi preciso fazer o ajuste do pH, em alguns intervalos de tempo, mantendo-o próximo ao pH de outras pesquisas desenvolvidas com hortelã.

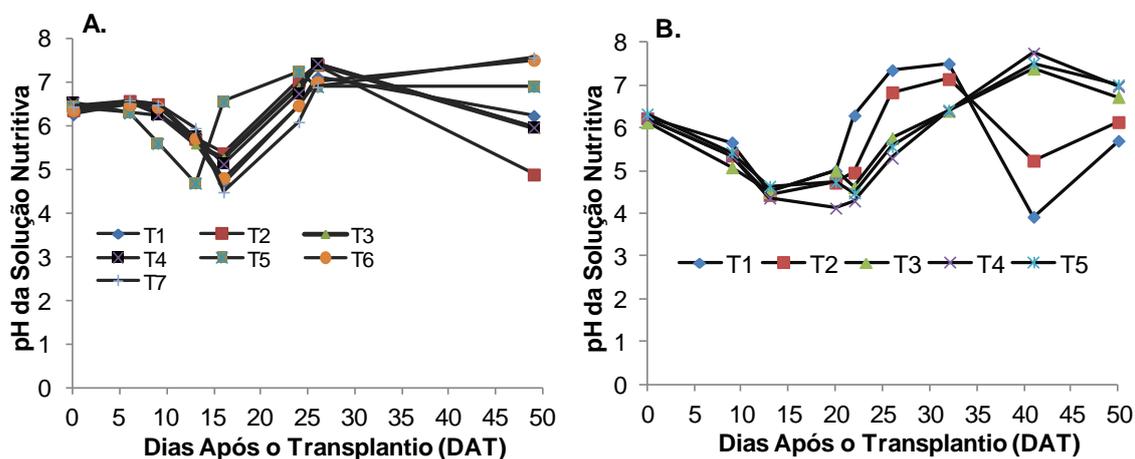


Figura 8. pH da solução nutritiva das águas salobras nos sistemas hidropônicos NFT (A.) e Floating (B.) ao longo dos experimentos I e II, respectivamente. T1, T2, T3, T4, T5, T6, e T7, representa salinidade da água de 0,47; 2,52; 4,29; 5,52; 7,36; 8,56; e 9,43 dS m⁻¹.

Os níveis de salinidade da solução nutritiva para as águas salobras (T2, T3, T4, T5, T6 e T7) no Experimento I foram crescentes (Figura 9A.), exceto para a testemunha (T1), visto que a reposição do consumo de água foi feita com a própria água de cada tratamento de forma automatizada. Esse comportamento da salinidade crescente também aconteceu no Experimento II com os tratamentos T2, T3, T4 e T5 (Figura 9B.), exceto para o tratamento testemunha. Em experimentos com as culturas do alface (SOARES et al., 2007) e da rúcula

(SILVA et al., 2012), registrou-se esse mesmo comportamento da salinidade crescente da solução nutritiva a partir da reposição das perdas por evapotranspiração com águas salobras. Já no caso da testemunha (T1), observa-se uma diminuição da salinidade da solução nutritiva ao longo dos experimentos, pois não foi corrigido o nível de nutrientes da solução nutritiva.

Para o cultivo hidropônico em NFT a disponibilidade mínima recomendada está entre 0,5 e 1 L por planta (SANTOS, 2009). No presente estudo a disponibilidade de solução nutritiva foi de 5 e 5,5 L por planta, nos sistemas NFT e Floating, respectivamente. De acordo com recomendações de Rodrigues (2002), há necessidade de reposição de nutrientes quando ocorre redução de 50% na CEa solução nutritiva. No final da data de colheita a CE da solução nutritiva foi 55% e 38,15% menor, nos sistemas hidropônicos NFT e Floating, respectivamente, já que não foi adicionado nutriente durante os experimentos, devido à alta disponibilidade de solução nutritiva por planta. A condutividade elétrica da solução nutritiva nos sistemas NFT e Floating aos 50 dias após transplântio do presente estudo foi de 1,12 e 1,54 dS m^{-1} , respectivamente. Haber et al. (2005) indicam para o cultivo de *Mentha piperita*, concentrações reduzida a 85% da solução nutritiva proposta por Furlani et al. (1999), a qual equivale a uma CE de aproximadamente 1,7 dS m^{-1} . Foi verificada no final dos experimentos uma redução da CE da solução nutritiva em relação à recomendada por Haber na ordem de 34,11 e 10,38% nos sistema NFT e Floating, respectivamente.

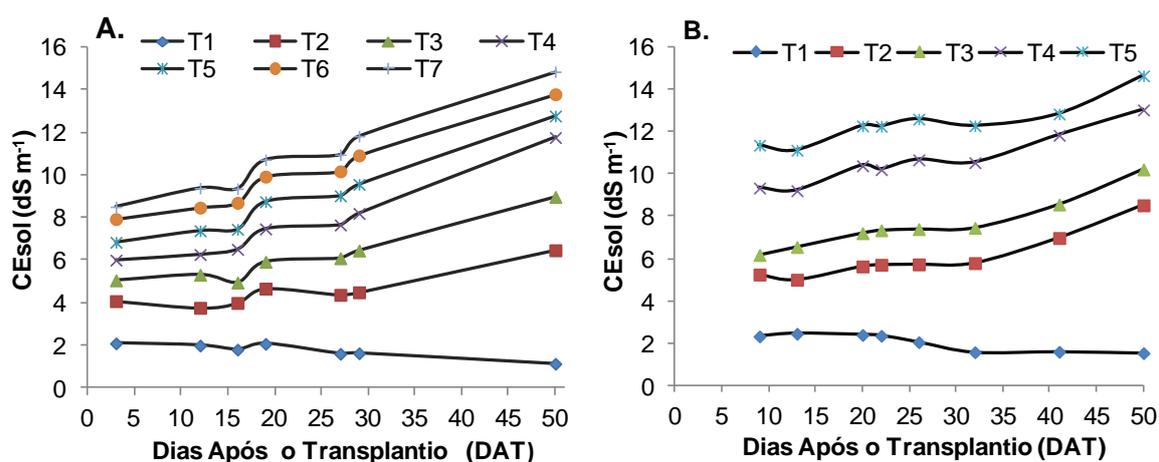


Figura 9. Condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sol}) ao longo do Experimento com NFT (A) e ao longo do experimento com Floating (B), e função

da salinidade da água. T1, T2, T3, T4, T5, T6, e T7, representa salinidade da água de 0,47; 2,52; 4,29; 5,52; 7,36; 8,56; e 9,43 dS m⁻¹.

Avaliando o consumo hídrico acumulado da hortelã ao longo do ciclo, observa-se uma redução do consumo em função do aumento da salinidade da água em comparação com a testemunha, em ambos os sistemas NFT e Floating (Figura 10). Santos Junior et al. (2013) estudaram a eficiência de uso da água no girassol em sistema hidropônico em vasos sob estresse salino e observaram que os diferentes níveis de CE da solução nutritiva reduziram a energia livre da água, e conseqüentemente, o gradiente de potencial de água, causando uma redução no consumo de água pelas plantas. Segundo Lima et al. (2007), as plantas em condições de estresse salino, para conservar energia, tendem a reduzir a área foliar, dentre outros mecanismos de redução das perdas de água, o que reflete em menor acúmulo de massa de matéria da parte aérea, já que há uma relação de proporcionalidade entre a transpiração e a produção vegetal (DIAS et al., 2011).

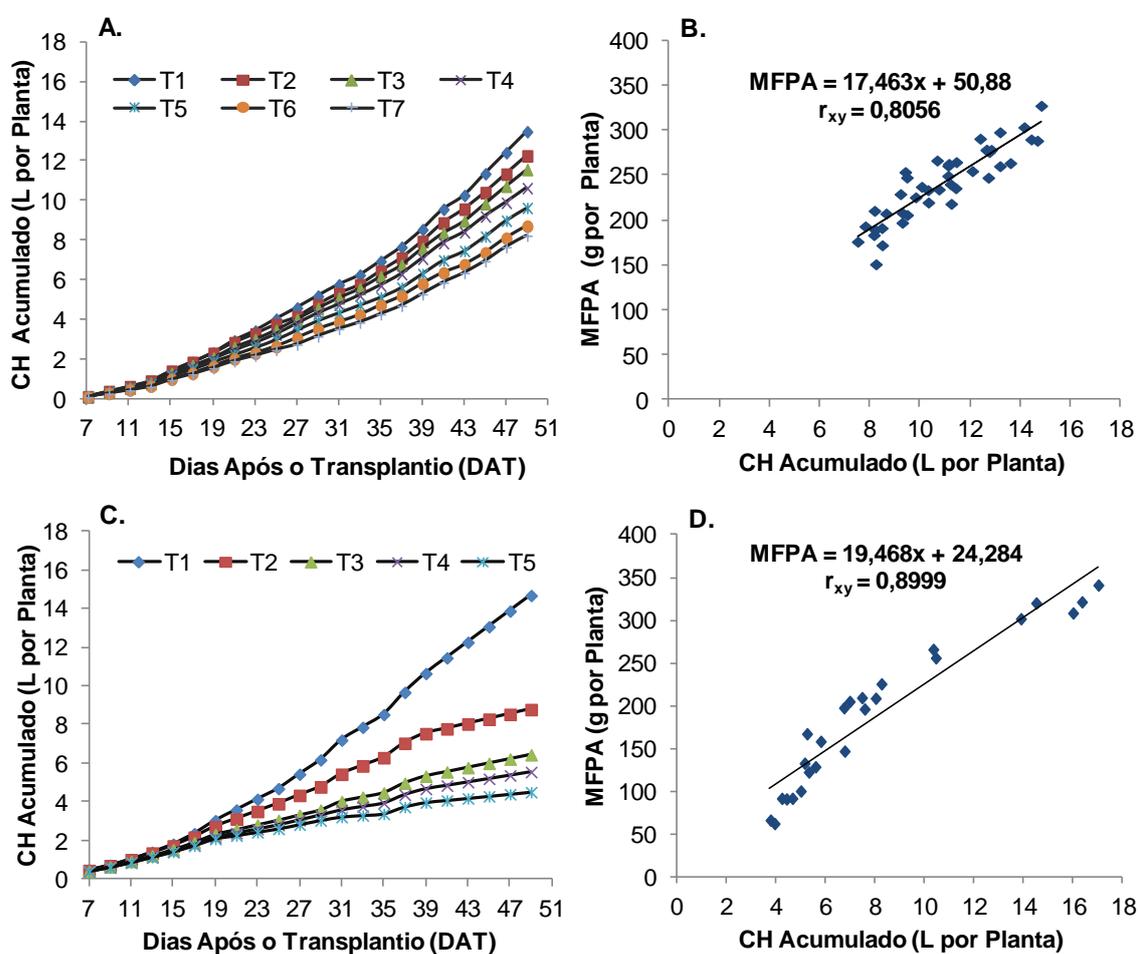


Figura 10. Consumo hídrico acumulado (CH) ao longo dos Experimentos (dos 7 aos 50 DAT) nos sistemas NFT (A.) e Floating (C) e correlação entre a massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) da hortelã e seu consumo hídrico acumulado aos 50 DAT nos sistemas NFT (B.) e Floating (D), respectivamente, em função da salinidade da água. T1, T2, T3, T4, T5, T6, e T7 representam CE da água de 0,47; 2,52; 4,29; 5,52; 7,36; 8,56; e 9,43 dS m⁻¹.

Foi observado um aumento absoluto no Experimento I (com sistema NFT) de 17,46 g por planta na massa de matéria fresca da parte aérea para cada litro de água consumido pela hortelã no período entre 7 e 50 DAT; o coeficiente de correlação entre essas variáveis foi de 0,80 (Figura 10B.). O maior valor de MFPA aos 50 DAT foi de 290,494 g por planta, sendo registrado para o tratamento testemunha sem o uso de NaCl (T1). Já no Experimento II com sistema Floating houve um aumento absoluto de 19,52 g por planta de massa de matéria fresca da parte aérea para cada litro de água consumido pela hortelã no período entre 7 e 50 DAT; o coeficiente de correlação entre as variáveis foi de 0,89 (Figura 10D.). O maior valor de MFPA no Floating aos 50 DAT foi de 311,64 g por planta, sendo registrado para o tratamento sem o uso de NaCl (T1). Santos et al. (2011), estudando a produção de alface em NFT e Floating com aproveitamento de água salobra, relataram que a superioridade na produção da alface no sistema Floating pode ser atribuída à característica do sistema, no qual as raízes estão sempre providas com solução nutritiva oxigenada; no sistema NFT, apesar da alta frequência de irrigação, comparada à agricultura irrigada convencional no solo, tem-se um período de restrição hídrica (15 minutos) para as plantas que pode se constituir numa fonte de estresse para as raízes, com repercussão na transpiração e absorção de íons. Em experimento com hortelã (*Mentha x piperita* var. *citrata*), cultivado em sistema hidropônico NFT, Garlet et al. (2013) obtiveram uma máxima MFPA de aproximadamente 328,5 g por planta aos 56 DAT. Esses resultados exemplificam como as plantas do tratamento testemunha (T1) em ambos os experimentos produziram dentro do esperado no presente trabalho. Paulus et al. (2004), em aproximadamente 87 DAT, produziram menta japonesa (*Mentha arvensis* L.) em solo e no cultivo hidropônico com rendimento total de 80 g e 317g por planta de MFPA, respectivamente.

Para o tratamento testemunha (T1) no Experimento I foi registrada uma média de consumo hídrico diário variando de 0,12 a 0,47 litros por planta de hortelã, nos períodos dos 7 aos 10 DAT e dos 41 aos 50 DAT, respectivamente. Já para o tratamento com maior nível de salinidade da água ($9,43 \text{ dS m}^{-1}$), o máximo consumo diário foi de 0,29 L por planta, registrado dos 41 aos 50 DAT. Todos os tratamentos apresentaram o consumo hídrico no período final do ciclo de produção, entre 41 e 50 DAT, maior que nos demais períodos (Figura 11A.), o que está mais relacionado ao maior acúmulo de massa de superfície transpirante. De acordo com Ley et al. (2014) logo no início da estação de crescimento a hortelã utiliza um pequeno percentual do uso de água na ordem 65% da evapotranspiração de referência.

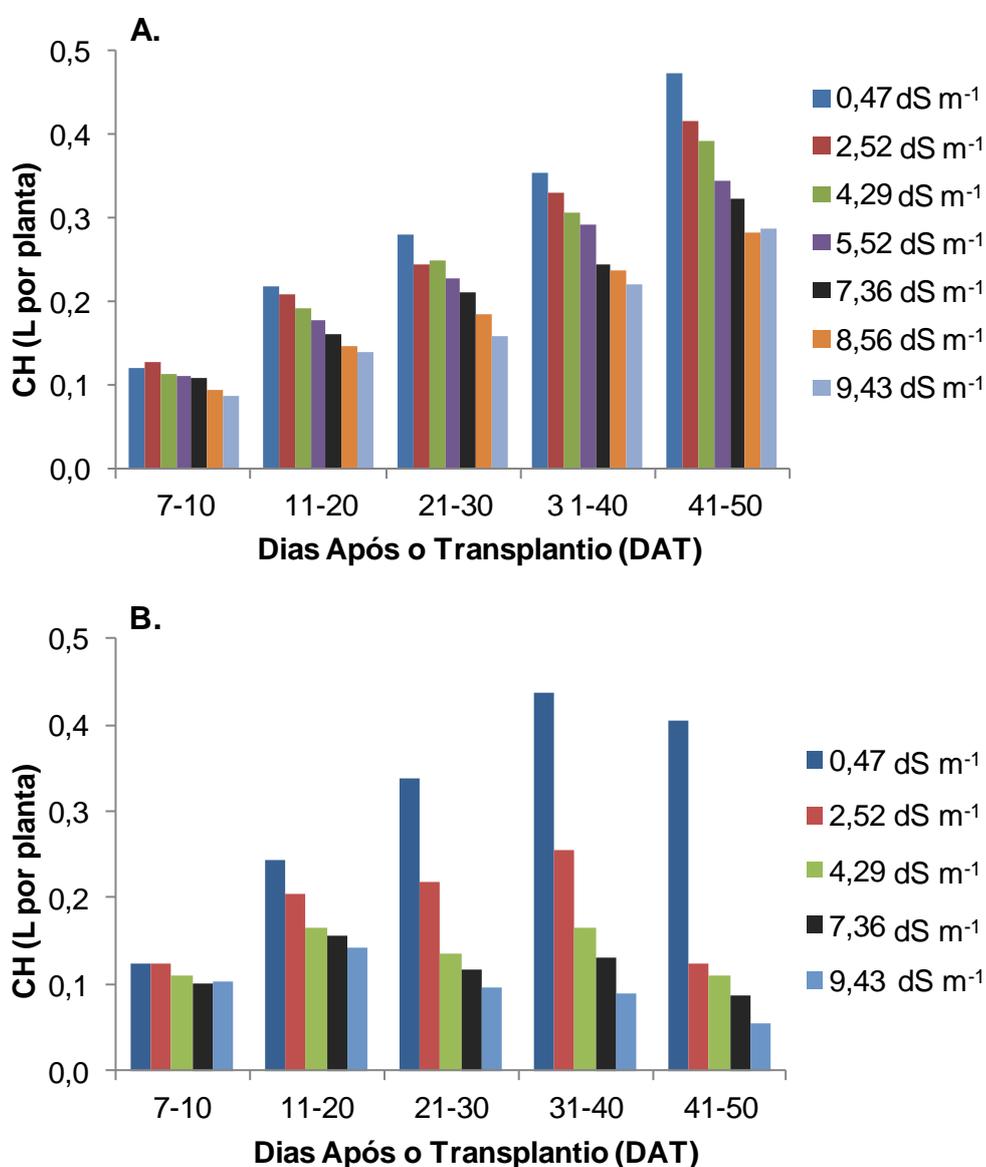


Figura 11. Médias do consumo hídrico (CH) por períodos, dos 7 aos 50 DAT, ao longo dos experimentos com sistema NFT (A) e Floating (B) em função da salinidade da água.

O consumo máximo médio do Experimento II (sistema Floating) para o maior nível de salinidade da água ($9,43 \text{ dS m}^{-1}$) foi cerca de 0,14 L por planta no período de 11-20 DAT (Figura 11B.). No período final do ciclo 41-50 DAT o consumo hídrico teve um comportamento quadrático, com média máxima para o tratamento testemunha de 0,40 L por planta. Em todos os períodos estudados houve um decréscimo do consumo hídrico para os níveis de CEa crescente, no entanto quando se analisa o consumo durante o período de 7-50 DAT, há uma variação do consumo para os níveis de salinidade mais elevados. Esse comportamento pode estar relacionado a fatores não controlados, que interagiram negativamente com a salinidade, valendo resaltar que no final do ciclo foi mais nítido o menor tamanho das plantas e escurecimento das raízes, no nível mais elevado de salinidade. Isso pode justificar o menor consumo hídrico no sistema Floating, em relação ao consumo do sistema NFT. O consumo hídrico acumulado nos sistemas NFT e Floating, para o nível mais elevado de CEa ($9,43 \text{ dS m}^{-1}$), foi de 8,42 e de 4,23 L por planta, respectivamente, com redução do consumo de 50,23% no Floating em relação ao sistema NFT.

Observou-se para todo o período de avaliações do consumo hídrico no Experimento I (NFT), a ocorrência de coeficientes de variação em torno de 11% (Tabela 3). Já para o Experimento II (Floating) os coeficientes de variação ficaram em torno de 20% (Tabela 4). Segundo Pimentel Gomes (1985), estudando os coeficientes de variação obtidos em ensaios agrícolas, coeficientes de variação inferiores a 10% são classificados como baixos; variando entre 10 e 20% são médios; entre 20 e 30% são altos e; acima de 30% são muito altos. Assim, no Experimento I os coeficientes de variação podem ser considerados baixos, indicando pequeno efeito de fatores não controlados sobre os dados obtidos, exceção para o período inicial, com coeficiente de variação no consumo hídrico de 10,2%.

No experimento II, os coeficientes de variação podem ser considerados como médios, indicando maior efeito de fatores não controlados. Provavelmente essa maior variação do coeficiente do consumo hídrico para o Experimento II

pode estar relacionado ao fato da reposição da solução ter sido apenas uma vez por dia, pois assim há um rebaixamento do volume entre uma reposição e outra. Com isso, há um menor volume de diluição e conseqüentemente maior concentração de sais, condição diferente daquela do Experimento I (com reposição automática). O procedimento de reposição das perdas por ETc no Floating era mais susceptível a erros humanos na leitura que no sistema NFT. Ainda que esses erros possam se neutralizar ao longo do ciclo.

Na Tabela 3 é apresentado o resumo da análise de variância das variáveis avaliadas no Experimento I: o uso de águas salobras no cultivo hidropônico da hortelã promoveu efeito altamente significativo ($P < 0,01$) sobre o consumo hídrico, em todos os períodos avaliados.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o consumo hídrico (CH), por período ao longo do ciclo da hortelã cultivada em sistema hidropônico NFT.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		CH ₇₋₁₀	CH ₁₁₋₂₀	CH ₂₁₋₃₀	CH ₃₁₋₄₀	CH ₄₁₋₅₀	CH ₇₋₅₀
Bloco	5	0,018**	0,277**	0,358**	0,555**	0,207*	5,862**
CEa	6	0,020**	0,561**	0,989**	1,566**	3,009**	23,024**
Erro	30	0,001	0,011	0,033	0,041	0,079	0,259
CV (%)		10,19	5,94	8,17	7,17	7,83	4,68

CH - consumo hídrico dos 7-10 DAT; dos 11- 20 DAT; dos 21- 30 DAT; dos 31- 40 DAT; dos 41- 50 DAT; e total, dos 7- 50 DAT; cv. = coeficiente de variação; ** representa significativo a 1% de probabilidade; * representa significativo a 5% de probabilidade.

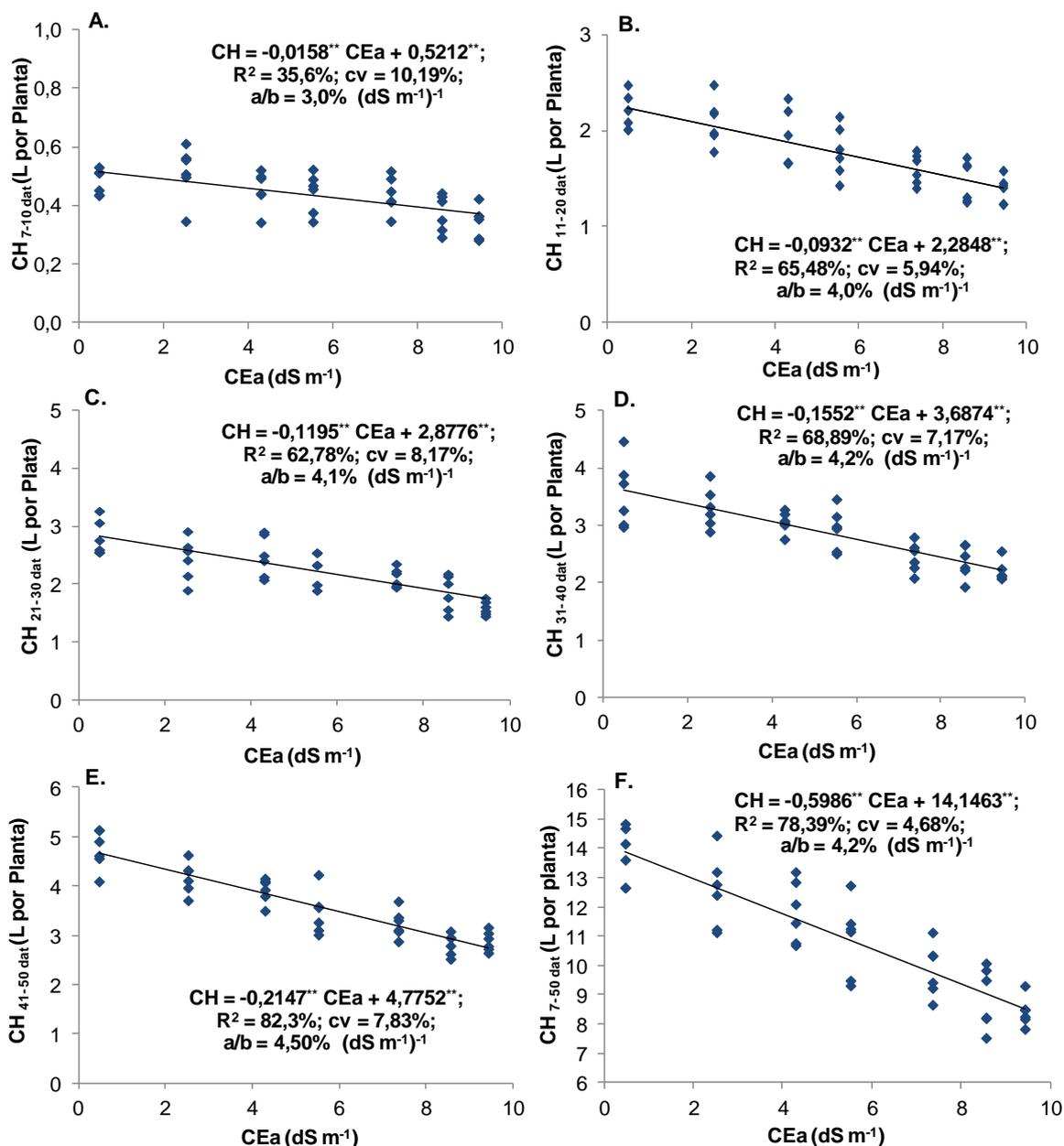
Na Tabela 4 estão apresentado o resumo da análise de variância das variáveis avaliadas no Experimento II em sistema hidropônico Floating: O uso de águas salobras no cultivo hidropônico da hortelã promoveu efeito altamente significativo ($P < 0,01$) no consumo hídrico, para todos os períodos estudados.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para o consumo hídrico por período (CH), da hortelã cultivada em sistema hidropônico Floating.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		CH ₇₋₁₀	CH ₁₁₋₂₀	CH ₂₁₋₃₀	CH ₃₁₋₄₀	CH ₄₁₋₅₀	CH ₇₋₅₀
Bloco	4	0,010**	0,151**	0,277 ^{NS}	0,395*	0,137*	3,466**
CEa	4	0,009**	0,858**	4,944**	9,489**	14,314**	99,084**
Erro	16	0,002	0,031	0,127	0,134	0,042	0,726
CV (%)		10,10	9,78	19,73	17,02	11,02	10,50

CH - consumo hídrico dos 7-10 DAT; dos 11- 20 DAT; dos 21- 30 DAT; dos 31- 40 DAT; dos 41- 50 DAT; e total, dos 7- 50 DAT; cv. = coeficiente de variação; ** representa significativo a 1% de probabilidade; * representa significativo a 5% de probabilidade; ns representa não significância a 5 % de probabilidade.

O procedimento utilizado para quantificar o consumo hídrico no sistema hidropônico NFT foi adequado para detectar as variações entre os tratamentos mesmo no início do experimento (7-10 DAT) (Tabela 3). O consumo hídrico tiveram os seguintes coeficientes de determinação para os modelos lineares ajustados: 35,60; 65,40; 62,70; 68,80; 82,30 e 78,30%, aos 7-10, 11- 20, 21-30, 31-40, 41-50, e 7-50 DAT, respectivamente. Verificou-se que, com o acréscimo da salinidade água, a evapotranspiração decresceu ao longo do ciclo, sendo que esse decréscimo foi ajustado por modelo linear em todas seis épocas de avaliação (Figura 12). Essa redução do consumo hídrico por períodos oscilou entre 3 e 4,5% para cada aumento unitário na salinidade da água (em dS m^{-1}). O consumo de água da hortelã por período revelou que as plantas submetidas aos níveis crescentes de salinidade não conseguiram recuperar o volume evapotranspirado no mesmo ritmo da testemunha. O consumo hídrico acumulado no sistema NFT (Experimento I) entre 7 e 50 DAT reflete um grau de redução de 4,2% por aumento unitário da salinidade água (em dS m^{-1}), o que representa uma redução estimada de 39% para a água mais salobra produzida com NaCl (9,43 dS m^{-1}).



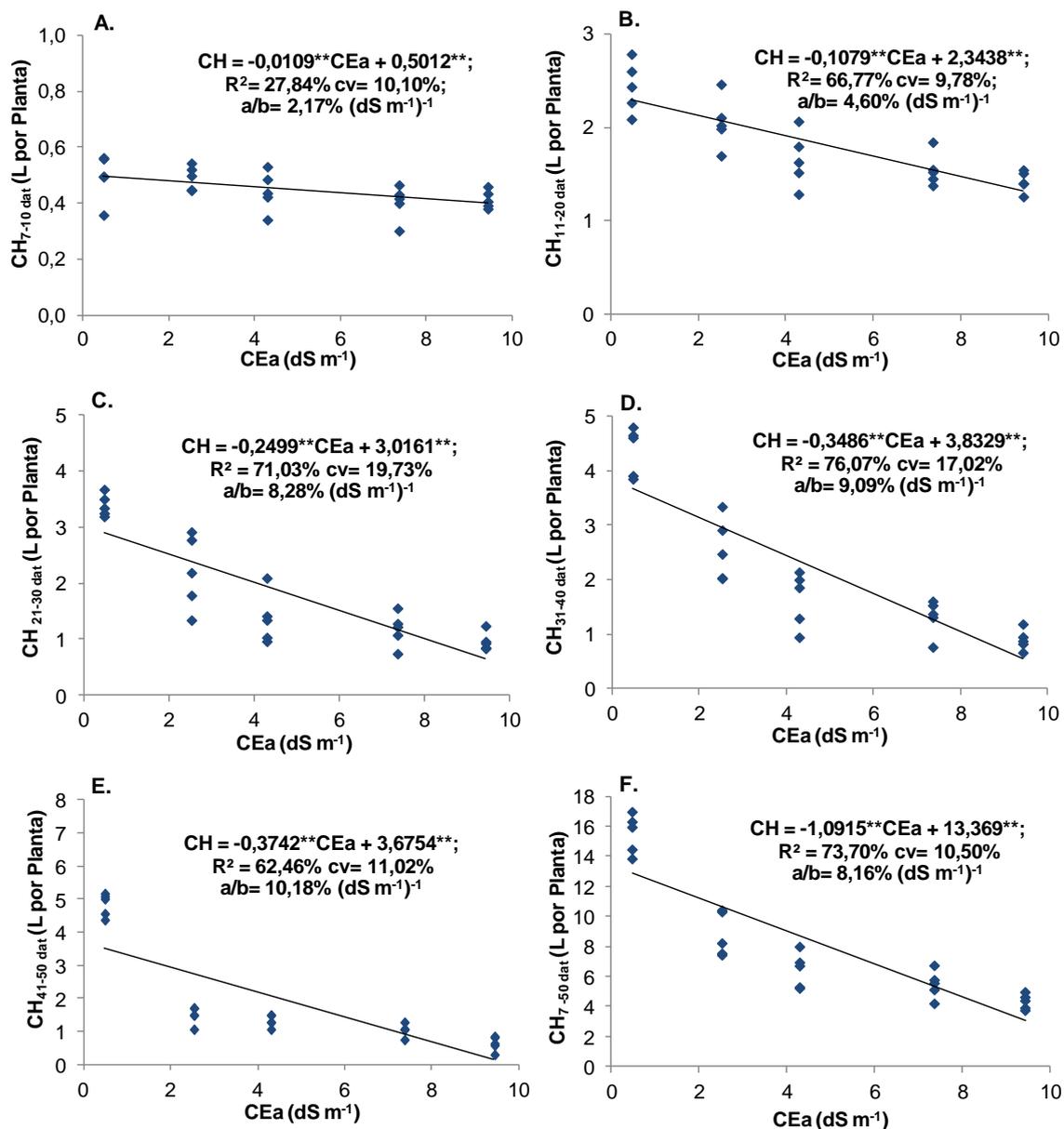
* = significativo pela análise de regressão a 5% de probabilidade; ** = significativo pela análise de regressão a 1% de probabilidade; cv. = coeficiente de variação; R^2 = coeficiente de determinação; a/b = redução ou incremento linear na variável em função de cada aumento unitário na salinidade da água.

Figura 12. Consumo hídrico (CH) acumulado da hortelã em sistema hidropônico NFT dos 7 aos 10 DAT (Dias Após o Transplântio) (A.), dos 11 aos 20 DAT (B.), dos 21 aos 30 DAT (C.), dos 31 aos 40 DAT (D.), dos 41 aos 50 DAT (E.) e total, dos 7 aos 50 DAT (F.) em função da salinidade da água (CEa) produzida com NaCl.

No sistema Floating (Experimento II), as águas salobras tiveram os seguintes coeficientes de determinação para as equações de 1º grau ajustadas:

27,84; 66,77; 71,03; 76,07; 62,46 e 73,70%, aos 7-10, 11- 20, 21-30, 31-40, 41-50, e 7-50 DAT, respectivamente. Observam-se na (Figura 13) que o aumento da salinidade da água o consumo hídrico decresceu em todos os seis períodos de avaliação; também se pode notar que o consumo de água apresentou comportamento linear negativo ao longo do ciclo, o qual foi representado pela equação do 1º grau. Com base na equação de regressão calculou-se a redução do consumo hídrico, que oscilou na ordem de 2,17 a 10,18% para cada aumento unitário na salinidade da água em dS m^{-1} , nos períodos estudados.

O consumo de água acumulado das plantas de hortelã no sistema Floating dos 7 aos 50 dias após o transplântio reflete um grau de decréscimo de 8,16% por acréscimo unitário da salinidade água (em dS m^{-1}), o que representa uma redução estimada de 71,5% para o nível mais elevado salinidade produzida com NaCl ($9,43 \text{ dS m}^{-1}$). Paulus et al. (2012), reportam reduções do consumo de água de 3,9 e 10% para diferentes épocas de cultivo com o aumento da salinidade em dS m^{-1} (NaCl) para alface, a autora ainda comenta que a redução foi de 37 % para o tratamento com $10,4 \text{ dS m}^{-1}$ em relação ao controle (2 dS m^{-1}). Esses resultados corrobora com Santos et al. (2010) e Soares et al. (2010), observaram redução no consumo hídrico em cultivos hidropônicos a medida que aumentaram a salinidade da solução nutritiva na cultura da alface.



* = significativo pela análise de regressão a 5% de probabilidade; ** = significativo pela análise de regressão a 1% de probabilidade; cv = coeficiente de variação; R^2 = coeficiente de determinação; a/b = redução ou incremento linear na variável em função de cada aumento unitário na salinidade da água.

Figura 13. Consumo hídrico (CH) acumulado da hortelã no sistema Floating dos 11 aos 20 DAT (Dias Após o Transplante) (A.), dos 21 aos 30 DAT (B.), dos 31 aos 40 DAT (C.), dos 41 aos 50 DAT (D.) e total, dos 7 aos 50 DAT (E.) em função da salinidade da água (CEa) produzida com NaCl.

Analisando a Figura 14, observa-se que a reposição dos tratamentos com águas mais salobras (NaCl) nos Experimentos I e II para os sistemas NFT e Floating, respectivamente, proporcionou menor consumo total acumulado durante

o ciclo. Com isso, houve um acréscimo linear e quadrático da redução percentual do consumo hídrico nos sistemas NFT e Floating, respectivamente, para os tratamentos com maiores níveis de sais. Esse resultado indica que o acúmulo de sais ao longo do tempo implicou em menor consumo hídrico, seja pelo efeito osmótico dos sais dificultando a absorção de água, seja em consequência da menor produção de área foliar transpirante.

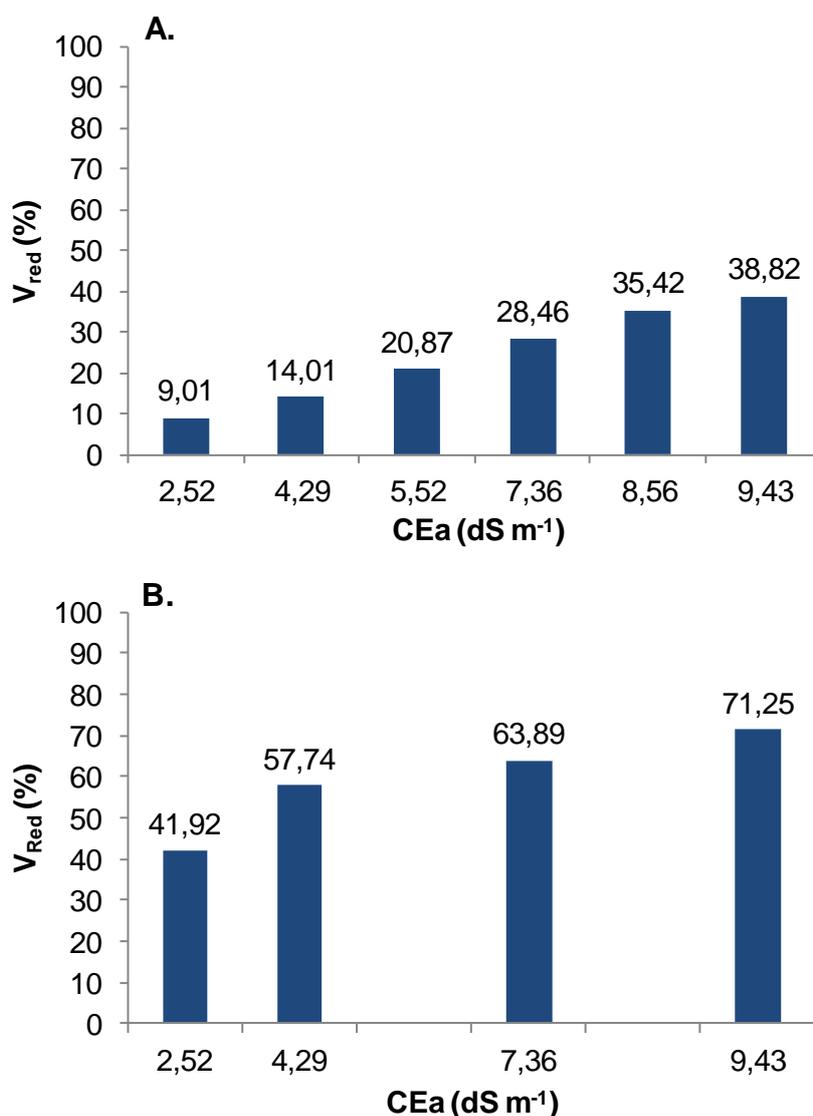


Figura 14. Redução percentual do volume evapotranspirado (% V_{red}) em função da salinidade da água no cultivo da hortelã nos sistemas hidropônicos NFT (A) e Floating (B), em comparação com a condição não salina.

O resumo da análise de variância (Tabelas 5 e 6), para as variáveis teor de água e eficiência do uso da água, avaliadas nos dois experimentos. O uso de águas salobras no cultivo hidropônico da hortelã promoveu efeito significativo

($P < 0,01$) tanto para o Experimento I (NFT), quanto para o Experimento II (Floating), exceto para as variáveis, eficiência do uso da água da massa de matéria fresca da folha, eficiência do uso da água da massa de matéria fresca da parte aérea, teor de água do caule, estudadas no sistema NFT, e eficiência do uso da água da massa de matéria seca da folha o teor de água da hortelã no sistema hidropônico Floating, que não tiveram efeito significativo da salinidade. A salinidade promoveu efeito significativo ($P < 0,05$) na massa matéria fresca da folha no sistema Floating.

Tabela 5. Resultado da análise de variância das variáveis relacionada ao teor de água e eficiência do uso da água para hortelã no sistema NFT.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio						
		U_{PA}	U_{FOLHA}	U_{CAULE}	EUA_{MFPA}	EUA_{MSPA}	EUA_{MFF}	EUA_{MSF}
Bloco	5	2,129**	6,357*	14,368 ^{NS}	9,191**	0,206*	5,862 ^{NS}	0,494
CEa	6	5,707**	8,758**	30,790 ^{NS}	5,315 ^{NS}	0,540**	13,045 ^{NS}	0,558
Erro	30	0,293	1,982	22,923	2,479	0,065	7,239	0,179
CV (%)		0,64	1,68	5,85	7,06	7,60	25,03	24,04

U_{PA} , U_{Folha} , U_{Caule} - teor de água da parte aérea; folha; caule; EUA_{MFPA} , EUA_{MSPA} , EUA_{MFF} , EUA_{MSF} - eficiência do uso da água da massa fresca da parte aérea; massa seca da parte aérea; massa fresca da folha; massa seca da folha; cv = coeficiente de variação; ** representa significativo a 1% de probabilidade; * representa significativo a 5% de probabilidade; ns representa não significância a 5 % de probabilidade.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para teor de água e eficiência do uso da água da hortelã, em sistema hidropônico Floating.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		U_{PA}	U_{FOLHA}	U_{CAULE}	EUA_{MFPA}	EUA_{MSPA}	EUA_{MFF}	EUA_{MSF}
Bloco	4	2,313 ^{NS}	8,891 ^{NS}	9,568 ^{NS}	7,517 ^{NS}	0,137 ^{NS}	1,539 ^{NS}	0,097 ^{NS}
CEa	4	3,773 ^{NS}	20,026 ^{NS}	12,163 ^{NS}	73,914**	2,535**	26,985*	0,454 ^{NS}
Erro	16	3,645	8,260	4,942	4,615	0,257	9,318	0,256
CV (%)		2,32	3,50	2,74	9,11	12,09	23,76	22,40

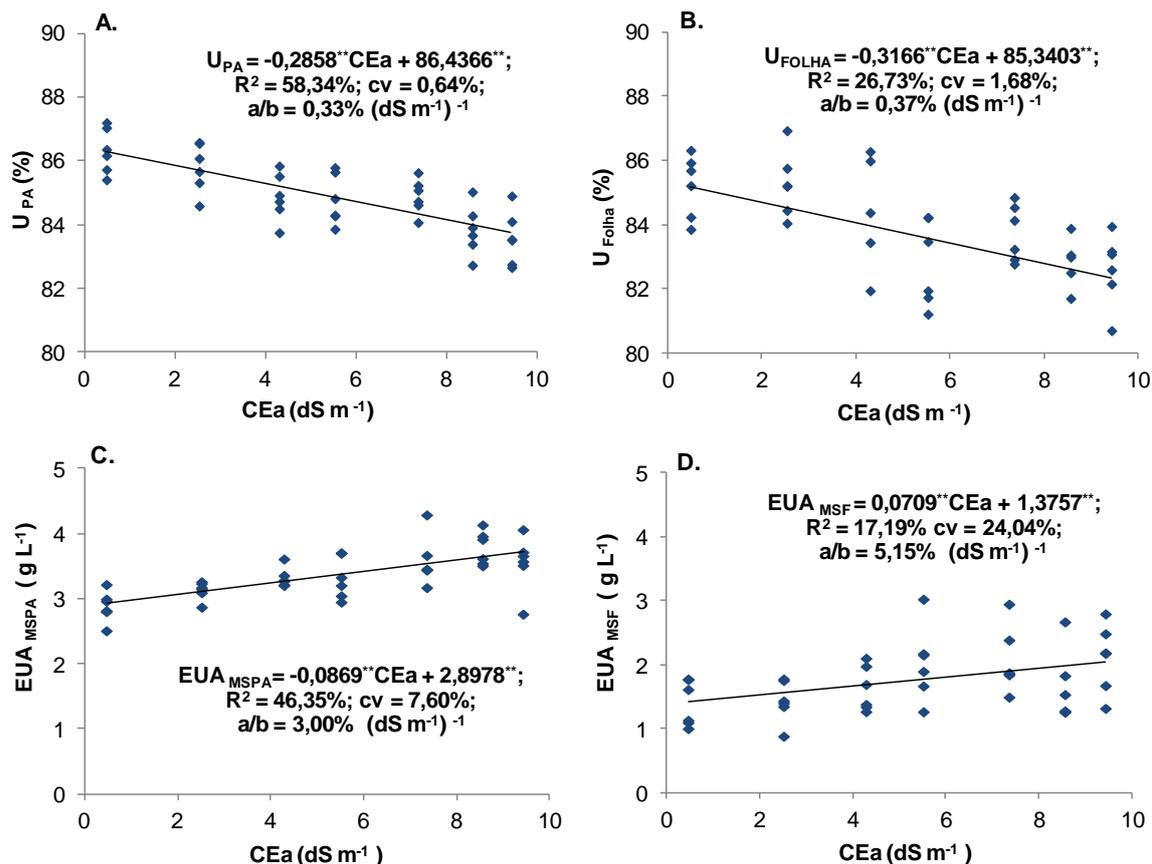
U_{PA} , U_{Folha} , U_{Caule} - teor de água da parte aérea; folha; caule; EUA_{MFPA} , EUA_{MSPA} , EUA_{MFF} , EUA_{MSF} - eficiência do uso da água da massa fresca da parte aérea; massa seca da parte aérea; massa fresca da folha; massa seca da folha; cv = coeficiente de variação; ** representa significativo a 1% de probabilidade; * representa significativo a 5% de probabilidade; ns representa não significância a 5 % de probabilidade.

O teor de água da parte aérea no Experimento I (sistema NFT) ficou entre 88 % e 82% para os tratamentos avaliados com NaCl, enquanto o teor de água da

folha variou entre 87% e 80% (Figura 15). A redução do teor de água da parte aérea e da folha, por acréscimo unitário da salinidade da água (em dS m^{-1}), foi de 0,33% e 0,37%, respectivamente. Esse comportamento da variação do teor de água tendendo a um decréscimo linear para os níveis mais elevados de salinidade pode ser explicado pelo efeito osmótico da salinidade reduzir a disponibilidade de água para a planta. Os dados foram levantados com coeficiente de variação variou de 0,6 a 1,7%, indicando pouco efeito de fatores não controlados.

No experimento II (sistema Floating), o teor de água na parte aérea não foi afetado pela salinidade da água (Tabela 6). O coeficiente de variação foi de 2,3 a 2,75%, indicando pouco efeito de fatores não controlados. Este resultado discorda com os obtidos por Tesi et al. (2003). Que encontraram variação do teor de água da parte aérea na cultura da alface hidropônica sob níveis crescentes de salinidade da solução nutritiva.

A diminuição do teor de água da parte aérea no sistema NFT foi notada em outros trabalhos, em cultivo hidropônico com hortaliças, submetidas à salinidade (SOARES et al., 2010). Silva et al. (2012), estudaram o consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT com adição de NaCl, e observaram que a umidade da planta ficou em média com 84,80%, com redução de 0,39% por acréscimo unitário da salinidade da água em dS m^{-1} . O aumento da salinidade influenciou no teor de água na planta, assim como também no consumo de água por causa do efeito osmótico. A existência de íons nos tratamentos com concentrações mais elevadas de NaCl, principalmente sódio e cloreto, e a interação entre esses íons resultaram em uma disponibilidade menor de água para a hortelã. Conforme Dias & Blanco (2010) na maioria das vezes as plantas tendem a excluir os sais na absorção da solução, mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico e sofrem com decréscimo de turgor, levando ao estresse hídrico. De acordo com Richards, (1974), o efeito osmótico da salinidade reduz a disponibilidade de água para a planta, contribuindo com o estresse hídrico, com redução progressiva da aérea transpirante.



* = significativo pela análise de regressão a 5% de probabilidade; ** = significativo pela análise de regressão a 1% de probabilidade; cv. = coeficiente de variação; R^2 = coeficiente de determinação; a/b = redução ou incremento linear na variável em função de cada aumento unitário na salinidade da água.

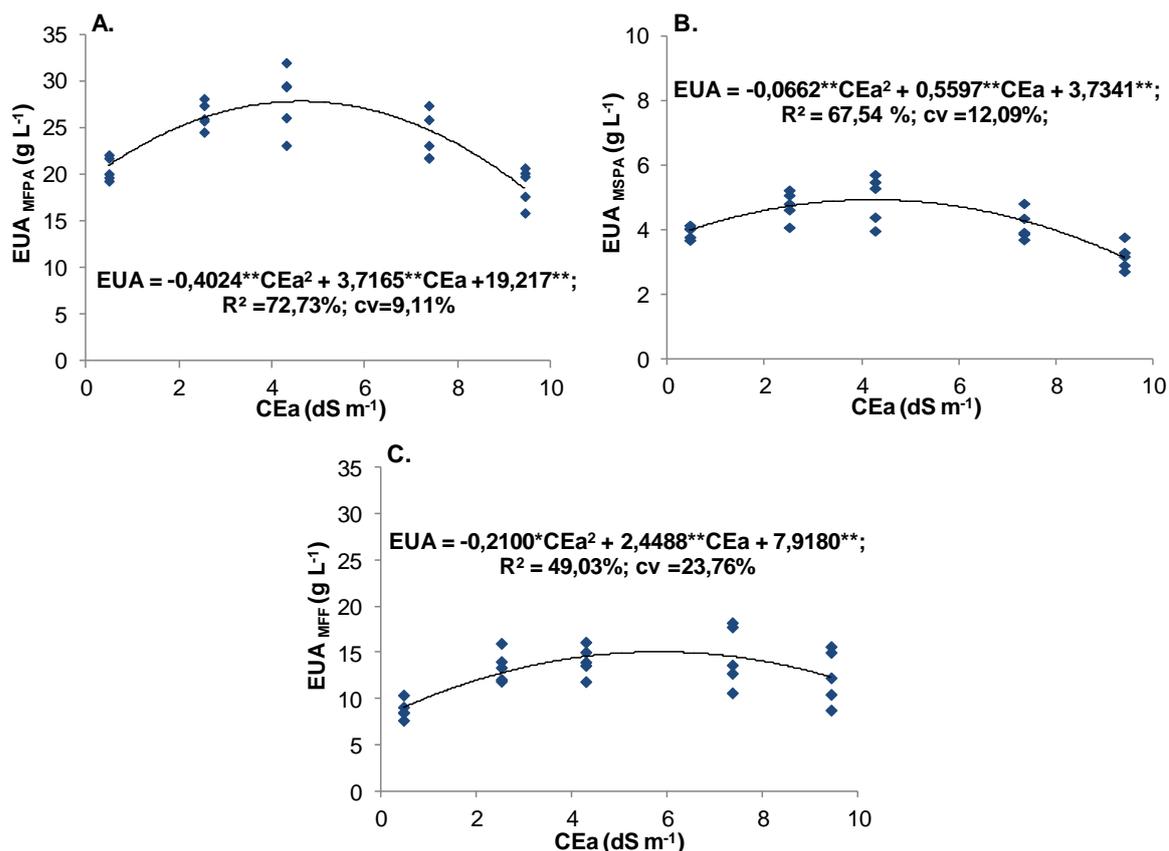
Figura 15. Teor de água da parte aérea (U) (A.), teor de água da folha (U) (B.), eficiência do uso da água (EUA_{MSPA}) para a massa de matéria seca da parte aérea (C.) e eficiência do uso da água (EUA_{MSF}) para a massa de matéria seca da folha (D.) da hortelã no sistema hidropônico NFT, em função da salinidade da água (CEa) produzidas com NaCl.

Analisando a relação entre a eficiência do uso da água (EUA) no sistema NFT para produção de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e a CEa, verifica-se um acréscimo de 3% da eficiência do uso da água, por aumento unitário na salinidade da água ($dS\ m^{-1}$) (Figura 15C.). Esse acréscimo percentual é inferior à redução registrada no consumo hídrico acumulado total (7-50 DAT) (Figura 12F.), que foi da ordem de 4,2%. Portanto, a redução relativa da MSPA foi menor que a redução do consumo hídrico, decorrendo em uma resposta linear positiva da EUA em função do aumento da salinidade da água. A redução relativa

da MSPA, apesar de ser significativa, pode ser considerada baixa: com redução relativa de 24,9% quando se empregou a água mais salobra produzida com NaCl (9,43 dS m⁻¹). Esse resultado indicou que o aumento da salinidade resultou em uma maior eficiência do uso da água no presente estudo, o que é condizente a qualquer técnica voltada ao cultivo hidropônico na região Semiárida, seja para economia de águas não salobra ou salobra.

Analisando a EUA em função da MSF, observou-se também uma tendência ao aumento da EUA com o acréscimo da salinidade da água (Figura 15D.). Este incremento da eficiência do uso da água com base na matéria seca parte aérea e seca da folha está mais relacionado à redução do volume de água consumido do que com efeito da massa seca da parte aérea, pois o mesmo sofreu um decréscimo ao longo do ciclo. Khorasaninejad et al. (2010) estudaram o estresse salino sobre o crescimento da hortelã (*Mentha x piperita* L.), e relataram que a cultura é considerada moderadamente tolerante à salinidade.

Os resultados do Experimento II no sistema Floating mostraram que a eficiência de uso da água (EUA) para as variáveis em estudo tiveram uma resposta quadrática em função do aumento da salinidade da água (Figura 16). As variáveis significativas ao efeito da salinidade da água, foram calculadas com base na equação quadrática a máxima eficiência foi de 27,85, 4,91 e 15,05 g L⁻¹, obtidas com as CEa dS m⁻¹, 4,61, 4,22, e 5,83, respectivamente. Esse resultado do acréscimo da EUA seguido de decréscimo em função da salinidade da água pode estar relacionada à redução do volume consumido ter sido mais acentuada, do que a fitomassa da parte aérea. Enquanto que o decréscimo da eficiência do uso da água em relação ao ponto de máximo da eficiência EUA ta mais relacionada à redução da fitomassa da parte aérea do que redução volume consumido (Figura 16).



* = significativo pela análise de regressão a 5% de probabilidade; ** = significativo pela análise de regressão a 1% de probabilidade; cv. = coeficiente de variação; R^2 = coeficiente de determinação; a/b = redução ou incremento linear na variável em função de cada aumento unitário na salinidade da água.

Figura 16. Eficiência do uso da água no sistema Floating, para a massa de matéria fresca da parte aérea (EUA_{MFPA}) (A.), para a massa de matéria seca da parte aérea (EUA_{MSPA}) (B.), para a massa de matéria fresca da folha (EUA_{MFF}) (C.), da hortelã, em função da condutividade elétrica das águas (CEa) produzidas com NaCl.

CONCLUSÕES

O consumo hídrico médio máximo da hortelã cultivada nos sistemas NFT e Floating em condições não salinas foram de 0,47 e 0,40 L por planta, respectivamente, registrada dos 41 aos 50 dias após o transplante.

O consumo hídrico das plantas da hortelã em cultivo hidropônico foi reduzido linearmente com o acréscimo da salinidade da água usada no preparo e no

reabastecimento da solução nutritiva, com magnitude de 4,2% por acréscimo unitário na salinidade em (dS m^{-1}). A redução do consumo hídrico também foi notada no sistema Floating, com redução de 8,16% por aumento unitário na CEa em (dS m^{-1}).

O uso de águas salobras no sistema NFT proporcionou aumento da eficiência do uso da água com relação a massa de matéria seca da parte aérea, da ordem de 3,0% para cada acréscimo unitário na salinidade da água. Já no sistema Floating houve uma resposta quadrática da EUA em função do aumento da salinidade da água (em dS m^{-1}).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, O. A. **Informações meteorológicas do CNP**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA - CNPMF. 1999. 35p. (EMBRAPA - CNPMF. Documentos, 34).

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

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

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A. **Salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal, limitações de uso**. Recife: CNPq, 1995, 128p.

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

BIONE, M. A. A. **Produção hidropônica de manjeriço com solução nutritiva convencional em águas salobras e solução nutritiva orgânica**. 2013. 145 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2013.

BISWAS, S.; KOUL, M.; BHATNAGAR, A. K. Effect of Salt, Drought and Metal Stress on Essential Oil Yield and Quality in Plants. **Natural product communications**, v.6, P.1559-1564, 2011.

BRITTEN, E. J.; BASFORD, K. E. The effect of temperature on growth, oil yield and oil quality of japanese mint. **Annals of Botany**, v.58, n.5, p.729-36, 1986.

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

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

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. Cap.9, p.129-140.

DIAS, N. S.; BRITO A. A. F.; SOUZA NETO, O. N.; LIRA, R. B.; BRITO, R. F. Produção de alface hidropônica utilizando biofertilizante como solução nutritiva. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.158-162, 2009.

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

FAGAN, E. B.; PETTER, S. L.; SIMON, J.; BORCIONI, E.; LUZ, J. L.; MANFRON, P. A. Eficiência do uso de água no meloeiro hidropônico. **Bioscience Journal**, v.25, n.2, p.37-45, 2009.

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

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

GARLET, T. M. B. PAULUS, D. FLORES, R. Production and chemical composition of *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq. essential oil regarding to different potassium concentrations in the hydroponic solution. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n.3, p.200-206, 2013.

GARLET, T. M. B.; SANTOS, O. S; MEDEIROS, S. L. P; GARCIA, D. C; MANFRON, P. A; APEL, M. A. Produção de folhas, teor e qualidade do óleo essencial de hortelã-japonesa (*Mentha arvensis* L. forma *piperascens* Holmes) cultivada em hidroponia. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.9, n.4, p.72-79, 2007.

HABER, L. L.; LUZ, J. M. Q.; DÓRO, L. F. A.; SANTOS, J. E. Diferentes concentrações de solução nutritiva para o cultivo de *Mentha piperita* e *Melissa Officinalis*. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.1006-1009, 2005.

HINSINGER P.; PLASSARD, C.; TANG, C.; JAILLARD, B. Origins of root mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: A review. **Plant and Soil**, v.248, p.43-59, 2003.

KHORASANINEJAD, S.; MOUSAVI, A.; SOLTANLOO, H.; HEMMATI, K.; KHALIGHI, A. The effect of salinity stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of peppermint (*Mentha piperita* L.). **World Applied Sciences Journal**, v.11, n.11 p.1403-1407, 2010.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495p.

LEMBO, A. **Química: realidade e contexto: físico-química**. São Paulo: Ática, 2000. v.2. 496p.

LEY, T. W., STEVENS, R. G., LEIB, B. **Mint Irrigation Management**. Washington State University, Pullman, Washington, 3p. 2001. Disponível em: <<http://irrigation.wsu.edu/Content/Fact-Sheets/em4827.pdf>>. Acessado em: 15 janeiro 2014.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.2, n.2, p.79-86, 2007.

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

MALHEIROS, S. M. M.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, P. R. F.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, A. N. Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando-se efluente tratado de uma indústria de sorvete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1085-1092, 2012.

MARCUM, D. B.; HANSON, B. R. Effect of irrigation and harvest timing on peppermint oil yield in California. **Agricultural Water Management**, v.82, p.118-128, 2006.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual prático de hidroponia**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 271p.

OCAMPOS, R. K., LAURA, V. A., CHAVES, F. C. M. Efeito de diferentes formas de adubação em hortelã rasteira: biomassa e teor de óleo essencial. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, Suplemento, 2002.

OLIVEIRA, B. C.; CARDOSO, M. A. A.; OLIVEIRA, J. C.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, L. F. Características produtivas do tomateiro submetido a diferentes níveis de sais, na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.11-16, 2007.

PAULUS D.; MEDEIROS, S., L., P.; SANTOS, O., S.; PAULUS, E. Solução nutritiva para produção de menta em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.1, p.061-067, 2008.

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.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; MANFRON, P. A.; DOURADO, D. N.; BORCIONI, E.; FABBRIN, E. Rendimento de biomassa e óleo essencial de menta japonesa (*Mentha arvensis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** v.7, N.1, p.34-42, 2004.

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

PAULUS, D; MEDEIROS, S. L. P; SANTOS, O. S; MANFRON P. A; PAULUS, E; FABBRIN, E. Teor e qualidade do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) produzida sob cultivo hidropônico e em solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.9, n.2, p.80-87, 2007.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel. 1985. 467p.

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

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

SACRAMENTO, L. V. S. & CAMPOS, M. J. B. Cultivo de hortelã: produção de matéria seca e marcha de absorção de cálcio. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 42, 2002. **Resumos...** Uberlândia, 2002. (CD-ROM).

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

SANTOS, A. N.; SILVA, F. F. E.; SOARES, T. M.; DANTAS, R. M. L.; SILVA, M. M. Produção de alface em NFT e floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.319-326, 2011.

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

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

SANTOS, R. S. S.; DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S. Uso de Águas Salobras na Produção de Rúcula Cultivada em Substrato de Fibra de Coco. **Revista Caatinga**, v.25, n.1, p.113-118, 2012.

SAVVAS, D.; STAMATI, E.; TSIROGIANNIS, I. L.; MANTZOS, N.; BAROUCHAS, P. E.; KATSOULAS, N.; KITTAS, C. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. **Agricultural Water Management**, v.91, n.1, p.102-111, 2007

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, J. S. **Uso de águas salobras do Semiárido e do Recôncavo Baiano na produção de hortaliças folhosas em sistema hidropônico NFT**. 2012. 160 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.

SOARES, T. M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao Semi-árido**

brasileiro. 2007. 267 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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

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

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

SOUZA, M. A. A. **Produção de biomassa e rendimento de óleos essenciais de plantas de hortelã (*Mentha piperita* L.) em cultivo hidropônico com diferentes concentrações de nitrogênio e fósforo**. 2006. 87 p. Dissertação (mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

TESI, R.; LENZI, A.; LOMBARDI, P. Effect of salinity and oxygen level on lettuce grown in a floating system. **Acta Horticulturae**, v.609, p.383-387, 2003.

VALMORBIDA, J. **Níveis de potássio em solução nutritiva, desenvolvimento de plantas e a produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L.** 2003. 128p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista de São Paulo, Botucatu, 2003.

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO DA HORTELÃ UTILIZANDO ÁGUAS SALOBRAS NOS SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT E FLOATING

Produção da hortelã utilizando águas salobras nos sistemas hidropônicos NFT e Floating

Resumo: Plantas de hortelã (*Mentha piperita* L.) foram cultivadas em dois experimentos nos sistemas hidropônicos NFT e Floating, com o objetivo de avaliar os efeitos do uso de águas salobras sobre o desenvolvimento e a produção de biomassa. As águas salobras foram utilizadas para preparar a solução nutritiva e para a reposição das perdas por evapotranspiração. No Experimento I, em sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes), a cultura foi submetida a sete níveis de salinidade da água: 0,47; 2,52; 4,29; 5,52; 7,36; 8,56 e 9,43 dS m⁻¹, obtidos pela adição de NaCl à água não salobra testemunha (0,47 dS m⁻¹); já no Experimento II em sistema Floating (Técnica da Lamina Profunda de Nutrientes) foram utilizados cinco níveis de salinidade da água: 0,47; 2,52; 4,29; 7,36 e 9,43 dS m⁻¹, obtidas com água não salobra (0,47 dS m⁻¹), usada como tratamento controle. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados tanto no NFT quanto no Floating, com seis e cinco repetições por tratamento em cada experimento, respectivamente. O uso de águas salobras teve efeito significativo nas variáveis de produção, com exceção das variáveis massa de matéria fresca e seca da folha, massa de matéria seca do caule no NFT, e relação raiz/parte aérea em ambos os sistemas hidropônicos. O comprimento das plantas reduziu linearmente em função do aumento da salinidade da água nos sistemas NFT e Floating, apresentando reduções de 3,35% e 5,98% por acréscimo unitário da salinidade (em dS m⁻¹) em ambos os sistemas, respectivamente. As maiores produções de massa de matéria fresca nos sistemas NFT e Floating foram 290,494 e 318,71 g por planta, ambas registradas para a testemunha aos 50 dias após o transplantio. A redução relativa da MFPA nos sistemas NFT e Floating, para o nível mais elevado de CEa (9,43 dS m⁻¹), foi de 37,41% e 74,13%, respectivamente. Apesar da redução das variáveis, não foram registrados sintomas que comprometessem à qualidade da hortelã.

Palavras-chave: Cultivo sem solo, salinidade, *Mentha piperita* L.

Production of mint using brackish waters in NFT and Floating hydroponic systems

Abstract: Mint plants (*Mentha piperita* L.) were grown in two experiments in NFT and Floating hydroponic system, in order to evaluate the effects of the use of brackish water on the growth and production of biomass. The brackish waters were used to prepare the nutrient solution and to replace evapotranspiration losses. In Experiment I, in NFT system (Nutrient Technique Film), the crop was subjected to seven levels of salinity: 0.47, 2.52, 4.29, 5.52, 7.36, 8.56 and 9.43 dS m⁻¹, obtained by addition NaCl to not brackish water control (0.47 dS m⁻¹). In Experiment II in Floating system (Deep Film Technique) five levels of water salinity were used: 0.47, 2.52, 4.29, 7.36 and 9.43 dS m⁻¹, obtained with not brackish water (0.47 dS m⁻¹), used as control treatment. The experimental design was randomized in blocks in both NFT and Floating systems, with six and five replications per experiment, respectively. The use of brackish waters had a significant effect at the production variables, exception for fresh matter mass and dry leaf dry mass of stem in the NFT, and root/shoot ratio in both hydroponic systems. The length of the plants reduced linearly with increasing water salinity in NFT an Floating systems, with reductions of 3.35% and 5.98% per unit increase in water salinity (in dS m⁻¹) on both systems, respectively. The highest yields of fresh matter mass in NFT an Floating systems were 290.494 and 318.71 g per plant, both registered for the control at 50 days after transplanting. The relative reductions in MFPA in NFT an Floating systems to the highest level of EC_w (9.43 dS m⁻¹) were 37.41% and 74.13%, respectively. Despite the reduction of variables, mint quality were not registered symptoms that compromise.

Key words: Soilless cultivation, salinity, *Mentha piperita* L.

INTRODUÇÃO

A Região Semiárida Brasileira é caracterizada por apresentar insuficiência hídrica e chuvas mal distribuídas. Uma das alternativas para aumento da produtividade das culturas nessa região é a irrigação, porém, a maior parte das águas utilizadas na irrigação contêm teores de sais (SOUSA et al., 2011; CAVALCANTI et al., 2005).

Segundo Lacerda et al. (2009) a irrigação é uma das tecnologias aplicadas na agricultura que mais tem contribuído para o desenvolvimento e a produção de alimento, sendo indispensável o uso dessa técnica. Por outro lado, a irrigação tornou-se uma das principais causadoras de impactos ambientais negativos de origem antrópica. Nesse ponto de vista, a salinização do solo torna-se um problema cada vez mais grave, tanto em projetos públicos quanto em privados (ALVES, 2011).

Como comentado por Soares et al. (2010), o aproveitamento de águas salobras é buscado como forma de mitigar o problema da escassez de água doce. Conforme Bione, (2013) a falta de água superficial pode ser superada pela exploração de águas subterrâneas em qualquer lugar, mas como essas, por razões hidrogeológicas, são frequentemente concentradas em sais, a água salobra como insumo para o cultivo hidropônico passa ser um objeto de pesquisa de grande impacto social para o Semiárido.

Pesquisas têm sido desenvolvidas com águas salobras em cultivo hidropônico, mais na maior parte dos estudos tem focado em cultivos mais tradicionais, com hortaliças folhosas. Por outro lado, o cultivo de plantas medicinais e aromáticas poderia ser uma alternativa estratégica para a diversificação de opções do cultivo sem solo. Segundo Haber et al. (2005) os produtores de cultivos hidropônicos vêm buscando novas alternativas para uso em hidroponia, sendo as hortaliças folhosas e as espécies condimentares, aromáticas e medicinais boa opção, principalmente em função da demanda do mercado consumidor por produtos de qualidades.

Segundo Charles et al. (1990), o estresse osmótico causado pelo déficit hídrico pode provocar redução do crescimento e alteração no desenvolvimento nos tecidos vegetativos de hortelã pimenta, resultando na redução da produtividade agrícola. No entanto, segundo esses autores, houve aumento

linearmente na produção de óleo essencial de folhas *Mentha x piperita* L., submetidas a níveis crescentes de estresse osmótico. De acordo com os resultados de Khorasaninejad et al. (2010) o estresse salino tem um efeito negativo sobre a maioria dos parâmetros de crescimento de *Mentha piperita* L., à medida que o nível de estresse aumentou, a massa fresca da parte aérea e seca matéria seca de raízes foram reduzidos. Outros autores também observaram que a implicação do estresse salino sobre o crescimento da parte aérea da hortelã diminuiu significativamente o tamanho da planta (AZIZ et al., 2008; KASHYAP & SHARMA, 2005; KHORASANINEJAD et al., 2010).

Entre as plantas medicinais, a *Mentha piperita* L. (ou hortelã) pertencente à família Lamiaceae. Essas plantas são originárias da Europa, onde suportam temperaturas muito baixas, mas são bem adaptadas ao clima tropical, podendo apresentar ramos de cores diferentes que variam de verde-escuro para roxo-violeta (SOUZA et al., 2007; VALMORBIDA & BOARO, 2007).

O tempo ideal para se proceder a colheita das plantas de hortelã varia conforme a época do ano, o clima da região e o destino que se dará à planta (produção de material fresco ou extração de óleo essencial) (PAULUS et al., 2007; MAIA, 1998). Souza et al. (2007) observaram que o ponto de máxima produção de matéria fresca e seca ficou acima dos 64 dias de cultivo após o transplântio, indicando um comportamento característico de planta perene.

A utilização de sistemas fechados, como é o caso dos cultivos hidropônicos em sistemas NFT e Floating, mostra-se ser propício, e vem possibilitando aumento da produtividade das culturas olerícolas. Soares et al. (2007) afirmam ser a hidroponia uma alternativa que condiz com a realidade do semiárido nordestino devido à salinidade ser mais tolerada pelas culturas em sistemas hidropônicos do que no próprio solo, por ter maior disponibilidade de água para as plantas.

Nesse contexto, sistemas hidropônicos podem ser mais condizentes às características da região semiárida brasileira do que sistemas de cultivo tradicionais baseados em solo. Assim, o presente estudo focou no cultivo da hortelã em dois sistemas hidropônicos, NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes) e o Floating, (Técnica da Lâmina Profunda de nutrientes) que são os dois sistemas hidropônicos comerciais mais empregados no Brasil, sendo que o

sistema Floating é usado em menor escala (MARTINEZ & SILVA FILHO, 2006; FURLANI et al., 1999).

O cultivo hidropônico pode apresentar vantagens sobre o sistema tradicional, como observado por Ocampos *et al.* (2002) que, ao compararem a hortelã rasteira cultivada em diferentes sistemas, observaram que o hidropônico apresentou maior rendimento (produção de biomassa e óleo essencial), sem alteração no teor do óleo essencial. Maia et al. (1999), cultivando *Mentha crispata* no sistema hidropônico, também observaram que a produção de folhas foi cerca de três vezes superior à produção obtida no sistema de cultivo convencional.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o desenvolvimento e produção da hortelã nos sistemas hidropônicos NFT e Floating, considerando diferentes níveis de salinidade da água.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos concomitantemente em duas diferentes casas de vegetação, no período de 15/05/2013 a 04/07/2013, objetivando o cultivo hidropônico da hortelã (*Mentha piperita* L.), em sistemas NFT e Floating, com águas salobras artificiais preparadas com adição de NaCl.

No experimento I foram cultivadas plantas de hortelã em sistema hidropônico NFT, em casa de vegetação do tipo geminada em dois arcos (Figura 1A.). O ambiente é protegido por tela tipo clarite nas laterais e possui um rodapé de 0,2 m em alvenaria, por um filme plástico (anti UV, 150 nm) instalado no teto e também por uma manta termorrefletora (aluminet 50%) instalada internamente à altura do pé-direito. A casa de vegetação está instalada no sentido leste-oeste, tem 14 m de largura por 32 m de comprimento, pé-direito de 4 m, ficando com altura máxima de 5,5 m. O piso do ambiente protegido é coberto por manta geotêxtil (bidim) para melhorar as condições fitossanitárias e aumentar a vida útil das eletrobombas utilizadas.



Figura 1. Visão externa (A.) e visão interna (B.) da casa de vegetação onde foi desenvolvido o experimento com hortelã no sistema NFT.

No Experimento II foi utilizado o sistema hidropônico Floating, em casa de vegetação do tipo arco simples (Figura 2A.). O ambiente é protegido por um filme plástico (anti UV, 150 nm) instalado no teto, a estrutura é em aço galvanizado e também por uma manta termorrefletora (aluminet 50%) instalada internamente à altura do pé-direito, e possuindo 7,0 m de largura, 20,0 m de comprimento, 4,0 m de pé direito e 5,5 m de altura. As paredes foram confeccionadas com telas de sombreamento e possuíam um rodapé de 0,2 m em alvenaria. O piso do ambiente protegido foi coberto por uma camada de brita para melhorar as condições fitossanitárias.



Figura 2. Visão externa (A.) e visão interna (B.) da casa de vegetação onde foi realizado o Experimento II com hortelã, no sistema Floating.

Dados climáticos

O estudo foi conduzido em condições controladas no Recôncavo Baiano, no campus de Cruz das Almas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, a 12°40'19" de latitude Sul, 39°06'23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m. Conforme Almeida (1999), o clima local é tropical quente úmido, tipo Aw a Am, segundo a classificação de Köppen, com médias anuais de precipitação pluvial de 1.224 mm, e temperatura e umidade relativa de, 24,5°C e 80%, respectivamente. As informações climáticas (externas) utilizadas neste trabalho são originárias da estação meteorológica automática do INMET na EMBRAPA, cujas coordenadas geográficas são: latitude 12°40'39" Sul; longitude 39°06'23" Oeste; altitude 225,87 m. Os valores médios diários de temperaturas média, máxima, mínima, e o umidade relativa do ar, oscilaram de 21,74 a 25,28°C, de 23,60 a 31,50°C de 18,90 a 22,70°C e de 81,25 a 96,50%, respectivamente (Figura 3). As casas de vegetação estão aproximadamente 1 km da estação meteorológica.

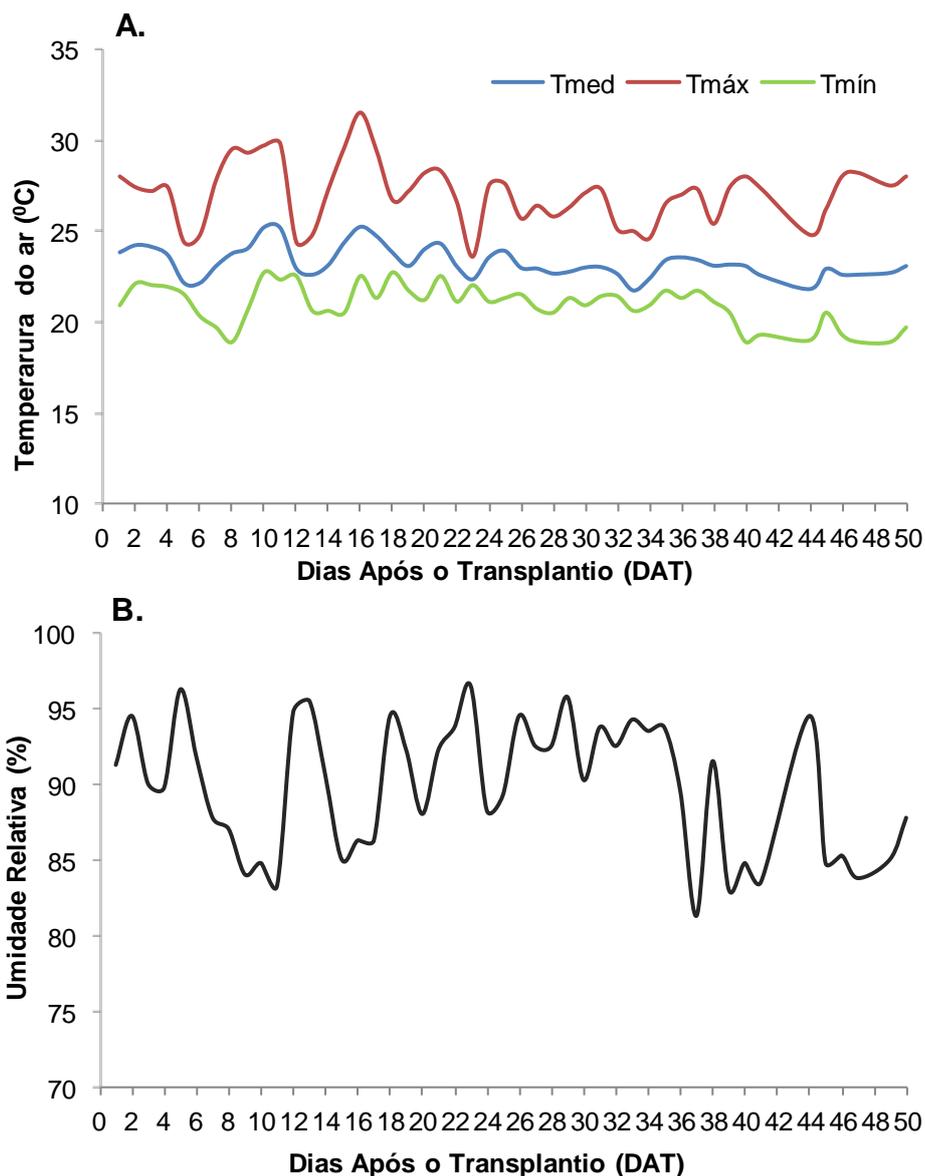


Figura 3. Variações diárias de temperatura do ar (A.), e umidade relativa do ar (B.) externas ao longo dos Experimentos I, e II com NFT e Floating, respectivamente.

Experimento I

A estrutura do Experimento I consistiu de 84 unidades hidropônicas que individualmente representam um sistema NFT independente, conforme descrição apresentada por Soares et al. (2009) e adotada em outros trabalhos (BIONE, 2013; SANTOS et al., 2010; PAULUS et al., 2010; ALVES et al., 2011). As unidades foram instaladas aos pares, sobre traves de PVC, a uma altura de 1,0 m da superfície do solo e com inclinação de 4%; o espaçamento entre os perfis foi de 0,5 m e entre os pares foi deixado um corredor de 0,9 m de largura para facilitar o trânsito e a operacionalidade (Figura 4).



Figura 4. Visão geral das unidades experimentais instaladas no Experimento I, com sistema NFT.

As parcelas experimentais foram formadas por duas unidades hidropônicas adjacentes, ambas sobre uma mesma trave. Em cada perfil foram cultivadas oito plantas de hortelã. Portanto, a estrutura experimental foi composta por 42 parcelas com 16 plantas cada.

Em cada unidade hidropônica se tem uma eletrobomba, que recalca solução nutritiva de um reservatório inferior (50 L) até um perfil hidropônico (75 mm) em polipropileno, onde se tem oito orifícios para cultivo (3 cm de diâmetro) a cada 30 cm; a solução nutritiva injetada no perfil de polipropileno retorna ao reservatório individual (do tipo bombona), mediante um receptor (produzido a partir de uma garrafa PET); uma torneira boia instalada no interior do reservatório é conectada a um reservatório de água (tubo de PVC de 200 mm, com capacidade média de 28 L), permitindo a reposição automática da água consumida na evapotranspiração. Neste reservatório está inserido um microtubo azul (transparente) junto com uma fita métrica, o que permitiu a determinação do volume evapotranspirado por planta mediante a Eq. (1).

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

em que:

V_{ETC} - volume evapotranspirado, 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 no intervalo de tempo ΔT

Com o auxílio do temporizador digital foi adotado, durante todo experimento, uma programação de irrigações de 10 minutos a cada 15 minutos, no período das 6:00 às 18:00 h. Durante a noite o turno de rega foi de 2 h, com 10 minutos de irrigação.

O monitoramento das condições internas da casa de vegetação no Experimento I foi feito a cada 15 minutos, com coleta de dados de temperatura do ar e de temperatura da solução nutritiva (em dois diferentes reservatórios, aleatorizados, no ambiente protegido). Para registro da temperatura na solução nutritiva foram utilizados como sensores fiações de termopar (cobre-constantan), os quais enviavam sinais elétricos a um armazenador de dados (datalogger CR 1000) que também fazia a transdução desses sinais. Para registro da temperatura do ar foi instalado um termo-higrômetro (Modelo HMP60) a 1,5 m de altura do solo.

Experimento II

A estrutura experimental empregada consistiu de 50 unidades hidropônicas que individualmente representam o sistema Floating. As unidades foram instaladas aos pares, sobre tijolos, a uma altura de 10 cm da superfície do solo; o espaçamento entre os perfis foi de 0,25 m e entre os pares foi deixado um corredor de 0,8 m de largura para facilitar o trânsito e a operacionalidade (Figura 5).



Figura 5. Unidades experimentais do sistema Floating (A), disposição das plantas sobre suporte de isopor (B) e sistema de oxigenação da solução nutritiva.

As parcelas experimentais foram formadas por duas unidades hidropônicas independentes, quais sejam: dois vasos plásticos com capacidade de 5,5 L. Portanto, a estrutura experimental foi composta por 25 parcelas com duas plantas em cada. Em cada vaso foi colocada uma planta, sustentada por uma placa de isopor, ficando o sistema radicular imerso na solução nutritiva, mantida sob aeração constante.

Foi utilizada uma turbina de ar, que oxigenava a solução nutritiva de cada vaso constantemente por meio de um microtubo (3 mm de diâmetro), conectado a uma tubulação principal de PVC de 20 mm. A reposição da água consumida pela evapotranspiração foi feita manualmente. As leituras de consumo hídrico foram feitas todo dia no mesmo horário, por meio de uma proveta, o que permitiu a determinação do volume evapotranspirado por planta.

Durante o estudo não foram monitorados os dados climáticos internos na casa de vegetação.

Condução da cultura

Foram produzidas mudas da hortelã (*Mentha piperita* L.) propagadas por estaquia em células de espuma fenólica (2 x 2 x 2 cm) e encaminhadas para um berçário construído com o sistema hidropônico NFT (Figura 6), no período de 18/04/2013 a 14/05/2013. Essas mudas foram propagadas a partir de plantas matrizes.



Figura 6. Estacas de hortelã em placas de espuma fenólica em berçário para crescimento de mudas em sistema NFT.

O transplântio para os sistemas hidropônicos foi executado no dia 15/05/2013, 26 dias após a estaquia. No transplântio foram usadas as melhores mudas do berçário e essas foram distribuídas entre os sistemas de maneira homogênea, para não criar gradientes entre os tratamentos e mesmo entre os blocos; essas mudas apresentaram em média 0,316 m de comprimento em haste única. As plantas foram cultivadas no espaçamento de 0,30 por 0,5 m. As plantas foram mantidas sem o tutoramento até o final de ambos os experimentos.

A solução nutritiva utilizada tanto para a fase do berçário quanto para a fase experimental de cultivo foi a mesma, sendo baseada na formulação proposta de Furlani et al. (1999) (Tabela 1), a qual é indicada para hortaliças folhosas.

Tabela 1. Quantidades de fertilizantes utilizados como fontes de macro e micronutrientes para o preparo de 1 m³ de solução nutritiva para o cultivo

hidropônico de hortaliças, com as respectivas concentrações esperadas de nutrientes (FURLANI et al., 1999).

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

* q representa quantidade de fertilizantes em g m⁻³

As águas salobras artificiais (NaCl) e a água não salobra não tiveram pH corrigido antes do preparo da solução nutritiva. A experiência prévia com a água não salobra utilizada (inclusive para o preparo das águas com NaCl) indicou que a adição dos nutrientes produz uma acidificação geralmente suficiente para o alcance da faixa de pH desejado. Além disso, o NaCl é um sal de base e ácido fortes, cuja dissociação não deve promover mudanças de pH, como previsto por Santos et al. (2010).

O pH da solução nutritiva foi monitorado regularmente. Quando se detectou alteração do pH, o seu controle foi efetuado sempre que necessário, com hidróxido de potássio (KOH) ou ácido fosfórico (H₃PO₄), ambos em concentração de 0,2 M, foi aplicado na faixa de 5-10 ml por unidade hidropônica no sistema NFT e no sistema Floating 2-5 ml por unidade, tanto o hidróxido de potássio ou ácido fosfórico. Visando manter a solução nutritiva na faixa de 5,5 a 6,5 de pH, conforme Santos (2009) e Furlani et al. (1999). Durante os experimentos o pH da solução tendeu a acidificar ao longo do ciclo, com isso, houve necessidade de

mais assiduidade com a correção KOH, que representou uma quantidade de potássio 0,0099 e 0,0431 g L⁻¹ nos sistemas NFT e Floating, respectivamente, ao final do experimento. Portanto, foi verificado um aumento de potássio na ordem de 5,4 e 23,7% nos sistemas NFT e Floating, respectivamente, em relação à recomendação que é de 0,1825 g L⁻¹ (Tabela 1).

Como controle fitossanitário de insetos sugadores/cortadores não foram empregados defensivos químicos; por outro lado, aos 27 dias após o transplântio (DAT) foram feitas aplicações foliares de extrato de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) na concentração de 0,01 L L⁻¹. Para controle de lagartas foi feita catação manual, após vistoria planta a planta. Também foram feitas duas aplicações preventivas contra *Pythium* a partir de uma solução contendo *Trichoderma spp.* (Trichodel, a 0,00025 L L⁻¹), aos 2 e aos 17 dias após o transplântio (DAT), aplicada diretamente na solução nutritiva.

Até os 6 DAT, no sistema hidropônico NFT, a reposição das perdas por evapotranspiração foi feita com solução nutritiva; posteriormente, foi conduzida com as mesmas águas não salobra ou salobras, características dos tratamentos. Em experimentos anteriores com a mesma estrutura experimental (SILVA, 2012; MACIEL et al., 2012; BIONE, 2013), observou-se que nos primeiros dias após o transplântio o consumo hídrico é baixo, portanto, não há risco de concentração de nutrientes adotando-se o procedimento de repor a evapotranspiração inicial com solução nutritiva. Por outro lado, esse procedimento permite corrigir eventuais vazamentos nos reservatórios de abastecimento automático de água, sem comprometer a concentração de nutrientes em cada parcela. No experimento com o sistema Floating também houve a necessidade de repor as perdas por evapotranspiração com solução nutritiva até os 2 DAT.

Tratamentos e preparo das águas salobras artificiais utilizando NaCl

Para o preparo das águas salobras utilizou-se apenas NaCl, adicionado à água não salobra, de acordo com a condutividade elétrica da água (CEa) desejada para cada tratamento.

As quantidades de NaCl a serem adicionadas para atingir cada nível de CEa dos tratamentos foram calculadas com base na relação existente entre o somatório de cátions e a CEa (Eq 2).

$$CEa \text{ (dSm}^{-1}\text{)} = \frac{\sum \text{cations (mmolc L}^{-1}\text{)}}{10} \quad (2)$$

Após a adição do NaCl na água não salobra, a CEa foi medida com um condutímetro. A Tabela 2 mostra as quantidades de NaCl utilizada no preparo da água salobra.

No Experimento I, no sistema NFT, os tratamentos consistiram de água não salobra e mais seis águas salobras produzidas artificialmente com NaCl. Os tratamentos foram aleatorizados nas 42 parcelas em seis blocos, utilizando-se uma repetição por bloco.

Os valores observados de condutividades elétricas da água (CEa) foram de 2,52; 4,29; 5,52; 7,36; 8,56; 9,43 dS m⁻¹ (Tabela 2), os quais proporcionaram soluções nutritivas com CE inicial de 5,04; 6,63; 8,01; 9,53; 10,62 e 11,84 dS m⁻¹, respectivamente. A água não salobra (Testemunha - T1), que teve salinidade de 0,47 dS m⁻¹, proporcionou CE da solução nutritiva de 2,49 dS m⁻¹.

Os tratamentos do Experimento II, no sistema Floating consistiram de água não salobra e mais quatro águas salobras produzidas artificialmente com NaCl. Os tratamentos foram aleatorizados nas 25 parcelas em cinco blocos utilizando-se uma repetição por bloco. As condutividades elétricas da água (CEa) foram de 2,52; 4,29; 7,36 e 9,43 dS m⁻¹ (Tabela 2), as quais proporcionaram soluções nutritivas com CE inicial de 5,04; 6,63; 9,53; 11,84 dS m⁻¹, respectivamente. A água não salobra (Testemunha - T1) teve salinidade de 0,471 dS m⁻¹ e proporcionou solução nutritiva com CE de 2,49 dS m⁻¹.

Tabela 2. Concentração de NaCl aplicado, condutividade elétrica da água (CEa), condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sol}) e seu respectivo valor de pH (pH_{sol}).

TRATAMENTO	NaCl (g L ⁻¹)	CEa (dS m ⁻¹)	CE _{sol} (dS m ⁻¹)	pH _{sol}
T1	0,0	0,47	2,49	6,25
T2	0,877	2,52	5,04	6,23
T3	1,462	4,29	6,63	6,13
T4	2,047	5,52	8,10	6,17
T5	2,632	7,36	9,53	6,32
T6	3,217	8,56	10,62	6,28
T7	3,802	9,43	11,84	6,33

A fonte de NaCl empregada foi um produto de uso industrial (não puro para análise) com as seguintes especificações: 99,45 a 99,9% de NaCl em base seca; 35,99 a 39,99% de Na; 60,0 a 62,0% de Cl.

Como descrito anteriormente, os Experimentos I e II foram conduzidos em ambientes diferentes, ainda que concomitantemente; portanto, os sistemas hidropônicos NFT e Floating não se constituíram tratamentos e não serão comparados categoricamente.

Variáveis estudadas

Durante os Experimentos I e II foram consideradas as seguintes variáveis:

No final dos experimentos foram medidos os comprimentos das plantas. Aos 50 dias após o transplante (DAT), todas as parcelas foram submetidas à análise visual dos sintomas, apenas seis plantas foram colhidas por parcela na região do colo, e posteriormente, sendo analisadas as variáveis: comprimento da planta (CP), e massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca total (MST), massa de matéria seca raiz (MSR), relação raiz /massa de matéria seca da parte aérea ($r/MSPA$); sendo considerado duas plantas por parcelas para a análise das variáveis, massa de matéria fresca do caule (MFC), massa de matéria seca do caule (MSC), e da folha (MFF), massa de matéria seca da folha (MSF), pesada e levada em saco de papel para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir massa constante.

As raízes foram retiradas do perfil hidropônico e deixadas na própria casa de vegetação para pré-secagem; posteriormente foram ensacadas e levadas a estufa de ventilação forçada a 65°C até alcançarem massa constante. A massa individual do sistema radicular de cada planta foi obtido pela divisão da massa total de raízes de cada perfil hidropônico pelo número de plantas; isso foi necessário porque no espaçamento adotado as raízes da hortelã se entrelaçaram. Os dados foram pesados em balança semi-analítica (precisão de 0,01 g)

a) massa de matéria fresca da parte aérea;

b) massas de matéria seca da parte aérea, das raízes e de toda a planta;

c) produtividade relativa por tratamento em relação à testemunha (Eq. 3)

$$PR = \frac{MFPA_{Ti}}{MFPA_{TESTEMUNHA}} \times 100 \quad (3)$$

em que:

PR - produtividade relativa, %

$MFPA_{Ti}$ - massa de matéria fresca da parte aérea de um dado tratamento i, g

$MFPA_{Testemunha}$ - massa de matéria fresca da parte aérea da testemunha (T1), g

Os dados do Experimento I foram obtidos de cada seis plantas por parcelas, sendo empregados na análise estatística foram obtidas as médias de cada uma das 42 parcelas experimentais para todas as variáveis de interesse. Já para o Experimento II os dados foram obtidos de duas plantas por parcelas, sendo analisadas as médias de cada uma das 25 parcelas para todas as variáveis de interesse.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As variáveis foram avaliadas pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade. As águas salobras artificiais (produzidas pela adição de NaCl) constituíram tratamentos quantitativos, sendo seu efeito avaliado mediante análise de regressão. Nesse caso, as variáveis de interesse foram relacionadas com a condutividade elétrica da água (CEa) mediante modelos de resposta, cujas validades foram estabelecidas de acordo com a significância dos seus termos e também com o valor do coeficiente de determinação. Os coeficientes de determinação apresentados se referem a todos os dados avaliados e não apenas às médias.

Para as variáveis cuja resposta à salinidade da água foi definida por uma equação de primeiro grau, estimou-se a redução linear relativa com base nos coeficientes da função ajustada Eq. (4).

$$\alpha_i = \frac{a}{b} \times 100 \quad (4)$$

em que:

α_i - redução linear relativa da variável i para cada acréscimo unitário na salinidade da água, % (dS m⁻¹)⁻¹

a - coeficiente angular da equação ajustada para a variável i

b - coeficiente linear da equação ajustada para a variável i

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Experimento I a temperatura do ar no interior da casa de vegetação registrada durante o período de estudo, oscilou de 18,94 a 34,70°C (Figura 7A.). A temperatura da solução nutritiva apresentou valor mínimo de 19,28°C e máximo de 34,51°C durante todo o experimento (Figura 7B.). Portanto, a temperatura do ar registrada ultrapassou a recomendada pela literatura em cultivos hidropônicos de mentas, mencionada por Britten & Basford (1986), na qual a faixa ótima de 18 a 30°C. O comportamento da temperatura do ar e da solução nutritiva apresentou variação similar. De acordo com Rodrigues (2002), é importante que a variação da temperatura permaneça dentro do recomendado, pois se a temperatura da solução nutritiva for muito superior ou inferior à temperatura do ar pode causar danos à planta, bem como uma diminuição na absorção dos nutrientes, e conseqüentemente, uma menor produção. Os dados climáticos internos do Experimento II não foram monitorados, apenas os dados externos (Figura 3).

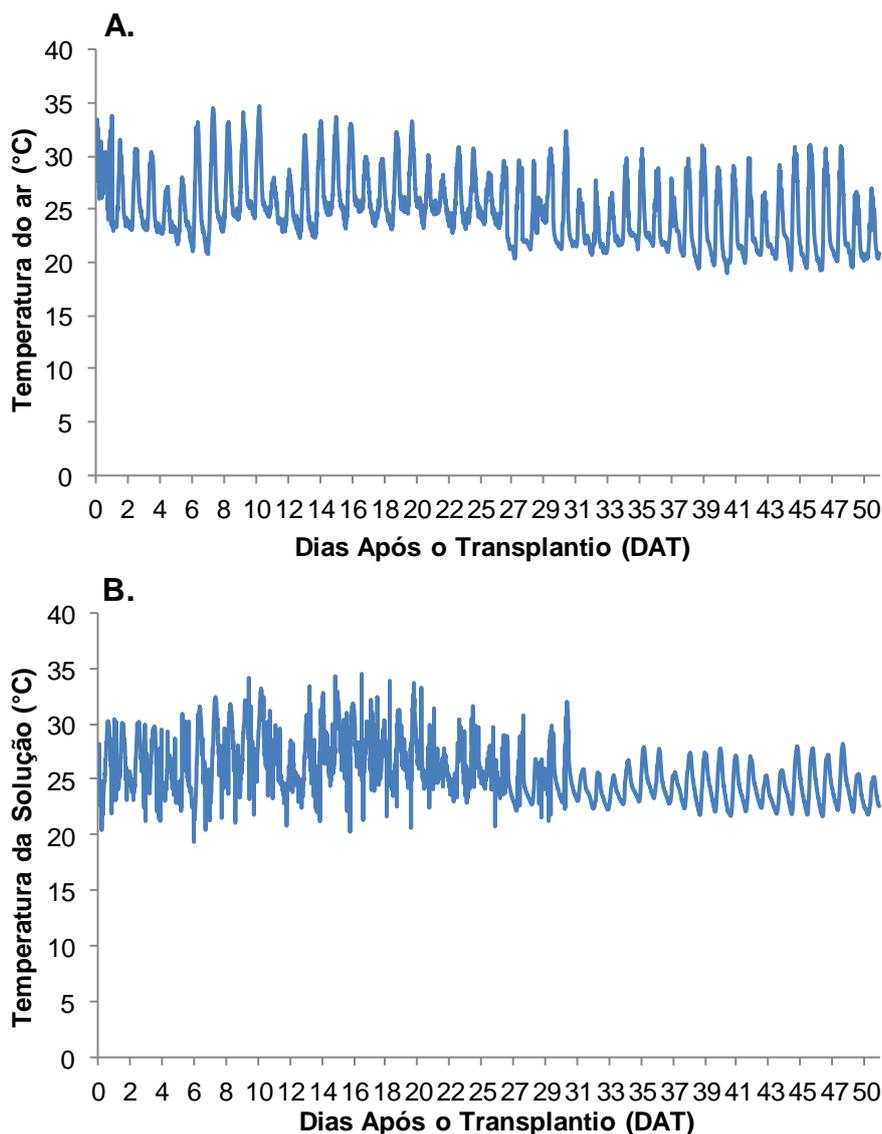


Figura 7. Variações diárias de temperatura do ar (A.), temperatura da solução (B.) ao longo do Experimento I, com NFT.

Analisando o pH da solução nutritiva no Experimento I, observou-se (Figura 8A.) uma variação, em geral, dentro da faixa de 4,5 a 7,5. Já para Experimento II o pH variou dentro da faixa de 4,0 a 7,5 (Figura 8B.) Conforme Furlani et al. (1999), variações na faixa de pH de 4,5 a 7,5 são toleradas, sem prejuízo ao crescimento da cultura hidropônica. No entanto, valores abaixo de 4,0 prejudicam a integridade da membrana celular e quando o pH supera 6,5, deve-se ter cuidado com possíveis deficiências de Fe, P, B, Mn, Ca e Mg. As variações no pH são reflexo da absorção diferenciada de cátions e ânions. Santos (2009) e Rodrigues (2002) indicam manter o pH na faixa 5,0 a 7,0 em cultivo hidropônico.

Paulus et al. (2007) recomendam, especificamente para cultivos de hortelã, os valores de pH da solução nutritiva 6,0 a 7,0. Assim, no presente estudo foi preciso fazer o ajuste do pH, em alguns intervalos de tempo, mantendo-o próximo ao pH de outras pesquisas desenvolvidas com hortelã.

No decorrer dos estudos os tratamentos com NaCl e água não salobras apresentaram oscilações quanto ao pH, que foi corrigido com hidróxido de potássio ou ácido fosfórico, quando a solução nutritiva apresentava pH ácido ou alcalino, respectivamente. Observou-se durante o experimento uma maior tendência das plantas da hortelã em alcalinizar a solução. Segundo Paulus et al. (2008) estudando o cultivo de menta observou uma tendência das plantas em alcalinizar a solução, permitindo assim maior disponibilidade de nutrientes ao longo do período de cultivo.

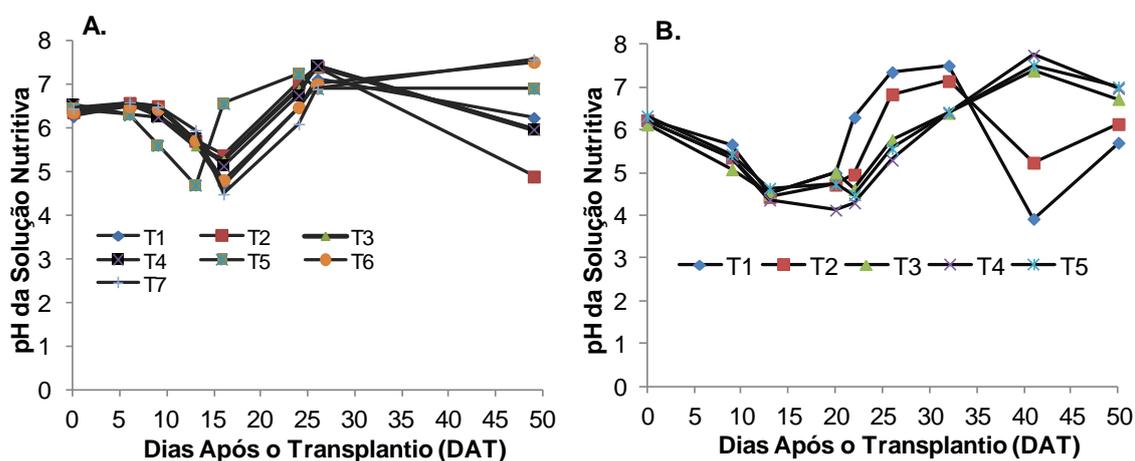


Figura 8. pH da solução nutritiva das águas salobras nos sistemas hidropônicos NFT (A.) e Floating (B.) ao longo dos experimentos I e II, respectivamente. T1, T2, T3, T4, T5, T6, e T7, representa salinidade da água de 0,47; 2,52; 4,29; 5,52; 7,36; 8,56; e 9,43 dS m^{-1} .

Na Figura 9 está apresentada a variação da condutividade elétrica da solução nutritiva nos Experimentos I (Figuras 9A.) e II (Figura 9B.), com a reposição de água salobra ao longo do ciclo da hortelã. Observa-se que os níveis de salinidade da solução nutritiva para as águas salobras (T2, T3, T4, T5, T6 e T7) no Experimento I foram crescentes, exceto para a testemunha (T1), visto que a reposição do consumo de água foi feita com a própria água de cada tratamento de forma automatizada. Esse comportamento da salinidade crescente também

aconteceu no Experimento II com os tratamentos T2, T3, T4 e T5 (Figura 9B.), exceto para o tratamento testemunha. O aumento da salinidade foi muito mais acentuado para a água salobra com CEa $9,43 \text{ dS m}^{-1}$, chegando, ao final do ciclo a uma salinidade média da solução de $14,84$ e $14,63 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente, para os sistemas NFT e Floating. A salinidade crescente é explicada pelo acúmulo de íons não absorvidos pelas plantas de hortelã e por causa da reposição com água salobra. Em experimentos com as culturas do alface (SOARES et al., 2007) e da rúcula (SILVA et al., 2012), registrou-se esse mesmo comportamento da salinidade crescente da solução nutritiva a partir da reposição, do volume de água evapotranspirado, com águas salobras. Já no caso da testemunha (T1), observa-se uma diminuição da salinidade da solução nutritiva ao longo dos experimentos, pois não foi corrigido o nível de nutrientes da solução nutritiva. Segundo Costa et al. (2001), essa redução da condutividade elétrica da solução nutritiva, foi devida à absorção dos nutrientes pelas plantas, pois os nutrientes não foram repostos durante o ciclo da cultura, somente a água evapotranspirada.

Para o cultivo hidropônico em NFT a disponibilidade mínima recomendada está entre $0,5$ e 1 L por planta (SANTOS, 2009). No presente estudo a disponibilidade de solução nutritiva foi de 5 e $5,5 \text{ L}$ por planta, nos sistemas NFT e Floating, respectivamente. De acordo com recomendações de Rodrigues (2002), há necessidade de reposição de nutrientes quando ocorre redução de 50% na CEa solução nutritiva. No final da data de colheita a CE da solução nutritiva foi 55% e $38,15\%$ menor, nos sistemas hidropônicos NFT e Floating, respectivamente, já que não foi adicionado nutriente durante os experimentos, devido à alta disponibilidade de solução nutritiva por planta.

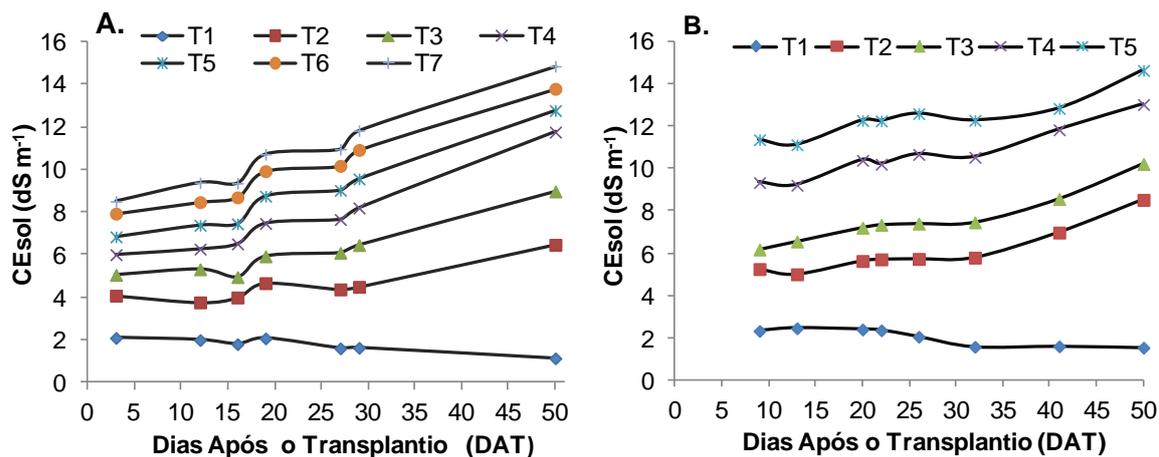


Figura 9. Condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sol}) ao longo do Experimento com NFT (A) e ao longo do experimento com Floating (B), e função da salinidade da água. T1, T2, T3, T4, T5, T6, e T7, representa salinidade da água de 0,47; 2,52; 4,29; 5,52; 7,36; 8,56; e 9,43 $dS\ m^{-1}$.

Nos Experimentos I (NFT) e II (Floating) foi possível detectar o aparecimento de insetos sugadores que foram facilmente controlados com a aplicação de extrato de nim. A ocorrência de mosca branca foi maior no Experimento I. Provavelmente por causa do adensamento entre plantas e maior quantidade de plantas, mesmo assim as plantas não tiveram sua qualidade prejudicada, já que a mosca branca apresenta maiores danos quanto à disseminação por virose, o qual não foi constatado nos experimentos, o surgimento foi apenas no final do ciclo. Em geral, as plantas se apresentaram com vigor e quase nenhuma infestação de doenças que comprometesse o aspecto visual e a produção dos tratamentos (Figura 10.).



Figura 10. Aspecto geral das plantas de hortelã nos Experimentos I com NFT (A) e II com Floating (B) aos 50 dias após o transplântio (DAT).

Entre os tratamentos com diferentes níveis de salinidade da água nos sistemas NFT (Experimentos I) e no Floating (Experimento II) (Figura 11.) verificou-se diferença quanto à tonalidade do verde das folhas. Também houve uma aparente redução no tamanho das folhas, dado esse que não foi medido. O estresse provocado pelo aumento da salinidade reduz fisiologicamente a absorção de água pelas plantas e conseqüentemente contribui para redução do peso fresco das plantas. Khorsandi et al. (2010) expressaram que o aumento do nível de salinidade causou uma diminuição significativa da área da folha em *Agastache foeniculum* (uma planta da família da *Mentha spicata*). O prejuízo à área foliar também foi identificado em cultivos hidropônicos submetidos à salinidade por NaCl. Outros autores verificaram intensificação da cor verde nas folhas de plantas submetidas aos maiores níveis de salinidade: Alves (2011) com diferentes culturas e Paulus et al. (2012) com alface.

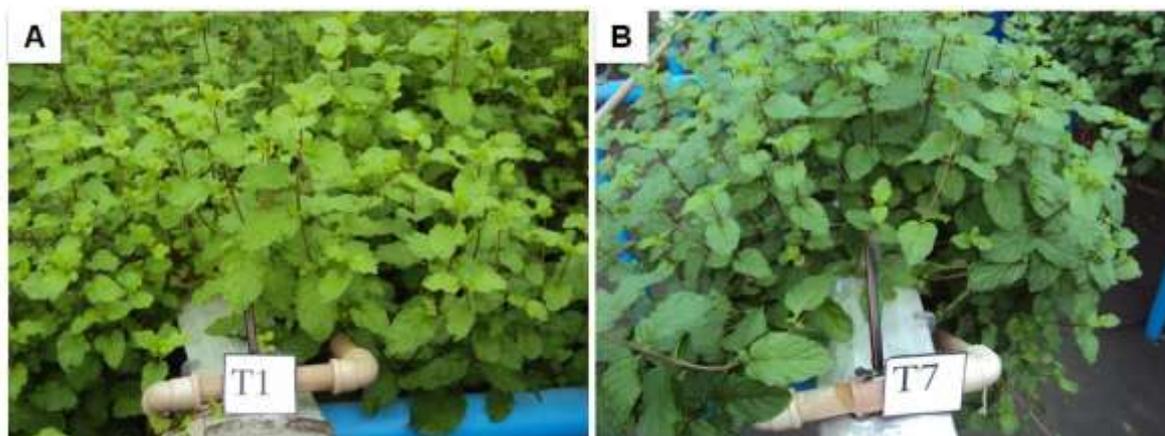


Figura 11. Cultivo da hortelã aos 50 dias após o transplântio (DAT), exibindo diferença com relação à tonalidade do verde, para o tratamento testemunha 0,47 dS m⁻¹ (A) e o tratamento 9,43 dS m⁻¹, com maior nível de NaCl (B.) no sistema NFT Experimento I.

A salinidade reduziu visualmente o porte da planta da hortelã nos dois experimentos, incluindo o tamanho das folhas, dado esse não medido no estudo. Lima et al. (2007) e Dias et al. (2011) cultivando diferentes culturas em meio salino, também comprovaram que, para conservação de energia, as plantas

tendem a reduzir o número de folhas e a área foliar, dentre outros mecanismos de redução das perdas de água, o que reflete uma redução na produção. No entanto, não foram detectados sintomas de toxidez ou deficiência mineral nas plantas de hortelã nas diferentes concentrações de água salobra, mesmo quando submetidas aos níveis mais altos de salinidade da água de reposição; de acordo com Alves et al. (2011) esse resultado pode ser atribuído à característica dos sistemas hidropônicos utilizados nos experimentos, com a irrigação apenas na zona radicular, sem o típico molhamento das folhas verificado em muitos sistemas convencionais de irrigação. Santos et al. (2010) relatam que o não contato da água salina nas folhas evita a absorção foliar, que promove rapidamente a concentração de íons tóxicos nas folhas, surgindo daí os sintomas de clorose e necrose foliares. Os autores ainda comentam que sintoma de injúrias foliares como queima dos bordos e do limbo foliar, é bem reportado em plantas submetidas às águas salobras.

Nas Tabelas 3 e 4 é apresentado o resumo da análise de variância das variáveis estudadas no sistema NFT (Experimento I). Entre as variáveis analisadas, observou-se que algumas não tiveram efeito significativo: massa de matéria fresca da folha (MFF), massa de matéria seca da folha (MSF), massa de matéria seca do caule (MSC), relação de matéria seca de raiz /massa da parte aérea (r/MSPA).

Tabela 3: Resumo da análise de variância aplicada às variáveis de crescimento e produção da hortelã em sistema NFT, considerando diferentes níveis de condutividade elétrica da água (CEa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		CP	MFPA	MSPA	MFF	MSF
Bloco	5	112,061 ^{NS}	1641,257**	87,280**	445,553 ^{NS}	27,3116 ^{NS}
CEa	6	1838,191**	8765,018**	79,503**	1969,870 ^{NS}	32,981 ^{NS}
Erro	30	105,898	184,858	6,528	889,179	19,360
CV (%)		8,70	5,64	7,06	25,91	23,59

Comprimento da planta (CP); massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA); massa de matéria seca da parte aérea (MSPA); massa de matéria fresca da folha (MFF); Massa de matéria seca da folha (MSF); cv = coeficiente de variação; ** representa significativo a 1% de probabilidade; ns representa não significância a 5 % de probabilidade.

Tabela 4: Resumo da análise de variância aplicada às variáveis de produção da hortelã em sistema NFT, considerando diferentes níveis de salinidade da água (CEa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		MFC	MSC	MSR	MST	r/PA
Bloco	5	1989,298 ^{NS}	71,442 ^{NS}	2,486 ^{**}	107,105 ^{**}	0,002 [*]
CEa	6	6287,688 [*]	142,552 ^{NS}	2,057 ^{**}	105,193 ^{**}	0,0004 ^{NS}
Erro	30	2220,419	62,404	0,674	105,193	0,0009
CV (%)		35,16	33,50	11,19	6,10	13,32

Massa de matéria fresca do caule (MFC); massa de matéria seca do caule (MSC); massa de matéria seca total (MST); massa de matéria seca raiz (MSR); relação raiz /massa de matéria seca da parte aérea (r/MSPA); cv = coeficiente de variação; ** representa significativo a 1% de probabilidade; ns representa não significância a 5 % de probabilidade.

Nas Tabelas 5 e 6 é apresentado o resumo da análise de variância das variáveis relacionadas ao crescimento e produção no sistema hidropônico Floating (Experimento II): O uso de águas salobras no cultivo hidropônico da hortelã promoveu efeito significativo ($P < 0,01$) em todas as variáveis estudadas, a exceção da variável relação de matéria seca de raiz/ massa da parte aérea (r/PA).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento e produção da hortelã em sistema Floating (Experimento).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		CP	MFPA	MSPA	MFF	MSF
Bloco	4	69,746 ^{NS}	1191,229 ^{NS}	328,646 ^{NS}	264,119 ^{NS}	25,479 ^{NS}
CEa	4	3377,739 ^{**}	41581,139 ^{**}	11397,959 ^{**}	4647,455 ^{**}	282,794 ^{**}
Erro	16	79,795	539,110	142,665	300,604	18,104
CV (%)		10,49	12,30	12,11	18,05	24,03

Comprimento da planta (CP); massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA); massa de matéria seca da parte aérea (MSPA); massa de matéria fresca da folha (MFF); Massa de matéria seca da folha (MSF); cv. = coeficiente de variação; ** representa significativo a 1% de probabilidade; * representar significativo a 5% de probabilidade; ns representa não significância a 5 % de probabilidade.

Tabela 6. Resumo da análise para as variáveis de produção da hortelã, avaliados no sistema Floating (Experimento II).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		MFC	MSC	MSR	MST	r/PA
Bloco	4	569,583 ^{NS}	46,328 ^{NS}	12,240 ^{**}	167,299 [*]	0,003 ^{NS}

CEa	4	16637,729**	890,351**	85,287**	2495,805**	0,008 ^{NS}
Erro	16	339,235	28,924	2,019	52,466	0,004
CV(%)		16,48	24,40	15,33	16,54	22,97

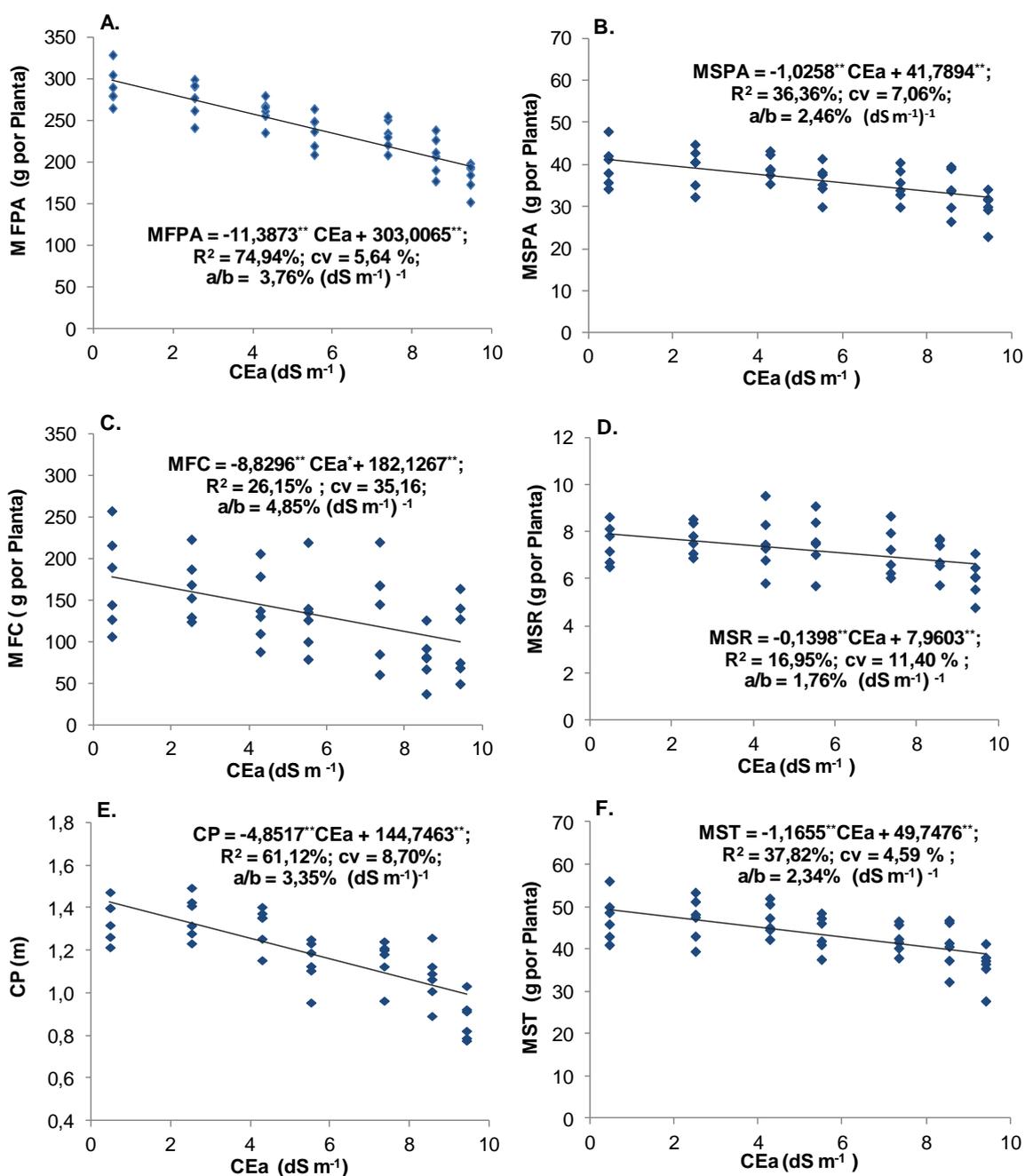
Massa de matéria fresca do caule (MFC); massa de matéria seca do caule (MSC); massa de matéria seca total (MST); massa de matéria seca raiz (MSR); relação raiz /massa de matéria seca da parte aérea (r/MSPA); cv. = coeficiente de variação; ** representa significativo a 1% de probabilidade; * representa significativo a 5% de probabilidade; ns representa não significância a 5% de probabilidade.

No presente estudo o maior valor médio de massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) no sistema NFT (Experimento I), aos 50 DAT foi cerca de 290,5 g por planta, para o tratamento em condição não salina (T1). O menor valor foi de 181,81 g por planta (CEa de 9,43 dS m⁻¹), com decréscimo de 3,76% por aumento unitário da salinidade (em dS m⁻¹) (Figura 12A.). Também foram observadas reduções proporcionadas pela salinidade, de 37,41% ao nível de CEa de 9,43 dS m⁻¹, em relação à testemunha.

Já no sistema Floating (Experimento II) foram observadas reduções proporcionadas pelo estresse salino, de 74,13% ao nível de CEa de 9,43 dS m⁻¹ em relação à testemunha. O maior valor médio de MFPA foi de 318,71 g por planta (testemunha) e o menor de 82,44 g por planta (CEa de 9,43 dS m⁻¹). O decréscimo com o aumento da salinidade da água foi de 8,03% por incremento unitário de CEa (dS m⁻¹) (Figura 13A.). A queda de produção para o nível mais elevado de salinidade (9,43 dS m⁻¹), foi 54,6% menor no (Experimento I), tanto em termos absolutos quanto em termos relativos. Esse decréscimo da MFPA é decorrente das reduções das massas de matéria fresca do caule e da folha, prejudicadas pelo aumento da salinidade da água, sendo esse efeito mais intenso no sistema Floating. A tendência dos resultados esta de acordo com Bharti et al. (2013) analisaram a (*Mentha arvensis*) exposta ao estresse salino, observaram uma diminuição no peso fresco em comparação com as plantas não salinizados. Aziz et al. (2010) estudaram *Mentha x piperita* L. em ambiente controlado aos 60 dias de crescimento, e reportam uma redução de 30% da massa fresca, submetida ao estresse salino (1,5 g L⁻¹), ou (2,56 dS m⁻¹).

Para o tratamento testemunha (T1) do presente estudo as plantas produziram dentro do esperado. Souza et al. (2007) cultivando *Mentha x piperita* L. em sistema hidropônico obtiveram uma produção de massa de matéria fresca da parte aérea de 402,56 g por planta aos 64 dias após o transplântio. Moreira

(2010), trabalhando com variedade da hortelã rasteiro (*Mentha x villosa* H.) em cultivo a campo, obteve uma máxima massa de matéria verde de aproximadamente 24,81 t ha⁻¹ (ou em média 310,12 g por planta) aos 92 DAT. Paulus et al. (2004) investigando o rendimento e a biomassa de *Mentha arvensis* L., no Rio Grande Sul, apresentaram massa fresca da parte aérea de 317 g, aos 67 DAT, em sistema hidropônico NFT. Telci et al. (2011) com experimento em campo, na Turquia, avaliando a produtividade e qualidade de *Mentha piperita* L., obtiveram produção de massa fresca de 37,0 t ha⁻¹ (em média 444 g por planta).



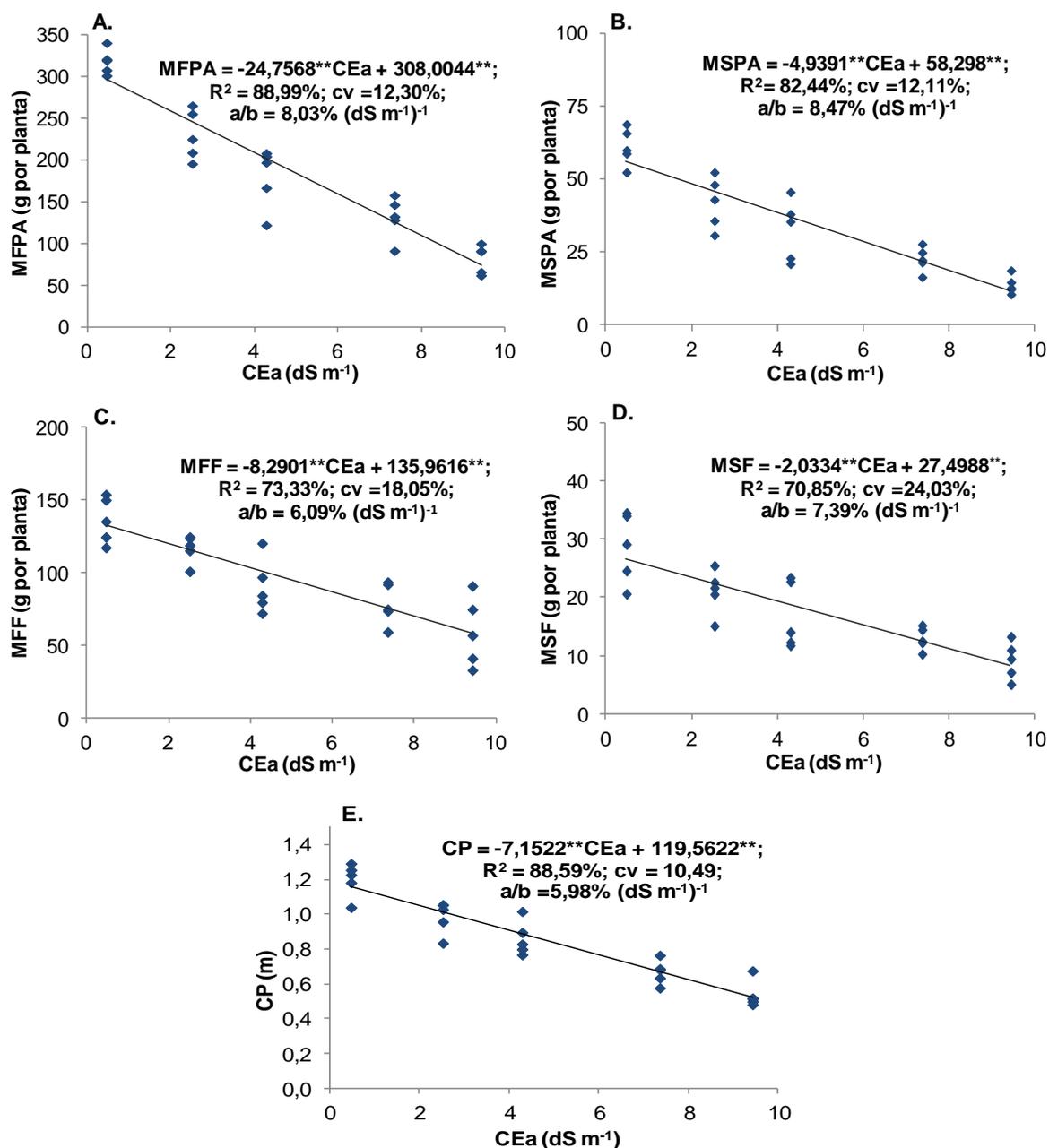
**significativo a 1% de probabilidade; cv = coeficiente de variação; R^2 = coeficiente de determinação; a/b = redução ou incremento linear na variável y em função de cada aumento unitário na salinidade da água.

Figura 12. Produção de massa de matéria fresca (MFPA) (A.) e seca da parte aérea (MSPA) (B.), massa matéria fresca do caule (MFC) (C.), massa de matéria seca das raízes (MSR) (D.), comprimento da planta (E) e massa de matéria seca total planta (MST) (F.) da hortelã em função da condutividade elétrica da água (CEa) no sistema NFT (Experimento I).

A massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) da hortelã no Experimento I, no sistema NFT, teve produção média de 39,82 g por planta no tratamento controle, com redução de 24,89% proporcionada pela CEa de 9,43 dS m⁻¹ em relação ao controle. Foi registrado, para cada aumento unitário na salinidade da água (em dS m⁻¹) decréscimo de 2,46% (Figura 12B.). No Experimento II, sistema no Floating, a redução foi de 77,29% para o maior nível de salinidade da água (9,43 dS m⁻¹), quando comparado com a testemunha, registrando-se, para cada aumento unitário na salinidade dessas águas (em dS m⁻¹) decréscimos de 8,27% (Figura 13B.). No sistema Floating o maior valor médio de MSPA foi de 61,23 g por planta (testemunha) e o menor de 13,90 g por planta (CEa de 9,43 dS m⁻¹). A salinidade prejudicou em maior intensidade a massa de matéria seca da parte aérea das plantas de hortelã cultivadas no sistema Floating. Provavelmente esse resultado foi devido ao fato da reposição do volume evapotranspirado entre uma reposição e outra. Com isso há um menor volume de diluição e conseqüentemente maior concentração de sais, condição diferente do sistema NFT (com reposição Instantânea).

Comportamento semelhante foi observado por Khorsandi et al. (2010) estudaram o efeito da salinidade (NaCl) no crescimento e produtividade de *Agastache foeniculum* (uma planta da família das Lamiaceae) em casa de vegetação, mostrando que o aumento do nível de salinidade causou uma diminuição significativa da massa de matéria seca da parte aérea. Charles et al. (1990) estudaram o efeito do estresse osmótico em hortelã (*Mentha x piperita* L.) e notaram que quando as plantas foram sujeitas a níveis crescentes de estresse osmótico diminuiu-se linearmente a biomassa da parte aérea. Santos et al. (2010), cultivando alface com uso exclusivo de águas salobras, encontraram

reduções em torno de 14,5 % por aumento unitário da salinidade da água (dS m^{-1}), para MSPA. Souza et al. (2007) cultivando (*Mentha x piperita* L.) em sistema hidropônico obtiveram uma produção de massa de matéria seca da parte aérea de 61,48 g por planta aos 64 dias após o transplante. Moreira et al. (2010) com hortelã miúda (*Mentha x villosa* H.) em cultivo a campo, obtiveram aos 92 dias de cultivo uma produção de matéria seca de $3,41 \text{ t ha}^{-1}$ (42,62g por planta).



**significativo a 1% de probabilidade; cv = coeficiente de variação; R^2 = coeficiente de determinação; a/b = redução ou incremento linear na variável y em função de cada aumento unitário na salinidade da água.

Figura 13. Produção de massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) (A.), e seca da parte aérea (MSPA) (B.), massa de matéria fresca da folha (MFF) (C.), massa de matéria seca da folha (MSF) (D.), comprimento da planta (CP) (E.), da hortelã em função da salinidade da água produzidas com NaCl, no sistema hidropônico Floating (Experimento II).

A massa de matéria fresca da folha (MFF) no Experimento I (NFT) não sofreu efeito significativo da salinidade da água. Já para o sistema Floating (Experimento II), a MFF foi afetada pelo estresse salino, com reduções de 56,55% para o nível de salinidade da água de $9,43 \text{ dS m}^{-1}$, quando comparado com a testemunha (T1). A MFF da testemunha foi de 135,94 g por planta, e para a CEa $9,43 \text{ dS m}^{-1}$, de 59,07 g por planta, com redução por aumento unitário de CEa (dS m^{-1}) foi 6,09% (Figura 13C.).

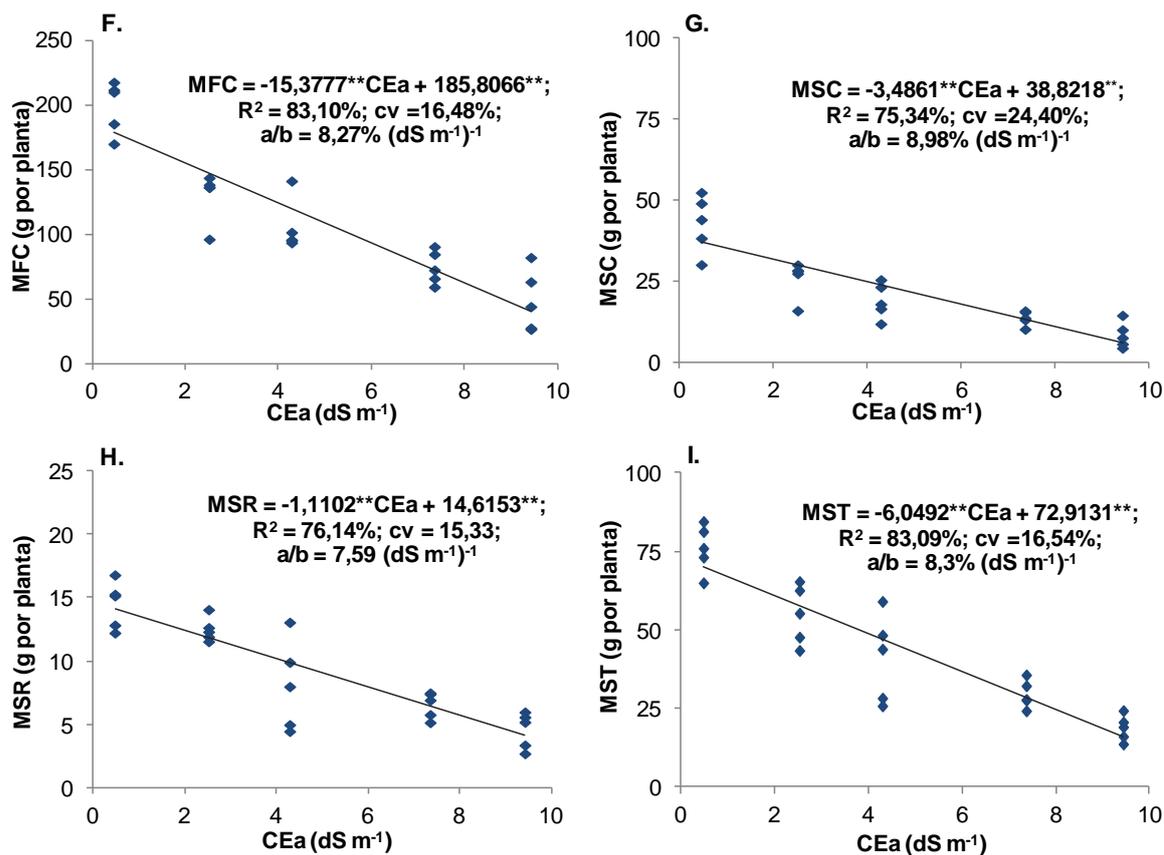
Garlet et al. (2013) ao estudarem a hortelã (*Mentha x piperita* var. *citrata*) cultivava em sistema hidropônico sob diferentes concentrações de potássio na solução nutritiva, relataram MFF de 322,5 g por planta para o tratamento controle (226 mg L^{-1}), aos 56 DAT. Souza et al. (2007), em estudo com a hortelã (*Mentha x piperita* L.) cultivava em sistema hidropônico com soluções nutritivas com diferentes teores de N e P, relataram valores de massa fresca da folha de 94,86 g por planta para o tratamento controle aos 49 DAT. No estudo de hortelã japonesa (*Mentha arvensis* L.) cultivava em sistema hidropônico NFT sob diferentes concentrações de K na solução nutritiva obtida a partir de dados de Paulus et al. (2004), Garlet et al. (2007) relataram um rendimento de MFF de 204,8 g por planta colhidas aos 42 DAT, para o tratamento controle.

No Experimento I no sistema NFT, a massa de matéria seca da folha (MSF), também não sofreu efeito significativo da salinidade. Enquanto no sistema Floating (Experimento II) foram observadas reduções proporcionadas pelo efeito da salinidade, de 65,98% ao nível de CEa de $9,43 \text{ dS m}^{-1}$ em relação a testemunha (Figura 13D.). O maior valor médio de MSF foi de 28,57 g por planta (testemunha) e menor de 9,15 g por planta (CEa de $9,43 \text{ dS m}^{-1}$). O decréscimo com o aumento da salinidade da água foi de 7,39% por acréscimo unitário de CEa (dS m^{-1}). Provavelmente esse efeito significativo da salinidade sobre a MFF e MSF no Experimento II, pode estar relacionado ao fato da reposição da solução ter sido apenas uma vez por dia, pois assim há um rebaixamento do volume entre

uma reposição e outra. Com isso, haverá um menor volume de diluição e conseqüentemente maior concentração de sais, condição diferente daquela do Experimento I (com reposição instantânea). Infere-se que a salinidade pode ter interagido com algum fato não controlado, pois o coeficiente de variação da MFF e MSF foi de 18,05 e 24,03%, respectivamente, indicando possível efeito de fatores não controlados.

No sistema NFT (Experimento I) as plantas da hortelã atingiram comprimento entre 0,75 e 1,5 m, aproximadamente. Observou-se redução linear em função do aumento da salinidade da água, da ordem de 3,35% por acréscimo unitário de salinidade (em dS m^{-1}), com coeficiente de variação em torno de 8,70% (Figura 12E.). Para o sistema Floating (Experimento II), o maior comprimento da planta foi atingida com a testemunha ($0,47 \text{ dS m}^{-1}$), qual seja 1,19 m. O menor comprimento foi obtido com o tratamento de maior nível de salinidade ($9,43 \text{ dS m}^{-1}$): de 0,44 m. Para cada aumento unitário de CEa (dS m^{-1}) ocorreu redução do comprimento da planta de 5,98% (Figura 13E.). Estes resultados evidenciaram que o aumento da salinidade causou decréscimo do comprimento das plantas. Resultados semelhantes foram observados por Khorasaninejad et al. (2010) estudando o efeito da salinidade nos parâmetros de crescimento da hortelã (*Mentha piperita* L.); esses autores obtiveram comprimento da planta de 0,42 m para o nível mais elevado de salinidade da água 100 mmol L^{-1} ou ($9,98 \text{ dS m}^{-1}$), com redução de 47,5% em relação ao controle. Khorsandi et al. (2010) estudaram o efeito da salinidade (NaCl) no crescimento e produtividade de agastache (*Agastache foeniculum*) em casa de vegetação, expressaram que o aumento do nível de salinidade ocasionou uma diminuição significativa no comprimento da planta.

Moreira et al. (2010), trabalhando com hortelã miúda (*Mentha x villosa* H.) em cultivo a campo, obtiveram comprimento médio das plantas de 0,192 m aos 92 dias de cultivo. Ozturk et al. (2004), estudando o efeito do estresse salino sobre o cultivo de erva cidreira (*Melissa officinalis* L.) em solo, observaram que a altura foi de 0,398 m para o nível de salinidade (4 dS m^{-1}), enquanto para o tratamento controle foi 0,587 m. Valmorbidia (2003) investigando o desenvolvimento e produção de *Mentha piperita* L. em casa de vegetação obteve maior comprimento de plantas (1,372 m) aos 105 dias após o transplântio.



**significativo a 1% de probabilidade; cv = coeficiente de variação; R^2 = coeficiente de determinação; a/b = redução ou incremento linear na variável y em função de cada aumento unitário na salinidade da água.

Figura 14. Massa de matéria fresca do caule (MFC) (F.), massa de matéria seca do caule (MSC) (G.), da raiz (MSR) (H.) e massa de matéria seca total (I.) da hortelã, em função da salinidade da água produzida com NaCl no Experimento II (Floating).

O estabelecimento dos níveis mais elevados de condutividade elétrica da água tendeu a uma redução linear da massa fresca do caule (MFC) no Experimento I (Figura 12C.). A redução foi maior à medida que se aumentou o nível de salinidade nas águas: para cada aumento unitário da salinidade da água em (dS m⁻¹) a redução relativa foi de 4,85%. Esse decréscimo também foi observado no Experimento II com sistema Floating, a MFC decresceu linearmente com o aumento dos níveis de salinidade da água (Figura 14F.). Com decréscimo da ordem de 8,27% para cada acréscimo unitário da CEa (em dS m⁻¹). O coeficiente de variação apresentou uma variação de 35,16% e 16,48% para ambos os sistemas NFT e Floating, respectivamente. Bharti et al. (2014)

observaram que o aumento dos níveis de sais levou a uma diminuição do crescimento, em peso fresco do caule e da folha, com uma redução de 20% em comparação com as plantas não submetidas a qualquer estresse salino, por volta dos 120 dias após o transplântio.

Analisando a massa de matéria seca do caule (MSC) no Experimento I (NFT), não houve efeito significativo da salinidade. Para o sistema Floating, a MSC decresceu linearmente na ordem de 8,98% com o aumento do nível de salinidade da água em (dS m^{-1}), (Figura 14G.). Esse resultado pode ser explicado, pelo fato da reposição do volume consumido, ter sido feita apenas uma vez por dia, com isso, tem-se maior concentração de sais e conseqüentemente maior estresse hídrico.

A massa seca de raízes (MSR) da hortelã no sistema NFT (Experimento I) apresentou uma redução linear de 1,76% por cada aumento unitário da salinidade da água (em dS m^{-1}) (Figura 12D.). Já no sistema Floating (Experimento II), a massa seca de raízes decresceu linearmente na ordem de 7,59% por cada aumento unitário na CEa em (dS m^{-1}) (Figura 14H.). A redução da massa seca de raízes foi na ordem de 19,87 e 68,22% para o nível mais elevado CEa de ($9,43 \text{ dS m}^{-1}$) nos sistemas NFT e Floating, respectivamente. Provavelmente esse maior decréscimo de MSR para o sistema Floating está relacionado às condições do estudo e a oscilação do pH, por causa da variação do volume entre uma reposição e outra, e pelo fato das raízes ficarem constantemente submersas na solução. Khorasaninejad et al. (2010) estudaram o estresse salino sobre o crescimento da (*Mentha x piperita* L.) e relataram que a salinidade reduziu a massa de matéria seca da raiz na ordem de 59,91% para o nível de salinidade da água de 100 mmol L^{-1} ou ($9,98 \text{ dS m}^{-1}$). Conforme os resultados de Tabatabaie & Nazari (2007) avaliaram a influência de nutrientes e a concentração de NaCl sobre o crescimento da hortelã e concluíram que o valor ideal da CE na zona da raiz, para que não haja redução no rendimento de biomassa é de 1,4 e 2,8, dS m^{-1} .

A massa seca de raiz no tratamento controle representou 15,84 e 19,14% da massa seca total da planta nos sistemas NFT e Floating, respectivamente. Esses resultados ficaram próximo aos de Maia (1998), avaliando plantas de *Mentha arvensis* cultivadas em solução nutritiva, concluiu que as raízes representavam 11,28% de massa seca total da planta. Haber et al. (2005) observaram que o

peso seco de raízes da hortelã (*Mentha piperita*) não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos estudados com diferentes concentrações de solução nutritiva proposta por (FURLANI et al., 1999).

No presente estudo a redução relativa da massa de matéria seca total (MST) da planta no Experimento I com NFT, foi 2,34% por aumento unitário da salinidade da água (dS m^{-1}) (Figura 12F.). Essa redução linear de MST provavelmente está mais relacionada com efeito sobre a parte aérea, com decréscimo de 2,46% da MSPA, do que sobre o sistema radicular, com decréscimo de 1,76% da MSR por acréscimo unitário da salinidade em (dS m^{-1}) (Figura 12D.). Para o sistema Floating a redução da MST foi da ordem de 8,3% por aumento unitário da salinidade (dS m^{-1}) (Figura 14I.), sendo também mais relacionada com o efeito negativo dos sais sobre a parte aérea (8,47%) do que sobre o sistema radicular (7,59%) (Figura 14H.). Deste modo, a massa seca total da hortelã, ao final do ciclo de cultivo apresentou decréscimo linear com o aumento da salinidade, tanto nos sistemas NFT e Floating. Possivelmente, essa redução da massa de matéria seca total, pode esta relacionada ao efeito osmótico da salinidade reduziu a disponibilidade de água para a planta, contribuindo com o estresse hídrico, com redução progressiva da área transpirante da folha (Richards, 1974).

Os resultados dos Experimentos I e II mostram que não houve efeito da salinidade sobre a relação raiz/parte aérea. Vale resaltar que alguns caules cresceram dentro dos perfis hidropônicos no sistema NFT e foram considerados como raízes pela dificuldade de separar os tecidos, o que pode ter influenciado na não significância da relação raiz/parte. De acordo com Soares (2007), a relação raiz/parte aérea é um parâmetro utilizado para caracterizar desequilíbrios entre os órgãos das plantas, os quais seriam decorrentes de fatores externos estressantes.

A produção relativa da massa de matéria fresca de cada tratamento em relação à testemunha diminuiu linearmente com o incremento dos níveis crescentes de salinidade (Figura 15A.). No sistema Floating a produção relativa da MFPA em relação ao tratamento testemunha ($0,47 \text{ dS m}^{-1}$) foi de 25,87% para o nível mais elevado de NaCl (Figura 15B.). Para a CEa de $2,52 \text{ dS m}^{-1}$ houve redução superior a 25% no Floating contra apenas 5% no NFT. Provavelmente, esse resultado pode estar relacionado à oscilação do pH durante o ciclo e ao fato

da reposição ter sido apenas uma vez por dia, assim, contribuindo com o efeito da salinidade. Apesar da redução da produção relativa, não se detectou presença de sintomas de toxidez na parte aérea das plantas submetidas aos tratamentos com águas salobras, que prejudicassem a sua comercialização, o que é um fato bastante positivo para produtores que dispõem dessa qualidade de água em ambos os sistemas NFT e Floating.

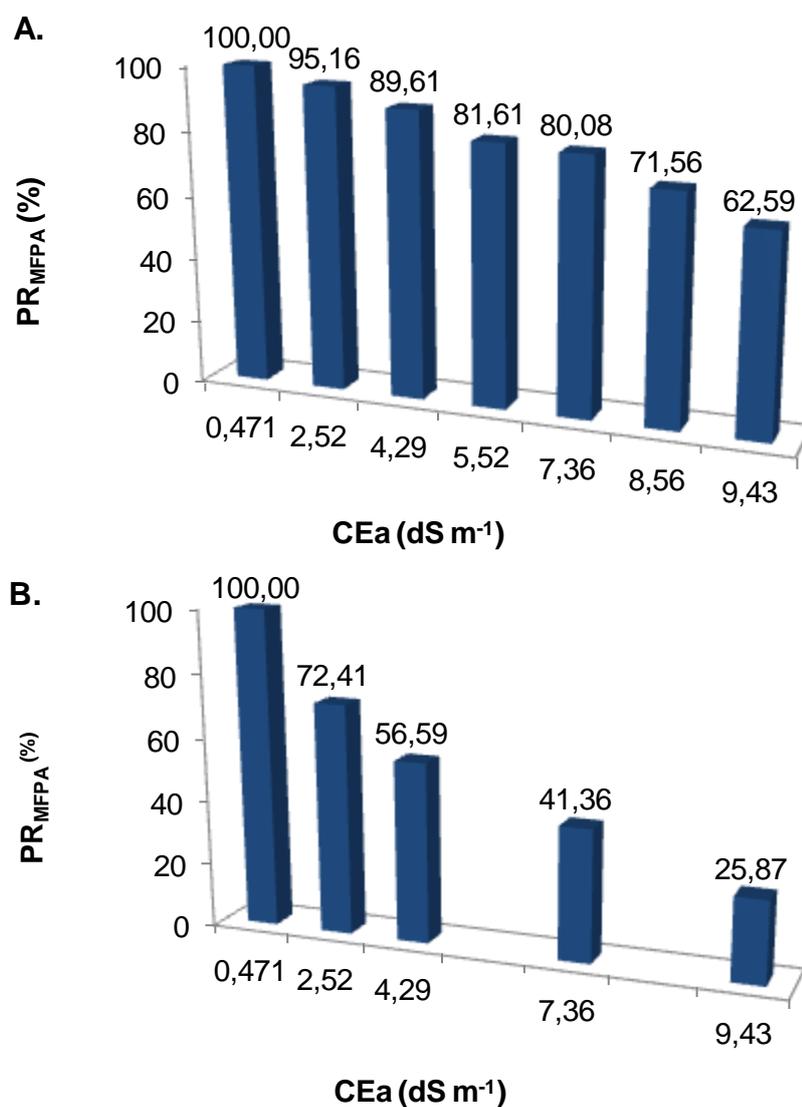


Figura 15. Produção relativa da massa de matéria fresca da parte aérea da hortelã (PR_{MFPA}) nos Experimentos I, NFT (A) e II, Floating (B) em função da condutividade elétrica das águas (CEa) produzidas com NaCl.

A avaliação junta dos dados nos dois experimentos mostrou que as variáveis responderam linearmente tanto no sistema NFT e no sistema Floating, exceto a produção relativa no sistema Floating teve comportamento quadrático negativo,

ao efeito da salinidade. Apenas as respostas das variáveis MFF, MSC, MSF, r/MSPA no sistema NFT não permitiram ajuste de modelo estatístico. Enquanto que no sistema Floating, apenas para a variável relação raiz/parte aérea não houve efeito significativo. Portanto, o contraste entre (salinidade versus variáveis) não houve diferença significativa para MFF no sistema NFT, pode ser um ponto positivo, já que a folha da hortelã é a parte utilizada, tanto para comercialização *in natura* como nas indústrias (LEY et al., 2014).

CONCLUSÕES

O uso de águas salinizadas com NaCl influenciaram significativamente as variáveis de crescimento e produção, tanto no sistema NFT e no Floating aos 50 dias após o transplante.

A redução relativa da massa de matéria fresca da parte aérea da hortelã nos sistemas NFT e Floating foram de 3,76% e 8,03% para cada acréscimo unitário na salinidade da água em (dS m^{-1}).

O decréscimo da massa de matéria fresca da parte aérea nos sistemas NFT e Floating, para o nível mais elevado de salinidade da água ($9,43 \text{ dS m}^{-1}$), foram de 37,41% e 74,13%, ambos os sistemas.

Em termos de produção relativa da hortelã em função da salinidade da água, o sistema NFT apresentou menor redução que o Floating.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, O. A. **Informações meteorológicas do CNP**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA - CNPMF. 1999. 35p. (EMBRAPA - CNPMF. Documentos, 34).

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

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

AZIZ, E. E.; AL -AMIER, H.; CRAKER, L. E. Influence of salt stress on growth and essential oil production in peppermint, pennyroyal, and apple mint. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, v.14, p.77-87, 2008.

AZIZ, E. E.; AL-AMIER, H.; EL-DANASOURY, M. M.; CRAKER, L. Response of Peppermint to Salt Stress. **Acta Horticulturae**, v.854, p.75-80, 2010.

BHARTI, N.; BAGHEL, S.; BARNAWAL, D.; YADAV, A.; KALRA, A. The greater effectiveness of *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices* in improving productivity, oil content and tolerance of salt-stressed menthol mint (*Mentha arvensis*). **Journal Science Food Agriculture**, v.93, p.2154–2161, 2013.

BHARTI, N.; BARNAWAL, D.; AWASTHI, A.; YADAV, A.; KALRA, A. Plant growth promoting rhizobacteria alleviate salinity induced negative effects on growth, oil content and physiological status in *Mentha arvensis*. **Acta Physiol Plant**, v.36, p.45–60, 2014.

BIONE, M. A. A. **Produção hidropônica de manjeriço com solução nutritiva convencional em águas salobras e solução nutritiva orgânica**. 2013. 145 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2013.

BRITTEN, E. J.; BASFORD, K. E. The effect of temperature on growth, oil yield and oil quality of Japanese mint. **Annals of Botany**, v.58, n.5. p.729-736, 1986.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.57-61, 2005.

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

COSTA, P. C.; DIDONE, E. B.; SESSO, T. M.; CAÑIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. **Scientia Agrícola**, v.58, n.3, p.595-597, 2001.

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

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

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

GARLET, T. M. B. PAULUS, D. FLORES, R. Production and chemical composition of *Mentha x piperita* var. *citrata* (Ehrh.) Briq. essential oil regarding to different potassium concentrations in the hydroponic solution. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n.3, p.200-206, 2013.

GARLET, T. M. B.; SANTOS, O. S.; MEDEIROS, S. L. P.; GARCIA, D. C.; MANFRON, P. A.; APEL, M. A. Produção de folhas, teor e qualidade do óleo essencial de hortelã-japonesa (*Mentha arvensis* L. forma *piperascens* Holmes) cultivada em hidroponia. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.9, n.4, p.72-79, 2007.

HABER, L. L.; LUZ, J. M. Q.; DÓRO, L. F. A.; SANTOS, J. E. Diferentes concentrações de solução nutritiva para o cultivo de *Mentha Piperita* e *Melissa Officinalis*. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.1006-1009, 2005.

KASHYAP, S.; SHARMA, S. Role of bioinoculants and auxin in development of salt tolerant *Mentha arvensis*. **Horticultural Science**, v.32, n.1, p.31-41, 2005.

KHORASANINEJAD, S.; MOUSAVI, A.; SOLTANLOO, H.; HEMMATI, K.; KHALIGHI, A. The effect of salinity stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of peppermint (*Mentha piperita* L.). **World Applied Sciences Journal**, v.11, n.11, p.1403-1407, 2010.

KHORSANDI, O.; HASSANI A.; SEFIDKON F.; SHIRZAD H.; KHORSANDI, A. Efeito da salinidade (NaCl) no crescimento, produtividade, teor de óleo essencial e composição dos *agastache Foeniculum kuntz*. **Revista Iraniana de Plantas Mediciniais e Aromáticas**, v. 26, n. 3, p. 438-451, 2010.

LACERDA, C. F. D.; NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, F. L. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI. H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão de corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia. Agrícola**, v.29, n.2, p.221-230, 2009.

LEY, T. W., STEVENS, R. G., LEIB, B. **Mint Irrigation Management**. Washington State University, Pullman, Washington, 3p. 2001. Disponível em: <<http://irrigation.wsu.edu/Content/Fact-Sheets/em4827.pdf>>. Acessado em: 15 janeiro 2014.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.2, n.2, p.79-86, 2007.

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

MAIA N. B; CARMELLO Q. A. C; MARQUES M. O. M. Sistema automático de fornecimento de solução nutritiva para cultivo hidropônico de plantas em vasos. **Revista Scintia Agrícola**, v.56, n.1, p.103-110, 1999.

MAIA, N. B. **Produção e qualidade de óleo essencial de duas espécies de menta cultivadas em solução nutritiva**. 1998. 105 p. Tese (Doutorado) - Escola

Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual prático de hidroponia**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 271p.

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

MOREIRA, A. L. M.; PEREIRA, R. C. A.; CASTRO, J. C. M.; BESERRA, F. C. Cultivo de *Mentha x villosa* H. na região litorânea do Ceará. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.2, p.3569-3572, 2010.

OCAMPOS, R. K.; LAURA, V.; A.; CHAVES, F. C. M. Efeito de diferentes formas de adubação em hortelã rasteira: biomassa e teor de óleo essencial. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, Suplemento, 2002.

OZTURK, A.; UNLUKARA, A.; IPEK, A.; GURBUZ, B. Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*melissa officinalis* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v.36, n.4, p.787-792, 2004.

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.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; MANFRON P. A.; PAULUS, E.; FABBRIN, E. Teor e qualidade do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) produzida sob cultivo hidropônico e em solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.9, n.2, p.80-87, 2007.

PAULUS, D.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; MANFRON, P. A.; DOURADO, D. N.; BORCIONI, E.; FABBRIN, E. Rendimento de biomassa e óleo essencial de menta japonesa (*Mentha arvensis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7. n.1, p.34-42, 2004.

PAULUS, D.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; PAULUS, E. Solução nutritiva para produção de menta em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.1, p.061-067, 2008.

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

PAULUS; D.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; RIFFEL, C.; FABBRIN, E. G.; PAULUS, E. Substratos na produção hidropônica de mudas de hortelã. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p.48-50, 2005.

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

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

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

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

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, J. S. **Uso de águas salobras do Semiárido e do Recôncavo Baiano na produção de hortaliças folhosas em sistema hidropônico NFT**. 2012. 160 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.

SOARES, T. M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao Semi-árido**

brasileiro. 2007. 267 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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

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

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

SOUSA, A. E. C.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; NOBRE, R. G. Crescimento e consumo hídrico de pinhão manso sob estresse salino e doses de fósforo. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.310-318, 2011.

SOUZA, M. A. A.; ARAUJO, O. J. L.; FERREIRA, M. A.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Produção de biomassa e óleo essencial de hortelã em hidroponia em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.1, p.041-048, 2007.

TABATABAIE, S. J.; NAZARI, J. Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis, and essential oil content of peppermint and lemon verbena. **Pakistan Journal of Botany**, v.31, p.245-253, 2007.

TELICI, I.; KACAR, O.; BAYRAM, E.; ARABACI, O.; DEMIRTAS, I.; YILMAZ, G.; OZCAN, I.; SONMEZ, Ç.; GOKSU, E. The effect of ecological conditions on yield and quality traits of selected peppermint (*Mentha piperita* L.) clones. **Industrial Crops and Products**, v.34, p.1193-1197, 2011.

VALMORBIDA, J. **Níveis de potássio em solução nutritiva, desenvolvimento de plantas e a produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L.** 2003. 128p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista de São Paulo, Botucatu, 2003.

VALMORBIDA, J.; BOARO, C. S. F. Growth and development of *Mentha piperita* L. in nutrient Solution as affected by rates of potassium. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.50, n.3, p.379-384, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos nos experimentos permitiu mostrar que o cultivo hidropônico pode ser uma alternativa eficaz ao cultivo da hortelã convencional em solo, quando a água usada para a irrigação for salobra.

O cultivo da hortelã em sistema hidropônico NFT se mostrou bastante conveniente visando obter massa de matéria fresca. No Sistema Floating, o cultivo da hortelã com salinidade crescente apresentou uma redução mais explícita na produção.

Vale resaltar que o perfil hidropônico utilizado no experimento do sistema NFT ficou preenchido com as raízes ao final do ciclo; neste caso, é interessante optar por uma estrutura que suporte maior volume de raiz, já que, se o período de cultivo fosse um pouco mais demorado, provavelmente poderia ter limitado o sistema radicular e, conseqüentemente, a produção.

Estudos futuros devem ser realizados visando avaliar colheitas consecutivas da hortelã, contrastando os efeitos da salinidade ao longo do tempo sobre o rebrotamento.

O estudo demonstrou-se estratégico à produção da hortelã em sistemas hidropônicos com águas salobras, visto que, mesmo em níveis mais elevados de salinidade as plantas não apresentaram sintomas deletérios, provenientes do estresse salino, à comercialização da produção de massa de matéria fresca da parte aérea.