

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

**USO DE ÁGUA SALOBRA E FREQUÊNCIA DE RECIRCULAÇÃO
DE SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA PRODUÇÃO DE COENTRO
HIDROPÔNICO**

MAIRTON GOMES DA SILVA

**CRUZ DAS ALMAS, BAHIA
SETEMBRO-2014**

USO DE ÁGUA SALOBRA E FREQUÊNCIA DE RECIRCULAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA PRODUÇÃO DE COENTRO HIDROPÔNICO

MAIRTON GOMES DA SILVA

Tecnólogo em Irrigação e Drenagem

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, 2012

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Coorientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CRUZ DAS ALMAS, BAHIA, 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

S586u	<p>Silva, Mairton Gomes da. Uso de água salobra e frequência de recirculação de solução nutritiva para produção de coentro hidropônico / Mairton Gomes da Silva._ Cruz das Almas, BA, 2014. 185f.; il.</p> <p>Orientador: Tales Miler Soares. Coorientador: Hans Raj Gheyi.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Hidroponia. 2.Hortaliças. 3.Plantas – Nutrição. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 631.585</p>
-------	---

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

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MAIRTON GOMES DA SILVA**

Orientador - Prof. Dr. Tales Miler Soares
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Membro Externo - Dr. José Amilton Santos Júnior
Instituto Nacional do Semiárido - INSA

Membro Interno - Dr. Maurício Antônio Coelho Filho
Embrapa Mandioca e Fruticultura

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Engenharia
Agrícola em
Conferindo o Grau de Mestre em Engenharia Agrícola em

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em especial ao grande guerreiro e batalhador, meu Pai Antonio Sirilo da Silva (*in memoriam*) e uma grande mulher, minha Mãe Maria Sebastiana da Silva.

Meus irmãos Flaviano Gomes da Silva e Fabiano Sirilo da Silva; minha cunhada Alzilene Araújo e meu sobrinho Fernando Araújo.

À minha namorada Estela Garcia dos Santos, que esteve sempre presente durante todo esse período.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Meu Grande Deus por me amparar nos momentos difíceis e me dar forças para superar as dificuldades.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS) pela oportunidade de realizar mais essa etapa acadêmica.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de estudo. Pedido Nº 6624/2012: Termo de Outorga de Bolsa (T.O.B.) - Nº BOL2670/2012.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão do auxílio Dissertação. Edital FAPESB Nº 005/2014: Pedido Nº 1675/2014: Termo de Outorga - Nº APR0044/2014.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à infraestrutura hidropônica (Edital Universal 14/2011; Processo 484645/2011-0).

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

À empresa Saturno Fibras pelo apoio no fornecimento de materiais.

Ao Professor Dr. Tales Miler Soares pela orientação, contribuições e por todo o incentivo para concretização desse trabalho.

Ao Professor Dr. Hans Raj Gheyi pela coorientação.

A todos os colegas da Pós-Graduação e Graduação.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1
Capítulo 1	
PRODUÇÃO DE COENTRO CULTIVADO EM CANAIS HIDROPÔNICOS DE DIFERENTES DIÂMETROS E DENSIDADES DE SEMEADURA.....	45
Capítulo 2	
FREQUÊNCIAS DE RECIRCULAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE COENTRO COM ÁGUA DOCE E SALOBRA.....	99
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	185

Uso de água salobra e frequência de recirculação de solução nutritiva para produção de coentro hidropônico

Autor: Mairton Gomes da Silva

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Coorientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

RESUMO: O cultivo hidropônico é uma alternativa que vem destacando-se em todo território do Brasil, pela obtenção de produtos de alta qualidade, por viabilizar a produção o ano todo e assim garantir uma regularidade na oferta dos produtos com menor consumo de água, de insumos agrícolas e de mão de obra. Diante do exposto, com o presente trabalho objetivou-se avaliar a produção de coentro cultivado em canais hidropônicos de diferentes diâmetros e densidades de semeadura e a interação entre diferentes intervalos de recirculação da solução nutritiva e o uso de água doce e salobra. Foram conduzidos dois experimentos em blocos aleatorizados, com cinco repetições. No Experimento I, os tratamentos foram instalados em esquema fatorial 2x5, totalizando 50 parcelas, sendo estudados os diâmetros de 50 e 75 mm dos perfis hidropônicos e cinco densidades de semeadura (12; 24; 36; 48 e 60 sementes por recipiente). No Experimento II, instalou-se os tratamentos em esquema fatorial 2x4, totalizando 40 parcelas, sendo estudados a utilização de dois tipos de água (não salobra e salobra) e quatro frequências de recirculação da solução nutritiva (em intervalos de 0,25; 2; 4 e 8 h). A frequência-controle (0,25 h) consistiu da seguinte programação: das 6:00 às 20:00 horas o sistema ficou ligado 15 min e 15 min desligado, das 20:00 às 6:00 horas a recirculação foi a cada 2 horas, com duração de 15 min; na segunda, na terceira e na quarta frequência a recirculação foi a cada 2, 4 e 8 horas, respectivamente, com duração de 15 min. Conclui-se a partir das informações do Experimento I que a melhor resposta das variáveis de crescimento e rendimento por planta de coentro foi com a densidade de 12 sementes nos canais de cultivo de diâmetro de 75 mm. No Experimento II, a melhor resposta em crescimento e rendimento do coentro foi com o uso de água não salobra e o aumento no intervalo de tempo para 8 horas mostrou-se adequado para recirculação da solução nutritiva.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L., cultivo sem solo, frequências de recirculação, salinidade.

Use of brackish water and frequency of recirculation of the nutrient solution for production of hydroponic coriander

Author: Mairton Gomes da Silva

Adviser: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Co-Adviser: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

ABSTRACT: The hydroponic cultivation is an alternative that has stood out in all the territory of Brazil, providing high quality products, and for enabling farmer to produce throughout the year and thus guarantee a regular supply of products with less water, and low inputs - agricultural fertilizer and manpower. In this context, the present work aimed to evaluate the production of coriander in hydroponic profiles with different diameters and seeding densities and interaction between different intervals of recirculation of the nutrient solution and use of the fresh and brackish water. Two experiments were conducted in randomized blocks, with five replications. In Experiment I, the treatments were studied in 2x5 factorial design, totaling 50 plots: two hydroponic profiles of diameters 50 and 75 mm and five seeding density (12, 24, 36, 48 and 60 seeds per recipient). In Experiment II, the treatments were installed in a 2x4 factorial design, with 40 plots: studying the use of two types of water (fresh and brackish) and four frequencies of recirculation of nutrient solution (at intervals of 0.25, 2, 4 and 8 hours). The control frequency (0.25 h) was consisted of the following programming: 6:00 to 20:00 hours the system functioned 15 min at 15 min interval, from 20:00 to 6:00 hours the recirculation was proceeded every 2 hours, with a duration of 15 min; in the second, third and fourth frequency, the recirculation was performed every 2, 4 and 8 hours, respectively, with a duration of 15 min. It is concluded from the information in Experiment I that the best response in growth and yield per plant of coriander was with the density of 12 seeds in 75 mm diameter hydroponic profile. In Experiment II, the best response in growth and yield of coriander was obtained using fresh water; increasing the time interval every 8 hours is adequate for recirculation of the nutrient solution.

Keywords: *Coriandrum sativum* L., soilless, recirculation frequency, salinity.

INTRODUÇÃO

As hortaliças, especialmente o coentro, no semiárido brasileiro desempenha papel de grande importância social e econômica, proporcionando geração de emprego, renda e aumento na qualidade da alimentação para a população que convive nessa região.

Devido às condições climáticas do semiárido, como: a irregularidade e as baixas taxas de precipitação pluvial, aliadas às elevadas taxas de evapotranspiração (ANDRADE et al., 2009; SANTOS, 2009; ALVES, 2011), é imprescindível o uso de irrigação nessas áreas para exploração do coentro.

Apesar dos benefícios da irrigação, é preciso considerar que a água contém sais solúveis e seu uso indevido, na ausência de lixiviação, tem provocado a salinização de solos, reduzindo o crescimento/desenvolvimento das plantas, por baixar o potencial osmótico da solução do solo, causando o estresse hídrico e também, por ocasionar problemas de toxicidade e de desordem nutricional (PAULUS, 2008). O problema da salinização pode ocorrer com o uso de água doce em condições de má drenagem do solo e manejo inadequado da irrigação; com o emprego de águas salobras, o processo da salinização se torna catalisado e suas consequências potencializadas (ALVES et al., 2011).

Diversas pesquisas tratam da possibilidade de utilização de águas salobras na agricultura. Quase sempre, entretanto, simulam o uso dessas águas nas mesmas condições de cultivo empregadas pelos agricultores. Novas alternativas de cultivo para o aproveitamento dessas águas são pouco estudadas. Dessa forma, aos agricultores geralmente estão disponíveis pesquisas que comprovam as substanciais reduções da produtividade e a insustentabilidade da atividade com o uso de águas salobras (SOARES, 2007).

Diante do exposto, a geração de tecnologias e pesquisas que permitam o uso de águas salobras na produção de alimentos torna-se importante para o cenário agrícola. Nesse sentido, a técnica do cultivo hidropônico pode ser

condizente à produção em pequenas áreas, sendo compatível com a agricultura familiar, que é predominante nessa região (SOARES, 2007; PAULUS et al., 2012a).

No Brasil, o cultivo comercial de hortaliças usando técnicas de hidroponia vem se expandindo rapidamente nas proximidades dos grandes centros urbanos, onde as terras agricultáveis são escassas e caras e há grande demanda por produtos hortícolas, predominando o sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) (MARTINEZ & SILVA FILHO, 2006; FURLANI et al., 2009).

A hidroponia NFT caracteriza-se pelo elevado consumo energético, ou seja, em regiões que são constantes as interrupções no fornecimento de energia elétrica pode comprometer a produção hidropônica em poucas horas. Logo, o sistema hidropônico proposto no presente trabalho pode ser considerado uma combinação entre os sistemas NFT e DFT (técnica do fluxo profundo), em que a disposição dos perfis hidropônicos é em nível, ou seja, mesmo após um evento de irrigação, permanece uma lâmina de solução nutritiva em contato com as raízes das plantas, com isso o sistema tem certa autonomia até o próximo evento de irrigação. O que possibilita uma alternativa econômica em virtude de menor gasto com energia elétrica.

Hipóteses

O incremento na densidade de semeadura por unidade de cultivo promoverá maior produção de coentro em condições hidropônicas, sem que haja competição entre as plantas.

Os perfis hidropônicos de 50 e 75 mm de diâmetro promoveram a mesma resposta em produção do coentro em condições hidropônicas.

Há redução na produção do coentro em condições hidropônicas com a utilização de água salobra para reposição do volume evapotranspirado. Para tanto, essa redução pode ser compensada com o aumento do número de eventos de recirculação da solução nutritiva.

A resposta em produção do coentro em condições hidropônicas é a mesma em alta frequência e baixa frequência de recirculação da solução nutritiva.

Objetivos específicos

Avaliar o efeito de diferentes diâmetros dos perfis hidropônicos, bem como de quantidades crescentes de sementes sobre consumo hídrico, parâmetros físico-hídricos, aspectos de crescimento e de produção do coentro hidropônico.

Estudar os possíveis efeitos atenuantes do incremento da intensidade da recirculação da solução nutritiva tendo como referência o uso de água doce e salobra sobre parâmetros físico-hídricos, eficiência do uso da água, crescimento e produção do coentro hidropônico.

Verificar possíveis diferenças produtivas quanto à posição dos maços nos perfis hidropônicos, bem como calcular o custo energético da recirculação de solução nutritiva sobre o maço de plantas de coentro produzido.

Identificar melhor relação custo x benefício dentre os tratamentos mencionados e propor manejo da solução nutritiva mais eficiente do ponto de vista da eficiência do uso da água e nutrientes.

Águas salobras

Fontes e caracterização das águas

No semiárido do Nordeste brasileiro, as águas usadas na irrigação são provenientes de rios, açudes e poços tubulares, são consideradas de boa qualidade e não apresentam maiores problemas para irrigação sob condições adequadas de manejo (CORDEIRO, 2001). Embora exista uma boa disponibilidade de água doce, há uma má distribuição espacial, muitas vezes distante dos bons solos para irrigação (MEDEIROS et al., 2010).

A qualidade da água é avaliada pela determinação da concentração de cátions e de ânions, do pH, da condutividade elétrica (CE) e da relação de adsorção de sódio. A CE é o parâmetro mais empregado para expressar a concentração de sais solúveis na água e corresponde à medida da capacidade de uma água em conduzir eletricidade, sendo crescentes à medida que a concentração de sais aumenta (LACERDA et al., 2010).

O Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos propôs a classificação conforme a condutividade elétrica das águas, isto é, em função da concentração total de sais solúveis, sendo: água de baixa salinidade ($CE < 0,25 \text{ dS m}^{-1}$); água de salinidade média ($CE \text{ entre } 0,25 - 0,75 \text{ dS m}^{-1}$); água de salinidade alta (CE

entre 0,75 - 2,25 dS m⁻¹) e água de salinidade muito alta (CE > 2,25 dS m⁻¹) (ALMEIDA, 2010; HOLANDA, 2010).

Uso de águas de qualidade inferior na produção agrícola

A disponibilidade de água doce para uso na produção agrícola está em declínio em várias partes do mundo, devido às crescentes necessidades dos usos múltiplos de água pelas indústrias e municípios. Assim, a agricultura enfrenta desafios na utilização de água salina para a produção agrícola. Muitos estudos indicam que estes recursos hídricos tradicionalmente classificados como impróprios para irrigação, podem ser utilizados com sucesso para o cultivo sem prejuízos em longo prazo para as culturas (WAN et al., 2010). Estes estudos ainda visam identificar os potenciais e os limites dessas águas, tanto do ponto de vista técnico quanto do ponto de vista da gestão desses recursos, num amplo debate que abarca desde as questões ambientais e econômicas, até as de cunho social e político (SANTOS JÚNIOR, 2010).

A qualidade dessas águas é influenciada pelos efeitos naturais e antropogênicos incluindo clima, local, geologia e práticas de irrigação. Uma vez que constituintes indesejáveis são aplicados ao solo eles podem sofrer lenta dissolução por um longo período, o que torna difícil seu controle. Os efeitos da salinidade do solo e da água já estão amplamente discutidos na literatura especialmente em relação à sua influência na redução da produção (SILVA et al., 2014a).

No semiárido brasileiro existe grande disponibilidade de águas de concentrações salinas inviáveis para utilização direta na irrigação convencional da maioria dos cultivos. Isto porque além de proporcionar baixa resposta em condições salinas, a forma tradicional de cultivo potencializa o efeito da salinidade (SANTOS et al., 2010a). Assim, é necessário o uso racional da água para a agricultura, baseada no aproveitamento de fontes alternativas caracterizadas como de qualidade inferior, para produção de alimentos, de modo tal que comprometa menos o meio ambiente e garanta a produção continuada (DANTAS, 2012).

Efeito dos sais sobre as plantas

O excesso de sais na zona radicular tem em geral um efeito deletério no crescimento das plantas que se manifesta por uma equivalente redução na taxa de transpiração e crescimento. A excessiva salinidade reduz o desenvolvimento devido ao aumento de energia que precisa ser despendida para absorver água do solo e ao ajustamento bioquímico necessário para sobreviver sob estresse (HOLANDA et al., 2010).

A salinidade também interfere na nutrição mineral das culturas, devido à redução do potencial osmótico da solução do solo, diminuindo a disponibilidade de água para as plantas, além de proporcionar efeito tóxico de certos íons às plantas. Em ambientes salinos, o NaCl é o sal predominante e o que causa maiores danos às plantas devido à absorção excessiva dos íons Na^+ e Cl^- , e ao aumento da pressão osmótica que dificulta a absorção de água pelas plantas, levando ao fenômeno conhecido como “seca fisiológica”, diminuindo, conseqüentemente, a absorção dos nutrientes (JESUS, 2011). Um efeito imediato do estresse osmótico sobre o crescimento da planta é sua inibição da expansão celular, direta ou indiretamente, por meio de ácido abscísico (JOUYBAN, 2012), reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e, conseqüentemente redução no crescimento e desenvolvimento das plantas (AL-KARAKI et al., 2009).

A técnica da hidroponia

A hidroponia é um sistema de cultivo em que as plantas crescem fixadas em substrato ou colocadas em canais de cultivo por onde circula uma solução nutritiva que contém os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Esta deve manter suas características físico-químicas, necessitando assim de um controle adequado do pH e da condutividade elétrica, a fim de manter seu balanceamento e permitir que as plantas cresçam sob as melhores condições possíveis (LUZ, 2008).

Representa uma alternativa ao cultivo convencional, com vantagens para o consumidor, para o produtor e para o ambiente, com a obtenção de produtos de alta qualidade, com ciclo curto, maior produtividade, por viabilizar a produção durante o ano todo, facilita o manejo da cultura, menor gasto de água, de insumos agrícolas e de mão de obra, possibilita o controle parcial das condições

ambientais adversas, além de maior praticidade ao consumidor na limpeza do produto final (GOMES, 2009; BLAT et al., 2011; PAULUS et al., 2012a; SILVA et al., 2014b). Sendo que a possibilidade de controle é uma das principais vantagens conferidas a hidroponia, dada à rapidez e a facilidade com que isso pode ser feito (COSTA et al., 2001).

A escolha do sistema hidropônico a ser empregado depende, entre outros fatores, do porte da espécie a ser cultivada e, principalmente, da disponibilidade e custo dos materiais com potencial de uso como substratos. Os sistemas hidropônicos de produção de plantas atualmente em uso passaram por diversas modificações desde as primeiras experiências realizadas há décadas, para se adaptar às condições ambientais e socioeconômicas das distintas regiões de produção (ANDRIOLO et al., 2004). Qualquer espécie vegetal pode ser cultivada em sistema hidropônico, desde que sejam adaptadas estruturas adequadas para o seu cultivo (LUZ et al., 2010).

Hidroponia e uso de águas salobras

Nos últimos anos pesquisas têm sido conduzidas na busca de técnicas para uso mais eficiente da água e também para aproveitamento racional de águas consideradas de qualidade inferior. Visando especificamente uma alternativa para comunidades isoladas do Semiárido, onde a escassez de água de boa qualidade se torna um problema ainda mais dramático, algumas pesquisas recentes têm sugerido a técnica da hidroponia (ALVES et al., 2011).

A técnica da hidroponia, que consiste na produção sem a presença do solo possibilita o uso dessas águas. Os resultados são promissores sobre a qualidade dos produtos cultivados neste sistema, que não apresentaram os sintomas da absorção excessiva de sais. A economia de água promovida pelos sistemas hidropônicos também indica a técnica como uma das alternativas adequadas para a produção agrícola.

Como alternativa produtiva, para a utilização dessas águas salobras, e possuindo características condizentes com a realidade das regiões do Semiárido, o sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) apresenta-se como uma técnica que possui entre suas vantagens a economia na utilização de água, melhor aproveitamento da área e elevadas produtividades. O NFT é um

sistema de circulação fechado, que consiste na passagem de uma lâmina intermitente de solução nutritiva por um leito contendo as plantas ao longo do ciclo. Portanto, não se tem o contato direto com o ambiente, diminuindo, desta forma, os efeitos negativos da utilização de águas salobras (SANTOS, 2009; SANTOS et al., 2011).

Segundo Soares (2007), no cultivo hidropônico a tolerância das plantas à salinidade é maior do que no solo, considerando a maior disponibilidade da água para as plantas. Além disso, o impacto ambiental pode ser menor, já que a hidroponia do tipo sistema circulante fechado funciona como um sistema combinado de irrigação e drenagem. Outra vantagem no cultivo hidropônico é que o potencial mátrico é nulo, devido ao estado de saturação ao qual a planta é submetida, o que se constitui numa vantagem quando se utilizam águas salinas; deve representar uma absorção maior de água e nutrientes pelas plantas, com menor gasto energético, para uma mesma quantidade de sais em relação ao cultivo em solo (SILVA et al., 2013).

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

Nos últimos anos, tem-se conduzido várias pesquisas objetivando-se avaliar o potencial do aproveitamento de águas salobras no cultivo hidropônico. Muitas dessas pesquisas realizadas buscam simular a salinização das águas com a adição de NaCl (SOARES et al., 2007; GOMES, 2009; SILVA, 2009; SOARES et al., 2009; PAULUS et al., 2010; SOARES et al., 2010; ALVES et al., 2011; OLIVEIRA, 2011; OLIVEIRA et al., 2011; RUBIO et al., 2011; SANTOS JÚNIOR et al., 2011; MACIEL et al., 2012; PAULUS et al., 2012a,b; SILVA et al., 2013). Também se têm utilizadas águas naturais salobras (SANTOS et al., 2010b; SANTOS et al., 2011; SILVA et al., 2011a; DANTAS, 2012).

As vantagens nos cultivos hidropônicos derivam do fato de não faltar água e nutrientes ao longo do crescimento da planta. Nestes sistemas as plantas têm um crescimento contínuo, o que encurta o ciclo de produção em média pela metade

em relação ao plantio convencional (solo), havendo a possibilidade de um maior número de ciclos por ano, aumentando a produtividade anual da cultura.

Estrutura hidropônica

Os cultivos hidropônicos podem ser realizados em soluções nutritivas aeradas, sem qualquer tipo de substrato ou usando-se substratos quimicamente pouco ativos, como areia, cascalho e argila expandida para dar sustentação adequada às plantas (MARTINEZ & SILVA FILHO, 2006).

Os sistemas hidropônicos podem ser divididos em dois grupos básicos, que são os sistemas passivos e os sistemas ativos. Nos sistemas passivos, a solução nutritiva permanece estática, e é conduzida às raízes das plantas, geralmente, por capilaridade. Considerando os sistemas passivos e ativos, há um total de seis sistemas básicos: sistema de pavio, sistema DFT (técnica do fluxo profundo) ou flutuante, sistema de subirrigação, sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), sistema de gotejamento e aeropônico. Entretanto, com viabilidade comercial, apenas os sistemas NFT e o DFT são usados no Brasil para produção de hortaliças (FAQUIN & FURLANI, 1999; MARTINS, 2000; RODRIGUES, 2002; SILVA & MELO, 2003; JAIGOBIND et al., 2007; LUZ, 2008).

O sistema hidropônico do tipo NFT tem alcançado destaque na produção de hortaliças, sendo o preferido dentre os vários sistemas disponíveis pelas vantagens de praticidade e eficácia na produção (COMETTI, 2003; ANDRIOLO et al., 2004). O conjunto hidropônico é constituído basicamente por eletrobomba, reservatório para solução nutritiva, temporizador e canais de circulação da solução e também sistema paralelo e conjunto, para fazer-se a aeração ou oxigenação da solução. As plantas são depositadas nos canais de cultivo por onde a solução nutritiva circula, geralmente por períodos de 15 min, alternados com intervalos de 15 min durante o período diurno e de duas horas no período noturno (MARTINS, 2000; LUZ, 2008).

Para utilização da técnica NFT são necessárias bancadas de cultivo, formadas por canais nos quais passa a solução nutritiva na forma de uma lâmina, onde são colocadas as plantas. Algumas empresas têm colocado no mercado canais de cultivo em forma de tubos de polipropileno achatados com orifícios para a colocação das plantas (LUZ et al., 2008). Uma variação desse sistema é o

cultivo em tubos de PVC rígido, os quais são perfurados no espaçamento desejado (MARTINEZ & SILVA FILHO, 2006).

A hidroponia do tipo Floating, também é conhecida como DFT ou Piscina. Não existem canais de cultivo e sim uma mesa de cultivo em que permanece uma lâmina profunda (5 a 20 cm) de solução nutritiva, onde as raízes ficam submersas (FURLANI et al., 1999a). A solução é periodicamente renovada no tanque, sendo o abastecimento feito por bombeamento. Com a renovação, parte da solução sai dos tanques através de tubulações de nivelamento e retorna, por meio de tubos de drenagem, para o reservatório de abastecimento. O reabastecimento ocorre em intervalos de 30 minutos à uma hora, dependendo da temperatura local, podendo ser necessário fazer aeração suplementar nos tanques, através do uso de compressores, em áreas com temperaturas elevadas (GOMES et al., 2012).

Estudos têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar a resposta das culturas em hidroponia com e sem aeração. Tesi et al. (2003) submeteram a cultura da alface à diferentes níveis de salinidade em combinação com aeração e não aeração da solução nutritiva. De acordo com os resultados reportados pelos autores, quando a solução nutritiva não foi aerada, um forte efeito sobre o crescimento foi notado devido à salinidade. Marfá et al. (2005) cultivaram pimentão em substrato irrigado com dois níveis de salinidade da solução nutritiva (1,6 e 5,2 dS m⁻¹) e submetido à oxigenação e não oxigenação da solução e em outro experimento foi combinado frequências de irrigação e a oxigenação e não oxigenação da solução. Os resultados obtidos demonstraram no primeiro experimento que o melhor rendimento da cultura foi quando a solução foi oxigenada, independente da salinidade da solução. No segundo experimento, a alta frequência de irrigação melhorou as condições de oxigenação, bem como aumentou a taxa de produção. Esse mesmo procedimento de oxigenação da solução nutritiva foi realizado por Bonachela et al. (2010) no cultivo de tomate. De acordo com os resultados reportados, o peso fresco dos frutos total e comercial e a qualidade dos frutos do tomateiro foram semelhantes para a cultura enriquecida com oxigênio e não enriquecida com oxigênio. Resultados semelhantes também foram reportados por Mazuela (2010) no cultivo de melão em sacos com substrato.

O cultivo hidropônico em substratos tem crescido nos últimos anos no Brasil, sendo uma de suas vantagens justamente a menor dependência da energia elétrica. Uma variante desse cultivo é o sistema pavio, no qual a solução nutritiva é fornecida por capilaridade ao substrato e, por conseguinte, às plantas, sem consumo de energia elétrica.

Para esse tipo de sistema, atualmente existe somente um equipamento comercial disponível no mercado brasileiro, denominado calha autocompensadora, fabricado em polipropileno aditivado contra radiação ultravioleta e que funciona por gravidade, disponível em dois modelos: grande, para produção de hortaliças de frutos (0,25 m x 3,0 m, capacidade para 42 L de substrato e reservatório inferior com 15 L), e pequeno, para hortaliças folhosas (0,18 m x 4,0 m, capacidade para 26 L de substrato e reservatório inferior com 9 L) (FERRAREZI et al., 2012). Um pavio de manta sintética não tecida conduz água e/ou solução nutritiva de um reservatório inferior para o substrato localizado em um compartimento superior, umedecendo-o. É do substrato que a planta retira a água e os minerais de que necessita. Assim, à medida que a planta consome a solução nutritiva do substrato, o pavio, por diferença de potencial total de água, repõe a solução automaticamente. É a própria planta que regula o fluxo de água em função da evapotranspiração, não havendo necessidade de bombeamento, sendo a taxa de absorção de água proporcional à largura do pavio (KANG et al., 2009; KINOSHITA & MASUDA, 2011).

Solução nutritiva

Um dos princípios básicos para produção vegetal, tanto no solo como em sistemas de cultivo sem solo, é o fornecimento de todos os nutrientes de que a planta necessita. A qualidade química e microbiológica da água usada também constitui fator de grande importância, principalmente no cultivo hidropônico (MAGALHÃES et al., 2010).

A solução nutritiva deverá possuir todos os nutrientes para o desenvolvimento das plantas em quantidades suficientes e equilibradas, visto que o excesso de um determinado nutriente além de causar danos diretos à planta poderá inibir a absorção de outros, causando desta forma distúrbios fisiológicos e prejudicando as características comerciais da planta (RESH, 1996; MARTINEZ,

2002). Uma solução nutritiva pode ser definida como um sistema homogêneo onde os nutrientes necessários à planta estão dispersos, geralmente na forma iônica e em proporções adequadas (COMETTI, 2003).

Não existe uma solução nutritiva ideal para todas as culturas, uma vez que é muito difícil a formulação de uma solução que garanta um desenvolvimento máximo e que todos os nutrientes sejam fornecidos exatamente na proporção em que são absorvidos. Sendo assim, a composição da solução nutritiva não depende só dos nutrientes ou das culturas, mas também de outros fatores ligados ao cultivo, incluindo o tipo ou o sistema hidropônico, os fatores ambientais, a época do ano (duração do período da luz), estágio fenológico, a espécie vegetal e a cultivar em produção. A composição química ou a formulação ideal da solução nutritiva é aquela que atende às exigências das plantas (FURLANI et al., 1999b).

A concentração da solução nutritiva varia com o desenvolvimento da planta. A amplitude de variação depende da relação entre o crescimento e o volume da solução utilizado. Essas variações causam diferenças quantitativas e qualitativas dos elementos disponíveis para absorção. Para uma solução ser adequada, os nutrientes devem estar presentes na mesma proporção na qual são absorvidos pela cultura, principalmente em sistema circulante (BRACCINI et al., 1999).

A oxigenação da solução nutritiva é importante para a respiração das raízes. Quando a solução nutritiva apresenta baixos níveis de oxigênio ocorre à morte dos meristemas radiculares, pequena ramificação das raízes e baixa absorção de água e nutrientes (LUZ, 2008).

Dentre as muitas propriedades apresentadas por uma solução nutritiva, cita-se a condutividade elétrica. Existe muita controvérsia com relação ao melhor valor de condutividade elétrica a ser adotado para o cultivo hidropônico de hortaliças. Acredita-se também que esses valores devem variar de acordo com a cultivar adotada, bem como com as condições climáticas. Os valores de condutividade elétrica são proporcionais à concentração dos vários íons em solução, e da mesma forma ao potencial osmótico da mesma (COSTA et al., 2001).

Muitas pesquisas têm sido conduzidas com o propósito de avaliar tolerância de várias espécies vegetais à salinidade da solução nutritiva no cultivo hidropônico (BOSCO et al., 2009; GONDIM et al., 2010; MAGALHÃES et al.,

2010; SANTOS et al., 2010a; DIAS et al., 2011; CHILOANE, 2012; BEZERRA et al., 2013; BORGHESI et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2013; SÁ et al., 2013).

No cultivo hidropônico de morango com o uso de areia como substrato, Andriolo et al. (2009) relatam decréscimos na produtividade de frutos com o incremento da concentração da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol). Ainda segundo os mesmos autores, o menor valor de CEsol ($0,9 \text{ dS m}^{-1}$) utilizado no trabalho pode ser empregado para maximizar a produtividade de frutos. No estudo conduzido por Dias et al. (2011) com águas salobras da dessalinização no cultivo de alface hidropônica em fibra de coco, os autores reportam que as águas podem ser utilizadas no preparo de solução nutritiva, com perdas de rendimento comercial abaixo de 8% por unidade de CEsol.

Al-Karaki et al. (2009) estudaram a resposta à salinidade da solução nutritiva de cultivares de pimentão no cultivo sem solo. As plantas foram cultivadas em calhas de concreto cheias de zeólita com solução nutritiva correspondente aos níveis de condutividade elétrica de 1,8; 4,0 e $8,0 \text{ dS m}^{-1}$. Os autores reportam que o pimentão se mostrou sensível ao aumento da salinidade da solução nutritiva para a produção de frutos total e comercial.

Pesquisas também têm sido conduzidas com o objetivo de avaliar as diferentes concentrações da solução nutritiva na hidroponia. Nos estudos conduzidos em hidroponia NFT com cultivo de agrião folha larga (PRECIOSO et al., 2004) e agrião da terra (LIMA et al., 2007; SANTOS et al., 2008), alfavaca (SANTOS et al., 2005), orégano (SUGUIMOTO et al., 2007; SANTOS et al., 2008), alface cerbiatta (COSTA et al., 2008) e mimosa e romana (LUZ et al., 2010), chicórias lisa e crespa e o almeirão (LUZ et al., 2009), e rúcula (GUERRA et al., 2004; LUZ et al., 2011), os autores recomendam o cultivo dessas culturas na solução nutritiva proposta por Furlani et al. (1999c) na concentração diluída a 50% da original. Já nos estudos também em hidroponia NFT com o cultivo de coentro (ANDRADE et al., 2004), salsa crespa (DIAS et al., 2004) e de couve-chinesa (LIMA et al., 2005), a concentração de 125% em relação à padrão (FURLANI et al., 1999c) mostrou-se mais adequada para estas culturas. No estudo de Luz et al. (2012) com o coentro em hidroponia NFT, os autores reportam os melhores rendimentos das plantas (produção de massa fresca, número de folhas e altura) sob cultivo com 100% da concentração da solução

proposta por Furlani et al. (1999c). No trabalho de Bezerra et al. (2013) também com o coentro cultivado em calhas de PVC com substrato, os autores reportam que o coentro pode ser cultivado com a concentração da solução nutritiva a 75% da original proposta por Furlani et al. (1999c).

A diminuição na concentração da solução nutritiva proporciona uma racionalização do uso de fertilizantes e diminuição dos custos de produção. Porém, essa redução ou não da concentração da solução nutritiva utilizada depende diretamente da solução com a qual se está trabalhando (COMMETI et al., 2008).

Na região semiárida o sistema de hidroponia é, muitas vezes, inviabilizado pela carência de comercialização de fertilizantes solúveis, mesmo nos grandes centros da região Nordeste, levando o produtor a importar esses insumos de outras regiões, o que aumenta significativamente seus custos (MONTEIRO FILHO et al., 2014). Em virtude disso, estudos têm proposto a utilização de fontes orgânicas para o preparo da solução nutritiva em substituição aos fertilizantes comerciais.

No cultivo da alface em sistema hidropônico Floating, Costa et al. (2006) avaliaram a utilização de biofertilizante na composição da solução nutritiva. De acordo com os mesmos autores, o biofertilizante apresentou baixa concentração de nutrientes, o que proporcionou um menor desenvolvimento das plantas de alface. Já nos estudos também com a cultura da alface em sistema hidropônico Floating, Ribeiro et al. (2007) utilizaram a solução nutritiva proposta por Furlani (1998) e as concentrações de biofertilizante de 10, 20, 40, 60 e 80% (diluído em água para atingir condutividade elétrica de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$), sendo o restante de cada percentual completado com a solução nutritiva. Os resultados mostraram que a substituição parcial da solução nutritiva em até 60% é compensatória, em termos de produção.

Dias et al. (2009) utilizaram biofertilizantes no cultivo hidropônico de alface. Os tratamentos foram cinco soluções nutritivas: apenas biofertilizante, biofertilizante + 25; 50 e 75% da solução e a solução mineral sem biofertilizante. Os resultados obtidos pelos autores mostram que o biofertilizante não constituiu uma boa alternativa para nutrição do cultivo hidropônico da alface,

recomendando-se biofertilizantes com composição mineral mais elevada, que atenda as exigências nutricionais da espécie cultivada.

No estudo conduzido por Santos et al. (2013), os autores cultivaram alface em sistema hidropônico NFT utilizando vinhaça diluída a 5, 10, 20, 40, 60, 80 e 100% na solução nutritiva. Monteiro Filho et al. (2014) também cultivaram alface em sistema hidropônico Floating em soluções nutritivas organominerais. Foram obtidos 100 L de solução a partir de 0,159 kg de sangue bovino; 17,466 kg de esterco bovino; 9,952 kg de soro de leite e 72,423 L de água. Os resultados demonstraram que na formulação das soluções não foi necessário acrescentar fertilizantes minerais fornecedores de micronutrientes, visto que os ingredientes orgânicos utilizados supriram as exigências da cultura. Independente da solução nutritiva utilizada, não foi constatada carência e/ou toxidez visual de nenhum nutriente.

Disponibilidade de solução nutritiva para as plantas

Considerando que a absorção de nutrientes pelas plantas é seletiva em função da espécie e cultivar, a reposição dos nutrientes durante o desenvolvimento das plantas, sem afetar o balanço entre as suas concentrações na solução nutritiva é o maior desafio dos produtores hidropônicos (FURLANI et al., 1999b).

À medida que as plantas absorvem os fertilizantes, há uma diminuição dos elementos disponíveis proporcionalmente ao volume do reservatório, ou seja, quanto maior o volume adotado, menor a variação nutricional no reservatório. Podem-se determinar estas variações, sempre considerando um número fixo de plantas no sistema e, à medida que se adotam quantidades maiores de plantas ou densidades maiores, há a necessidade de elevar o volume do reservatório, evitando-se, assim, que as concentrações nutricionais alterem-se demasiadamente (MORAES & FURLANI, 1999).

No cultivo de tomateiros, tem-se recomendado valores em torno de 5 a 8 L por planta são suficientes. Já para morangos, valores em torno de 1,5 a 2,0 L por planta têm-se mostrado eficazes no cultivo (MORAES & FURLANI, 1999). Para a alface a recomendação para produção comercial é de 1 a 2 L por planta (FURLANI et al., 1999c). Furlani et al. (1999a) recomendam disponibilidade de

solução nutritiva mínima de 0,1 a 0,25 L por planta para mudas, de 0,25 a 0,5 por planta, para plantas de pequeno porte (rúcula, almeirão), de 0,5 a 1,0 por planta para as de porte médio (alface, salsa, cebolinha, agrião, manjericão, morango, cravo, crisântemo), de 1,0 a 5,0 L por planta para as de maior porte (tomate, pepino, melão, pimentão, berinjela, couve, salsão, etc.).

Diferentes disponibilidades de solução nutritiva têm sido empregadas no cultivo hidropônico. No cultivo de abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) em sistema hidropônico fechado conduzido por Roupael et al. (2006), foi disponibilizado o volume de 12 L por planta. Bosco et al. (2009) disponibilizaram o volume de 8,0 L por planta de berinjela em sistema hidropônico flutuante. Soares et al. (2010) disponibilizaram o volume de 5,3 L por planta de alface no cultivo hidropônico em sistema NFT. No cultivo hidropônico da alface também no sistema NFT, Paulus et al. (2012b) disponibilizaram o volume de solução nutritiva de 3,0 L por planta. Ainda de acordo com os autores, em virtude da alta disponibilidade volumétrica de solução por planta não foi necessário reposições de nutrientes.

A condutividade elétrica varia de acordo com a formulação e, também, com os fertilizantes e sais usados para compô-la, em geral situa-se entre 2,0 a 4,0 dS m⁻¹. A condutividade inicial deve ser restaurada pela adição de nutrientes sempre que haja uma queda de 30 a 50% na concentração inicial. Se a condutividade observada corresponde a 50% da concentração inicial, adiciona-se metade da quantidade de fertilizantes utilizada inicialmente. Para folhosas deve ser feita correção quando a solução nutritiva está acima de 2,2 dS m⁻¹ ou abaixo de 1,0 dS m⁻¹. As correções da concentração da solução nutritiva devem ser feitas com acréscimo de água ao reservatório ou com a adição de solução de reposição. As soluções devem ser completamente renovadas pelo menos a cada dois meses (MARTINEZ & SILVA FILHO, 2006; GOMES et al., 2012).

Frequências de irrigação

Quando se usa a irrigação contínua durante o período mais quente do dia, deve-se tomar cuidado para que haja aeração adequada da solução nutritiva para evitar deficiência de oxigênio no sistema radicular. Normalmente, durante o período noturno o sistema pode permanecer desligado ou com duas a três irrigações de 10-15 minutos espaçadas de 4 a 5 horas (FURLANI et al., 1999a).

Um fator limitante no cultivo hidropônico tem sido o elevado consumo de energia elétrica empregada para a circulação da solução nutritiva em intervalos curtos de tempo, geralmente de 15 minutos, por meio de motobombas (NOGUEIRA FILHO & MARIANI, 2000; PILAU, 2002; ANDRIOLO et al., 2004; LUZ, 2008; LUZ et al., 2008), permitindo, assim, melhor oxigenação do sistema radicular das plantas (COMETTI, 2003).

Segundo Pilau et al. (2002), a frequência adequada entre as irrigações, além de possibilitar o crescimento das plantas, pode determinar um menor consumo de energia elétrica, promovendo então maior ganho econômico na produção. São frequentes os relatos na literatura sobre estudos com intervalos entre irrigações de 15 minutos ou mais, desenvolvidos principalmente no centro-sul do Brasil (ZANELLA et al., 2008).

No Brasil algumas pesquisas abordam sobre quais as melhores frequências de irrigação em cultivos hidropônicos. Pilau et al. (2002) adotaram duas frequências de irrigação no cultivo hidropônico de alface e Fagan (2005), Fagan et al. (2005) e Fagan et al. (2006a,b) no cultivo do meloeiro em sistema NFT. As frequências consistiram do período de 15 min de irrigação a intervalos de 15 min e período de irrigação de 15 min a intervalos de 30 min (das 6 às 19 horas). De acordo com Pilau et al. (2002), a restrição hídrica momentânea no intervalo de 30 minutos não prejudicou o crescimento das plantas ao final do período de cultivo, apresentando uma redução de 28,3% no consumo de energia elétrica, proporcionando maiores retornos aos produtores. Os resultados encontrados por Fagan (2005), Fagan et al. (2005) e Fagan et al. (2006a,b) também mostraram que, do ponto de vista do produtor, pode-se aumentar o intervalo entre irrigações sem que ocorra prejuízo à produção final de frutos, isso possibilita maior retorno econômico devido à diminuição do gasto com energia.

No cultivo hidropônico com alface em sistema NFT, Luz et al. (2008) adotaram os intervalos entre irrigações a cada irrigação de 15, 30 e 45 minutos (das 6h às 19h) e durante o período noturno (das 19 às 6 horas) houve irrigação de 15 minutos, a cada duas horas. Durante o período de cultivo, a temperatura média do ar foi de 24°C. Segundo os autores, o intervalo de 45 minutos apresentou-se mais vantajoso por proporcionar menor consumo de energia elétrica.

No estudo de Zanella et al. (2008) também com o cultivo de alface em sistema hidropônico NFT, os autores adotaram três frequências de irrigação, quais sejam de 5 min (15 min ligado e 5 min desligado), 15 min (15 min ligado e 15 min desligado) e 30 min (15 min ligado e 30 min desligado). Durante o período experimental, a temperatura média foi de 29,3°C. Segundo os resultados obtidos pelos autores, houve uma redução na produção da alface nos intervalos entre as irrigações de 15 e 30 min.

Em trabalho conduzido por Rosa & Sandri (2009) com o tomate cereja (*Lycopersicon esculentum*) cultivado em diferentes substratos em combinação com duas frequências de irrigação, sendo as irrigações realizadas duas vezes por dia (de 5 e 8 min). De acordo com os resultados reportados pelos autores, o tempo de aplicação da solução nutritiva de 8 minutos por duas vezes ao dia apresentou melhor crescimento inicial e produtividade total do tomateiro.

Na Itália tem-se comparado quais os melhores sistemas de irrigação (gotejamento e subirrigação) para o cultivo hidropônico em sistemas fechados, bem como a frequência de irrigação dos mesmos. No cultivo de abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) em vasos com substrato dispostos dentro de calhas, Roupael & Colla (2005) compararam as irrigações realizadas com os sistemas de gotejamento e subirrigação e Roupael et al. (2006), estudaram o efeito da interação entre os sistemas de irrigação (gotejamento e subirrigação) com dois níveis de salinidade da solução nutritiva (2,0 e 4,1 dS m⁻¹). As irrigações variaram de 3-7 eventos por dia, durante 20-30 min (subirrigação) e 5-12 eventos por dia, de 1-3 min (gotejamento). Segundo Roupael & Colla (2005), na temporada de primavera-verão a irrigação por gotejamento proporcionou produção total comercial de abobrinha 18% maior que o sistema de subirrigação. De acordo com Roupael et al. (2006), o peso seco das folhas, caules e biomassa total foi maior no sistema de irrigação por gotejamento em comparação com o sistema de subirrigação, com a salinidade da solução nutritiva de 2,0 dS m⁻¹.

Roupael et al. (2008) também estudaram dois sistemas de irrigação (gotejamento e subirrigação) no cultivo de gerânio (*Pelargonium x hortorum* 'Real Mintaka'); Roupael & Colla (2009) no cultivo de abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) e Cardarelli et al. (2010) no cultivo de petúnia (*Petunia x hybrida* Hort. Vilm.- Andr. 'Giove') em vasos com substrato dispostos dentro de calhas. As irrigações

variaram de 3-7 eventos por dia, durante 20-30 minutos (subirrigação) e 3-9 eventos por dia, de 1-3 min (gotejamento). Segundo os resultados reportados por Roupael & Colla (2009), o sistema por gotejamento promoveu maior acúmulo das massas de matéria seca das folhas e do caule. Já Roupael et al. (2008) e Cardarelli et al. (2010), reportaram que as irrigações realizadas por gotejamento e subirrigação não influenciaram na massa de matéria seca das raízes.

Na Grécia, Katsoulas et al. (2006) estudaram o efeito da frequência de irrigação na produção e qualidade de rosas (*Rosa híbrida* cv. Primeiro Vermelho). As plantas foram cultivadas em um sistema hidropônico fechado. A programação da irrigação foi baseada na transpiração da cultura e a irrigação foi realizada sempre que a radiação solar acumulada fora da estufa atingiu 1600 kJ m^{-2} (alta frequência de irrigação) e 3200 kJ m^{-2} (baixa frequência de irrigação). A lâmina de água aplicada foi de 0,2 e 0,4 mm em alta e baixa frequência de irrigação, respectivamente. De acordo com os resultados, a maior frequência de irrigações melhorou a produção de biomassa, mas não afetou a qualidade das flores colhidas.

Na Austrália, Grewal et al. (2011) estudaram a eficiência de água e solução nutritiva no cultivo de pepino em um sistema hidropônico de baixo custo. A frequência de irrigação dependeu das condições meteorológicas locais. Procedeu-se a irrigação de 2 a 3 vezes por dia em dias frios e até 10 vezes por dia em dias quentes (cada irrigação consistiu de 2 minutos).

Frequências de irrigação e águas salobras

Como já comentado acima, no Brasil o sistema hidropônico predominante no cultivo de hortaliças para produção comercial é o do tipo NFT. O que caracteriza esse sistema é o grande número de eventos de irrigação durante o dia, que nas condições do Semiárido nordestino torna-se ainda mais importante visto as altas temperaturas do ambiente de cultivo.

No sistema hidropônico utilizado no presente trabalho, a declividade dos perfis hidropônicos é nula, ou seja, mesmo após um evento de irrigação permanece uma lâmina de solução nutritiva em contato com as raízes das plantas. No sistema NFT, com a declividade dos perfis, após a irrigação a solução retorna ao reservatório de origem, com isso, a falta do fornecimento de energia

por cerca de duas horas fará com que ocorra morte das plantas pela falta de solução em contato com as raízes (SANTOS & MINAMI, 2002).

Porém, ainda são poucos os relatos de pesquisas voltadas à utilização de águas salobras em interação com frequências de irrigação no cultivo hidropônico. Diante disso, levanta-se a hipótese de que mesmo com o uso de águas com elevadas concentrações de sais, o maior número de eventos de irrigação durante o dia pode minimizar o efeito da salinidade nas plantas.

Em estudo conduzido na Grécia por Savvas et al. (2007) no cultivo de pimentas (*Capsicum annum* L.) em sistemas hidropônicos fechados, os autores combinaram dois regimes de irrigação diferentes com dois níveis de salinidade obtida pela adição de NaCl à água usada para preparar solução nutritiva. De acordo com os autores, a combinação entre a elevada salinidade com a irrigação menos frequente reduziu o número de frutos por planta e o peso médio dos frutos; enquanto que na alta frequência de irrigação, apenas o peso médio dos frutos foram significativamente reduzidos pelo estresse salino.

Na Espanha, Marín et al. (2009) também trabalharam com o cultivo de pimenta (*Capsicum annum* L.) cv. Somontano em ambiente protegido. O cultivo foi em sacos plásticos com substrato de fibra de coco. As plantas de pimenta foram submetidas a duas frequências de irrigação (8 eventos de irrigação - alta frequência e 5 eventos de irrigação - baixa frequência durante o dia) em interação com dois níveis de salinidade da solução nutritiva (“solução salina” foi obtida pela adição de NaCl a solução nutritiva para atingir de $4,6 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto a solução nutritiva de $2,6 \text{ dS m}^{-1}$ foi denominada “não salina”). Os resultados apresentados pelos autores mostram que, em condições de baixa frequência de irrigação e salinidade, aumentou-se a matéria seca dos frutos da pimenta.

Cultura do coentro

Pertencente à família Apiaceae, o coentro é uma hortaliça folhosa herbácea, anual, aromática, de raiz superficial, com folhas verdes brilhantes, alternadas e entrecortadas até a inserção do pecíolo (NASCIMENTO, 2004).

Embora seja considerada uma “cultura de fundo de quintal”, um grande número de produtores está envolvido com a sua exploração durante todo o ano, tornando-a uma cultura de grande importância social e econômica (GRANGEIRO

et al., 2008; GRANGEIRO et al., 2011a,b). Na Região Nordeste do Brasil, essa cultura é explorada quase que exclusivamente para a produção de folhas verdes (LIMA et al., 2007; LINHARES et al., 2011). Além da utilização da massa verde na culinária em diversos pratos, as sementes são utilizadas nas indústrias farmacêuticas e alimentícias (BARROS JUNIOR et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2006; KOFIDIS et al., 2008; EBRAHIMI et al., 2010; NEFFATI et al., 2011; DELIBALTOVA et al., 2012; HAZERI et al., 2012; WANDERLEY JUNIOR & NASCIMENTO, 2013).

O coentro é cultivado ainda de forma tradicional, isto é, em canteiros a céu aberto. Ficando as plantas à mercê das intempéries, o que pode prejudicar a qualidade dos produtos. Além disso, o cultivo intensivo em um mesmo solo pode contribuir para o aparecimento de distúrbios nutricionais ou aumento da salinização dessas áreas (LEAL et al., 2005).

O coentro é pouco exigente em relação a solo e a nutrientes. Apenas com a adubação orgânica pode-se obter uma produtividade razoável, no entanto, a aplicação de fósforo e potássio no plantio e nitrogênio em cobertura nos primeiros 20 dias após a semeadura, favorece o rápido crescimento vegetativo das plantas e aumento do volume de folhas produzidas (FILGUEIRA, 2000). Apesar de absorver pequenas quantidades de nutrientes, quando comparadas com outras culturas, as hortaliças folhosas são consideradas exigentes em nutrientes, em função de seus ciclos relativamente curtos (ALBUQUERQUE FILHO, 2006).

Embora seja espécie de clima tropical, a germinação pode ser reduzida sob temperatura desfavorável, com consequências negativas para o estabelecimento da cultura em campo. Cada espécie apresenta temperatura mínima, máxima e ótima para a germinação e, dentro de cada espécie, podem existir diferenças marcantes entre as cultivares quanto à germinação nas diferentes temperaturas. Altas temperaturas representam limitação no estabelecimento de plantas de coentro em condições de campo. O crescimento é favorecido por temperaturas moderadas e elevada intensidade luminosa, vegetando bem entre 7 e 27°C, com crescimento máximo a 20°C (DONEGÁ, 2009).

Segundo Mathukia et al. (2013), a Índia é o maior produtor de coentro, com uma produção de quase 90% da oferta mundial. Porém, no Brasil dados sobre a área cultivada do coentro ainda são desconhecidos, devido à ausência de dados

estatísticos e por ser cultivada em pequena escala, porém é bem sabido que há um grande volume anual de sementes comercializadas (ALBUQUERQUE FILHO, 2006). Assim como no cultivo convencional em solo, na hidroponia não é diferente, ainda são escassas informações sobre a produção comercial de coentro com essa técnica de cultivo.

Devido à escassez de informações a respeito da comercialização de coentro, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos, principalmente, na região Nordeste com o objetivo de conhecer o perfil socioeconômico dos consumidores dessa hortaliça. No estudo de Silva & Costa (2010) sobre a comercialização de hortaliças na feira livre em Pombal-PB, o coentro se destacou como sendo a segunda hortaliça mais consumida na região, ficando atrás apenas da cebola. Na mesma região e também em Sousa-PB, as sementes de coentro são as mais vendidas (SILVA et al., 2011b), sendo que, a maioria dessa produção é proveniente da agricultura familiar, diante disso as práticas de cultivo dessa cultura são essenciais para melhoria na produção. Na região de Iguatu no Estado do Ceará, dentre as preferências de hortaliças, o coentro se destaca, seguida de alface e tomate e, são adquiridas principalmente, nas feiras livres (FRANCILINO et al., 2014).

Vários trabalhos também têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar a produção de coentro no plantio convencional em solo. Nas condições climáticas da Paraíba no Nordeste do Brasil, Oliveira et al. (2003) cultivaram o coentro em canteiros de $2,0 \text{ m}^2$, com 160 plantas e aos 50 dias após a semeadura procedeu-se a colheita. Os tratamentos consistiram de cinco doses de nitrogênio (0,0; 20,0; 40,0; 60,0 e $80,0 \text{ kg ha}^{-1}$). De acordo com os resultados, o rendimento da massa de matéria verde do coentro traduziu-se numa relação linear positiva com o incremento das doses de nitrogênio, ocorrendo aumento na ordem de $0,0256 \text{ kg m}^{-2}$ a cada quilograma de nitrogênio ha^{-1} adicionado ao solo. O rendimento máximo de massa verde foi de $5,4 \text{ kg m}^{-2}$, obtido na dose de 80 kg ha^{-1} , enquanto a testemunha (0 kg ha^{-1}) apresentou um rendimento de $3,3 \text{ kg m}^{-2}$. Em termos percentuais, o emprego de 80 kg ha^{-1} de nitrogênio proporcionou um incremento de 62% no rendimento de massa verde em relação a sua ausência.

No estudo de Linhares et al. (2012) nas condições climáticas de Mossoró-RN, os autores utilizaram adubação verde como fonte de nitrogênio no cultivo do

coentro, constituindo-se da combinação de sete quantidades de jitirana seca incorporadas ao solo (3,0; 6,0; 9,0; 12,0; 15,0; 18,0 e 21,0 t ha⁻¹ de matéria seca). A área total da parcela foi de 1,44 m² e a área útil de 0,8 m², contendo 170 plantas, sendo à colheita realizada os 35 dias após a semeadura. De acordo com os resultados obtidos, o maior rendimento de massa da matéria seca de coentro foi da ordem de 1284 kg ha⁻¹, com a quantidade máxima de jitirana (21 t ha⁻¹), correspondendo a um acréscimo de 106% no rendimento em relação à menor quantidade (3,0 t ha⁻¹).

As hortaliças apresentam variação de preço e custo de produção ao longo do ano, fazendo com que a maior quantidade de hortaliça produzida por unidade de área não seja refletida positivamente em maior rentabilidade (REZENDE et al., 2005; LIMA et al., 2007).

No cultivo de coentro em vasos submetido à condutividade elétrica da solução nutritiva de 2,2 dS m⁻¹, Leal et al. (2005) reportaram uma produção de massa de matéria fresca de 25 plantas da ordem de 124,42 g (4,98 g por planta) e Vasconcelos (2008) registrou produção de massa fresca da ordem de 1,75 g por planta, com condutividade elétrica da solução nutritiva de 1,63 dS m⁻¹. No estudo de Bezerra et al. (2013) com o coentro cultivado em calhas com substrato, o tratamento controle com a solução nutritiva proposta por Furlani et al. (1999c) para hortaliças, proporcionou uma produção de massa de matéria fresca de 20 plantas da ordem de 36,47 g (1,82 g por planta).

Cultivo de coentro com águas salobras

O coentro é consumido em todas as regiões do Brasil, principalmente na região Nordeste. Em virtude das condições climáticas da região, sempre é cultivado com o uso da irrigação. Geralmente é explorada em pequenas áreas, sendo utilizada água proveniente de pequenas fontes (açudes pequenos, poços amazonas, poços naturais em leitos de rios, poços tubulares etc.) (MEDEIROS et al., 1998). A qualidade da água utilizada, juntamente com excesso de fertilizantes, frequentemente causa problemas na produção desta hortaliça, a qual é considerada uma cultura moderadamente sensível a altos valores de salinidade na solução, salinidade esta que pode ser mensurada pela condutividade elétrica (AYERS & WESTCOT, 1999). Entretanto, a condutividade elétrica pode ser

aumentada tanto pelo acréscimo de NaCl, bem como por fertilizantes já que seus efeitos variam entre as espécies vegetais devido ao maior ou menor grau de tolerância à salinidade (VASCONCELOS, 2008).

Alguns trabalhos têm sido realizados com o objetivo de avaliar o efeito da salinidade das águas na produção de coentro. Em estudo conduzido por Lima (2008), o coentro Verdão foi cultivado em vasos submetido às concentrações de 0, 50 e 100 mol m⁻³ de NaCl (CEa 0, ≈ 5,0 e 10,0 dS m⁻¹) e aos 45 dias após a semeadura procedeu-se a colheita. De acordo com os resultados, o tratamento controle (0 mol m⁻³ de NaCl) promoveu maior acúmulo de massa de matéria fresca, qual seja de 12,61 g para 3 plantas (4,20 g por planta). A salinidade reduziu o acúmulo de massa fresca na ordem de 56%, da maior concentração (100 mol m⁻³ de NaCl) em relação ao controle (0 mol m⁻³ de NaCl).

Rebouças et al. (2013) submeteram o coentro cultivado em canaletas de PVC preenchidas com substrato de fibra de coco a cinco diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (2,55; 4,68; 6,85; 9,38; 12,34 dS m⁻¹), oriundas da mistura da água de rejeito da dessalinização e água de poço profundo. De acordo com os resultados, a produção de massa fresca das plantas reduziu em 17,14% por cada acréscimo unitário na CEsol.

Em hidroponia NFT, Cazuza Neto et al. (2014) cultivaram o coentro submetido aos níveis de salinidade das águas de 0,30 - controle, 1,88; 2,6; 4,0; 5,34; 6,69 e 7,73 dS m⁻¹ e aos 26 dias após o transplante procedeu-se a colheita. A produção de massa de matéria fresca de 8 plantas foi da ordem de 92,66 g (11,58 g por planta) com o tratamento controle e para cada aumento unitário na CEa, ocorreu redução na produção em 8,84%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. **Eficiência do uso da água no cultivo do coentro e da salsa na presença de um polímero hidroabsorvente**. 2006. 107p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande/Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2006.

AL-KARAKI, G.; AL-AJMI, A.; OTHMAN, Y. Response of soilless grown bell pepper cultivars to salinity. **Acta Horticulturae**, v. 807, n. 2, p. 227-232, 2009.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 227p.

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/Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 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.

ANDRADE, L. V.; LUZ, J. M. Q.; SILVA, M. A. D.; SANTOS, V. B.; FREIRE, G. F. D. Produção hidropônica de coentro em diferentes concentrações de solução nutritiva, em sistema NFT. In: 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, Campo Grande, MS, 2004.

ANDRADE, T. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; ALBUQUERQUE, C. G. Variabilidade espacial da salinidade da água subterrânea de vale aluvial no semiárido pernambucano. In: 18º Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande, MS. **Anais...** 18º Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS, 2009.

ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D. I.; SCHMITT, O. J.; VAZ, M. A. B.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 684-690, 2009.

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

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução: GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande, UFPB, 1999. 153p.

BARROS JUNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, S.; NEGREIROS, M. Z.; OLIVEIRA, E. Q.; SILVEIRA, L. M.; CÂMARA, M. J. T. Desempenho agrônômico de cultivares comerciais de coentro em cultivo solteiro sob condições de temperatura elevada e ampla luminosidade. **Revista Caatinga**, v. 17, n. 2, p. 82-86, 2004.

BEZERRA, F. M. S.; SOUZA NETA, M. L.; SILVA, R. T.; LIMA, L. A.; GOMES, L. P. Cultivo de coentro em substrato fertirrigado com diferentes soluções nutritivas. In: I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 2013, Iguatu, CE. **Anais... I SBRNS: Iguatu, CE, 2013.**

BLAT, S. F.; SANCHEZ, S. V.; ARAÚJO, J. A. C.; BOLONHEZI, D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 135-138, 2011.

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

BORGHESI, E.; CARMASSI, G.; UGUCCIONI, M. C.; VERNIERI, P.; MALORGIO, F. Effects of calcium and salinity stress on quality of lettuce in soilless culture. **Journal of Plant Nutrition**, v. 36, n. 5, p. 677-690, 2013.

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.

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

CARDARELLI, M.; ROUPHAEL, Y.; REA, E.; SALERNO, A.; COLLA, G. Nutrient solution concentration and growing season affect growth and quality of potted petunia in a recirculating subirrigation and drip-irrigation system. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 8, n. 1, p. 312-320, 2010.

CAZUZA NETO, A.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A.; FREITAS, F. T. O.; MELO, D. M.; SILVA FILHO, J. A. Qualidade do molho de coentro produzido em água salobra em sistema hidropônico NFT. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014.** p. 3678-3684.

CHILOANE, T. S. **Effect of nutrient concentration and growing seasons on growth, yield and quality of leafy lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a hydroponic system.** 2012. 65p. Dissertation (Plant Production) – Faculty of Natural and Agricultural Sciences/University of Pretoria, Pretoria, 2012.

COMETTI, N. N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica – sistema NFT.** 2003. 106p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/Instituto de Agronomia, Rio de Janeiro, 2003.

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. 252-257, 2008.

CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação: Conceitos básicos e práticas**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2001. 32p. Embrapa Semiárido. Documentos, 167.

COSTA, L. B. O.; LUZ, J. M. Q.; SALGADO, D. D.; CAMILO, J. S. Produção hidropônica de alface cerbiatta e estragão russo em diferentes concentrações de solução nutritiva. In: 48º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2008, Maringá, PR. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2 (Suplemento - CD Rom), p. 379-383, 2008.

COSTA, N. E.; RIBEIRO, M. C. C.; LIMA, J. S. S.; CARDOSO, A. A.; OLIVEIRA, G. L. Utilização de biofertilizante na alface para o sistema hidropônico Floating. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, n. 2, p. 41-47, 2006.

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. **Sciencia Agrícola**, v. 58, n. 3, p. 595-597, 2001.

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

DELIBALTOVA, V.; KIRCHEV, H.; ZHELIAZKOV, I.; YANCHEV, I. Influence of predecessor and sowing rate on seed yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in southeast Bulgaria. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 18, n. 3, p. 315-319, 2012.

DIAS, F. F.; LUZ, J. M. Q.; HABER, L. L.; SILVA, M. A. D.; SANTOS, V. B. Cultivo hidropônico de salsa crespa em sistema NFT em diferentes concentrações de solução nutritiva. In: 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, Campo Grande, MS, 2004.

DIAS, N. S.; BRITO, A. A. F.; SOUSA 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.; JALES, A. G. O.; SOUSA NETO, O. N.; GONZAGA, M. I. S.; QUEIROZ, I. S. R.; PORTO, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface, cultivada em fibra de coco. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 632-637, 2011.

DONEGÁ, M. A. **Relação K:Ca e aplicação de silício na solução nutritiva para o cultivo hidropônica de coentro**. 2009. 62p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

EBRAHIMI, S. N.; HADIANB, J.; RANJBAR, H. Essential oil compositions of different accessions of *Coriandrum sativum* L. from Iran. **Natural Product Research**, v. 24, n. 14, p. 1287-1294, 2010.

FAGAN, E. B. **Regime de irrigação e densidade de frutos na produção do melão hidropônico**. 2005. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

FAGAN, E. B.; GIEHL, R. F. H.; EISERMANN, A. C.; MEDEIROS, S. L. P.; BRACKMANN, A.; SIMON, J.; JASNIEWICZ, L. R.; SANTOS, O. S. Expansão de frutos de meloeiro hidropônico em dois intervalos entre irrigações. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 3, p. 287-293, 2006a.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; BORCIONI, E.; LUZ, G. L.; SIMON, J.; JASNIEWICZ, L. R.; MANFRON, P. A.; MÜLLER, L.; DOURADO NETO, D. Influência de intervalos entre irrigações na fisiologia e produção de meloeiro sob sistema hidropônico. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 4, p. 429-436, 2005.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; SIMON, J.; LUZ, G. L.; BORCIONI, E.; JASNIEWICZ, L. R.; CASAROLI, D.; MANFRON, P. A. Evolução e partição de fitomassa seca do meloeiro em hidroponia. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 165-172, 2006b.

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

FERRAREZI, R. S.; SANTOS, L. N. S.; SOUSA, A. C. M.; PEREIRA, F. F. S.; ELAIUY, M. L. C.; TORREL, U.; MATSURA, E. E. Altura da lâmina, tempo e volume de enchimento de um equipamento de irrigação por pavio e determinação da uniformidade de distribuição de água em substratos. **Bragantia**, v. 71, n. 2, p. 273-281, 2012.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV Editora, 2000. 402p.

FRANCILINO, A. H.; GONDIM, A. R. O.; SILVA, F. F.; SILVA, J. L. B.; SILVA, Y. A. Perfil dos consumos de hortaliças no município de Iguatu-CE. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 120-126, 2014.

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

FURLANI, P. R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L. C. P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200/201, p. 90-98, 1999b.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Estruturas para o cultivo hidropônico. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200/201, p. 72-80, 1999a.

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

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 1 - Conjunto hidráulico**. 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com /Artigos/2009_1/hidroponiap1/index.htm >. Acesso em: 20/3/2014.

GOMES, L. O. **Resposta da cultura do agrião à salinidade utilizando um sistema hidropônico do tipo NFT**. 2009. 66p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GOMES, R. F.; SILVA, J. P.; FARIAS, V. D. S.; MONTEIRO, T. P. B.; LIMA, G. C.; SOUZA, G. T.; GUSMÃO, S. A. L. **Produção hidropônica de hortaliças na Amazônia**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012. 72p.

GONDIM, A. R. O.; FLORES, M. E. P.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 6, p. 894-904, 2010.

GRANGEIRO, L. C.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; LUCENA, R. R. M.; OLIVEIRA, R. A. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2011a.

GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SANTOS, A. P.; COSTA, L. M.; SILVA, A. R. C.; LUCENA, R. R. M. Crescimento e produtividade de coentro e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 55-60, 2008.

GRANGEIRO, L. C.; SANTOS, A. P.; FREITAS, F. C. L.; SIMÃO, L. M. C.; BEZERRA NETO, F. Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 242-248, 2011b.

GREWAL, H. S.; MAHESHWARI, B.; PARKS, S. E. Water and nutrient use efficiency of a low-cost hydroponic greenhouse for a cucumber crop: An Australian case study. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 5, p. 841-846, 2011.

GUERRA, G. M. P.; LUZ, J. M. Q.; HABER, L. L.; SILVA, M. A. D. Cultivo hidropônico de rúcula em diferentes concentrações de solução nutritiva, em sistema NFT. In: 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, Campo Grande, MS, 2004.

HAZERI, N.; VALIZADEH, J.; SHAKERI, A.; RAJABPOUR, M. Evaluation of essential oil and mineral composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) among growth conditions of hydroponic, field and greenhouse. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 15, n. 6, p. 949-954, 2012.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza, CE: INCTSal, 2010. p. 43-61.

JAIGOBIND, A. G. A.; AMARAL, L.; JAISINGH, S. **Hidroponia**. Paraná: Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR. 2007. 34p. Dossiê Técnico.

JESUS, C. G. **Estresse salino em rúcula (*Eruca sativa* Mill.) hidropônica: Aspectos fisiológicos, bioquímicos e nutricionais**. 2011. 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2011.

JOUYBAN, Z. The effects of salt stress on plant growth. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 1, p. 7-10, 2012.

KANG, S. W.; SEO, S. G.; PAK, C. H. Capillary wick width and water level in channel affects water absorption properties of growing media and growth of chrysanthemum and poinsettia cultured in c-channel subirrigation system. **Korean Journal of Horticultural Science & Technology**, v. 27, n. 1, p. 86-92, 2009.

KATSOULAS, N.; KITTAS, C.; DIMOKAS, G.; LYKAS, C. Effect of irrigation frequency on rose flower production and quality. **Biosystems Engineering**, v. 93, n. 2, p. 237-244, 2006.

KINOSHITA, T.; MASUDA, M. Differential nutrient uptake and its transport in tomato plants on different fertilizer regimens. **HortScience**, v. 46, n. 8, p. 1170-1175, 2011.

KOFIDIS, G.; GIANNAKOULA, A.; ILIAS, I. F. Growth, anatomy and chlorophyll fluorescence of coriander plants (*Coriandrum sativum* L.) treated with prohexadione-calcium and daminozide. **Acta Biologica Cracoviensia**, v. 50, n. 2, p. 55-62, 2008.

LACERDA, C. F.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza, CE: INCTSal, 2010. p. 303-317.

LEAL, F. R. R.; BEZERRA, F. C.; SOARES, I.; CORDÃO TERCEIRO NETO, C. P. Efeito da concentração da solução nutritiva no cultivo do coentro e cebolinha em pó de coco. In: 45º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005, Fortaleza, CE. **Anais...** 45º Congresso Brasileiro de Olericultura: Fortaleza, CE, 2005.

LIMA, A. B. **Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) submetidas ao estresse salino**. 2008. 55p.

Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Biologia, Recife, 2008.

LIMA, I. A.; LUZ, J. M. Q.; SODRÉ, A. C. B.; SANTOS, V. B.; BITTAR, C. A. Produção hidropônica de couve-chinesa (*Brassica pekinensis*), em sistema NFT, com diferentes concentrações de solução nutritiva. In: 45º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005, Fortaleza, CE. **Anais...** 45º Congresso Brasileiro de Olericultura, Fortaleza, CE, 2005.

LIMA, L. P. A.; LUZ, J. M. Q.; SANTOS, V. B.; SILVA, M. A. D.; SODRÉ, A. C. B. Produção hidropônica de agrião da terra em diferentes concentrações de solução nutritiva. In: 47º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2007, Porto Seguro, BA. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1 (Suplemento - CD Rom), 2007. 4p.

LIMA, J. S. S.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; FREITAS, K. K. C.; BARROS JÚNIOR, A. P. Desempenho agroecômico de coentro em função de espaçamentos e em dois cultivos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 407-413, 2007.

LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; DIAS, M. A. V.; HOLANDA, A. K. B.; MOREIRA, J. C. Rendimento de coentro (*Coriandrum sativum* L.) em sistema de adubação verde com a planta jitirana (*Merremia aegyptia* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. especial, p. 143-148, 2012.

LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; MARACAJÀ, P. B.; SOUSA, J. S.; SOUSA, L. C. F. S. Cultivo do coentro em sucessão a cultura da alface. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 201-207, 2011.

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

LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; BORCIONI, E.; MÜLLER, L.; AMARAL, A. D.; MORAIS, K. P. Consumo de energia elétrica e produção de alface hidropônica com três intervalos entre irrigações. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 815-818, 2008.

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

LUZ, J. M. Q.; COSTA, C. C.; GUERRA, G. M. P.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L. Efeito da variação da solução nutritiva no cultivo hidropônico de rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 76-82, 2011.

LUZ, J. M. Q.; FAGUNDES, N. S.; SILVA, M. A. D. Produção hidropônica de alface dos tipos mimosa e romana em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 195-201, 2010.

LUZ, J. M. Q.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L.; PIROLLA, A. C.; DORO, L. F. A. Cultivo hidropônico de chicórias lisa e crespa e almeirão em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 610-616, 2009.

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.

MAGALHÃES, A. G.; MENEZES, D.; RESENDE, L. V.; BEZERRA NETO, E. Desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico sob dois níveis de condutividade elétrica. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 316-320, 2010.

MARFÀ, O.; CÁCERES, R.; GURI, S. Oxyfertigation: a new technique for soilless culture under Mediterranean conditions. **Acta Horticulture**, v. 697, p. 65-72, 2005.

MARÍN, A.; RUBIO, J. S.; MARTINEZ, V.; GIL, M. I. Antioxidant compounds in green and red peppers as affected by irrigation frequency, salinity and nutrient solution composition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 8, p. 1352-1359, 2009.

MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV Editora, 2002. 61p.

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

MARTINS, R. V. **Hidroponia em substratos**: a hidroponia ao alcance de todos. Brasília: Ed. do Autor, 2000. 245p.

MATHUKIA, R. K.; SAGARKA, B. K.; SHEKH, M. A.; PATEL, V. C. Micro irrigation in coriander (*Coriandrum sativum* L.) under South Saurashtra agro-climatic conditions. **Research & Reviews: Journal of Agriculture Science and Technology**, v. 2, n. 3, 11-14, 2013.

MAZUELA, P. Effect of oxygen supply on water uptake in a melon crop under soilless culture. **Interciencia**, v. 35, n. 10, p. 769-771, 2010.

MEDEIROS, J. F.; MEDEIROS, D. S.; PORTO FILHO, F. Q.; NOGUEIRA, I. C. C. Efeitos da qualidade e quantidade da água de irrigação sobre o coentro cultivado em substrato inicialmente salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 22-26, 1998.

MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.

(eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza, CE: INCTSal, 2010. p. 279-302.

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

MORAES, C. A. G.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200/201, p. 105-113, 1999.

NASCIMENTO, W. M. Cresce o consumo de sementes de coentro. **Seed News**, v. 8, n. 4, p. 14, 2004.

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. S.; FREITAS, R. A.; BLUMER, L.; MUNIZ, M. F. B. Colheita e armazenamento de sementes de coentro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1793-1801, 2006.

NEFFATI, M.; SRITI, J.; HAMDAROU, G.; KCHOUK, M. E.; MARZOUK, B. Salinity impact on fruit yield, essential oil composition and antioxidant activities of *Coriandrum sativum* fruit extracts. **Food Chemistry**, v. 124, n. 1, p. 221-225, 2011.

NOGUEIRA FILHO, H.; MARIANI, O. A. Estruturas para produção de alface hidropônica. In: SANTOS, O. (ed.). **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM, 2000, p. 102-110.

OLIVEIRA, A. P.; PAIVA SOBRINHO, S.; BARBOSA, J. K. A.; RAMALHO, C. I.; OLIVEIRA, A. L. P. Rendimento de coentro cultivado com doses crescentes de N. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 81-83, 2003.

OLIVEIRA, E. M. **Potencial de utilização agrícola das águas “salobras” e residuárias da dessalinização por osmose reversa**. 2011. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

OLIVEIRA, E. Q.; BEZERRA NETO, F. B.; NEGREIROS, M. Z.; BARROS JÚNIOR, A. P.; FREITAS, K. K. C.; SILVEIRA, L. M.; LIMA, J. S. S. Produção e valor agroeconômico no consórcio entre cultivares de coentro e de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 285-289, 2005.

OLIVEIRA, F. A.; CARRILHO, M. J. S. O.; MEDEIROS, J. F.; MARACAJÁ, P. B.; OLIVEIRA, M. K. T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 771-777, 2011.

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

PAULUS, D. **Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas**. 2008. 105p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 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.; DOURADO NETO, D.; PAULUS, E. Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 18-25, 2012a.

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, 2012b.

PILAU, F. G. **Intervalos entre irrigações na produção de alface hidropônica**. 2002. 88p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

PILAU, F. G.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; BIANCHI, C.; CARON, B. O.; BONNECARRÈRE, R. Influência do intervalo entre irrigações na produção e nas variáveis fisiológicas da alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 2, p. 237-244, 2002.

PRECIOSO, M. B.; LUZ, J. M. Q.; HABER, L. L.; SILVA, M. A. D. Cultivo do agrião em hidroponia, sob diferentes concentrações de solução nutritiva em sistema NFT. In: 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, Campo Grande, MS, 2004.

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

RESH, H. M. **Hydroponic food production**. Califórnia: Woodbridge Press, 1996. 527p.

REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CATELAN, F.; MARTINS, M. I. E. Análise econômica de cultivos consorciados de alface americana x rabanete: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 853-858, 2005.

RIBEIRO, K. S.; FERREIRA, E.; COSTA, M. S. S. M.; GAZOLLA, D.; SZIMANSKI, C. Uso de biofertilizante no cultivo de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1600-1603, 2007.

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.

ROSA, R. R. B.; SANDRI, D. Uso de diferentes substratos e frequência de irrigação no cultivo de tomate cereja em sistema hidropônico. In: II Jornada de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Goiás, 2009, Anápolis, GO. **Anais...** II Jornada de Pós-Graduação da UEG, Anápolis, GO, 2009.

ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; REA, E.; BATTISTELLI, A.; COLLA, G. Comparison of the subirrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solutions. **Agricultural Water Management**, v. 82, n. 1/2, p. 99-117, 2006.

ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; REA, E.; BATTISTELLI, A.; COLLA, G. The influence of irrigation system and nutrient solution concentration on potted geranium production under various conditions of radiation and temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 118, n. 4 p. 328-337, 2008.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. **Scientia Horticulturae**, v. 105, n. 2, p. 177-195, 2005.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. The influence of drip irrigation or subirrigation on zucchini squash grown in closed-loop substrate culture with high and low nutrient solution concentrations. **HortScience**, v. 44, n. 2, p. 306-311, 2009.

RUBIO, J. S.; PEREIRA, W. E.; GARCIA-SANCHEZ, F.; MURILLO, L.; GARCÍA, A. L.; MARTÍNEZ, V. Sweet pepper production in substrate in response to salinity, nutrient solution management and training system. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 275-281, 2011.

SÁ, F. V. S.; PEREIRA, F. H. F.; LACERDA, F. H. D.; SILVA, A. B. Crescimento inicial e acúmulo de massa seca de cultivares de mamoeiro submetidas à salinidade da água em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 435-440, 2013.

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

SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; 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, 2010b.

SANTOS, J. D.; SILVA, A. L. L.; COSTA, J. L.; SCHEIDT, G. N.; NOVAK, A. C.; SYDNEY, E. B.; SOCCOL, C. R. Development of a vinasse nutritive solution for hydroponics. **Journal of Environmental Management**, v. 114, n. 1, p. 8-12, 2013.

SANTOS, J. E.; LUZ, J. M. Q.; FURLANI, P. R.; MARTINS, S. T.; HABER, L. L.; LEMA, R. M. Q. Cultivo da alfavaca em sistema hidropônico sob diferentes concentrações de solução nutritiva. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 2, p. 21-24, 2005.

SANTOS JÚNIOR, J. A. **Produção de girassol em diferentes sistemas de cultivo, águas e adubação**. 2010. 152p. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande/Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2010.

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

SANTOS, R. N. C.; MINAMI, K. **Cultivo hidropônico do meloeiro**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, 2002. 38p. Série Produtor Rural, Edição Especial.

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

SANTOS, V. B.; LUZ, J. M. Q.; SUGUIMOTO, J. C. R.; ACCIOLY, L.; DIAS, P. A. A.; SODRÉ, A. C. B. Produção hidropônica de orégano (*Origanum vulgare*) e agrião da terra (*Barbarea verna*), em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Horizonte Científico**, v. 2, n.1, p. 1-20, 2008.

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

SILVA, A. P. P.; MELO, B. **Hidroponia**. 2003. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm>>. Acesso em: 21/07/2013.

SILVA, D. S. O.; COSTA, C. C. Caracterização dos vendedores de hortaliças da feira de Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 5, p. 191-196, 2010.

SILVA, D. S. O.; LEITE, D. T.; FERREIRA, E. F.; COSTA, C. C.; LOPES, K. P. Comércio de sementes de hortaliças nos municípios de Pombal e Sousa – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 115-119, 2011b.

SILVA, F. V. **Cultivo hidropônico de rúcula (*Eruca sativa* Mill) utilizando águas salinas**. 2009. 69p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

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

SILVA, M. G.; SILVA FILHO, J. A.; SOARES, T. M.; FREITAS, F. T. O.; SOUZA, T. C. N. Crescimento e consumo hídrico da hortelã cultivada em sistema hidropônico Floating com águas salobras. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014b**. p. 351-360.

SILVA, W. P.; ALMEIDA, C. D. G. C.; ROLIM, M. M.; SILVA, E. F. F.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, V. G. F. Monitoramento da salinidade de águas subterrâneas em várzea cultivada com cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 394-401, 2014a.

SOARES, T. M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT com alternativa agrícola condizente ao semiárido brasileiro**. 2007. 267p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - 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. A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 705-714, 2010.

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

SUGUIMOTO, J. C. R.; LUZ, J. M. Q.; SANTOS, V. B.; SILVA, M. A. D.; SODRÉ, A. C. B.; COSTA, C. C. Produção hidropônica de orégano em diferentes concentrações de solução nutritiva. In: 47º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2007, Porto Seguro, BA. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1 (Suplemento - CD Rom), 2007. 4p.

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

VASCONCELOS, L. S. B. **Desenvolvimento de plantas de coentro em função da força iônica da solução nutritiva**. 2008. 42p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Agronomia, Recife, 2008.

WAN, S.; KANG, Y.; WANG, D.; LIU, S. P. Effect of saline water on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and water use under drip irrigation in north China. **Agricultural Water Management**, v. 98, n.1, p. 105-113, 2010.

WANDERLEY JUNIOR, L. J. G.; NASCIMENTO, W. M. **Produção de sementes de coentro**. 2013. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/downloads/Luiz%20Jorge-2_Prod_%20sem_coentro.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2013.

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

CAPÍTULO 1

PRODUÇÃO DE COENTRO CULTIVADO EM CANAIS HIDROPÔNICOS DE DIFERENTES DIÂMETROS E DENSIDADES DE SEMEADURA¹

¹ Artigo ajustado para submissão à Revista Irriga

Produção de coentro cultivado em canais hidropônicos de diferentes diâmetros e densidades de semeadura

Autor: Mairton Gomes da Silva

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Coorientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

RESUMO: Com o presente trabalho objetivou-se avaliar o consumo hídrico e a produção de coentro cultivado em canais hidropônicos de diferentes diâmetros e densidades de semeadura. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos foram instalados em esquema fatorial 2x5, totalizando 50 parcelas, sendo estudados os diâmetros de 50 e 75 mm dos perfis hidropônicos e cinco densidades de semeadura (12, 24, 36, 48 e 60 sementes por recipiente). O sistema hidropônico utilizado foi o DFT (técnica do fluxo profundo) em canais de cultivo em nível. As avaliações foram realizadas aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplante, obtendo-se: altura de planta, comprimento das raízes, diâmetro do caule, massas de matéria fresca da parte aérea, das folhas, do caule por planta e da parte aérea do maço de plantas. Foi calculado também o teor de água da parte aérea, das folhas e do caule, bem como a taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta e da massa de matéria seca da parte aérea por planta. Concluiu-se que, as melhores respostas das características avaliadas do coentro foram com a densidade de 12 sementes e nos canais de cultivo de 75 mm de diâmetro.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L., perfis hidropônicos, solução nutritiva.

Production of coriander in hydroponic profiles of different diameters and seeding densities

Author: Mairton Gomes da Silva

Adviser: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Co-Adviser: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

ABSTRACT: The present study aimed to evaluate the water consumption and production of coriander in hydroponic profiles of different diameters and seeding densities. The experiment was conducted in a randomized block, with five replications. The treatments were installed in 2x5 factorial design, totaling 50 plots: using hydroponic profiles of diameter 50 and 75 mm and five seeding density (12, 24, 36, 48 and 60 seeds per recipient). The hydroponic system used was the DFT (deep flow technique) with hydroponic profiles in level. Evaluations were performed at 5, 10, 15, 20 and 25 days after transplanting, obtaining: plant height, root length, stem diameter, masses of fresh matter of shoot, leaves and the stem per plant and of the shoots of the bunch of plants. The water content of shoot, of leaves and the stem and the absolute and relative growth rate in plant height and dry matter of shoot per plant were also calculated. The best responses of the characteristics evaluated of coriander were in density of 12 seeds and hydroponic profiles of 75 mm diameter.

Keywords: *Coriandrum sativum* L., hydroponic profiles, nutrient solution.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o cultivo hidropônico representa uma alternativa ao cultivo convencional, com vantagens para o consumidor, produtor e para o meio ambiente, com a obtenção de produtos de alta qualidade, encurtamento do ciclo de produção, maior produtividade, menor gasto de água, de insumos agrícolas e de mão de obra (PAULUS et al., 2010).

Os principais fatores que propiciaram o avanço do cultivo hidropônico são: a não disponibilidade de solos aptos; a incidência de determinadas doenças de solo dificilmente controladas por métodos químicos, sanitários ou de resistência genética; o interesse em incrementar a eficiência no uso da água e o desejo de aumentar a produção e melhorar a qualidade dos cultivos. O cultivo hidropônico pode ser somente em água ou com substratos. Nos sistemas de cultivos em água pode-se citar: o sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes). Nos cultivos em substratos são utilizados: lã de rocha, perla ou substratos orgânicos inertes. O cultivo pode ser em sistemas abertos (com perda de solução por lixiviação) ou em sistema fechado (a solução lixiviada é reutilizada) (MELO et al., 2002).

Na hidroponia NFT, as plantas são dispostas em canais de cultivo, onde a solução nutritiva é levada ao sistema radicular, em intervalos de tempo programados de acordo com a cultura, fornecendo-lhes assim os nutrientes e a água (GOMES, 2009).

No Brasil, a alface é a mais importante hortaliça produzida em sistema hidropônico NFT (PAULUS et al., 2010). Porém, em condições hidropônicas são escassas as informações em relação à produção com a cultura do coentro, objetivo do presente trabalho.

O cultivo de coentro é tradicionalmente praticado por pequenos produtores sem qualquer orientação, o que de certa forma tem ocasionado queda no rendimento, principalmente devido à falta de um programa de nutrição mineral (OLIVEIRA et al., 2003), sendo cultivado em hortas domésticas, escolares e

comunitárias, em monocultura ou consorciada com outras hortaliças (GRANGEIRO et al., 2008).

O crescimento e produção das plantas são afetados por fatores genéticos e agronômicos e o rendimento máximo só é obtido quando há uma combinação adequada desses fatores, tais como época de semeadura e densidade de plantas (RASSAM et al., 2007). A baixa densidade de plantas por unidade de área, evita o uso máximo dos parâmetros de produção e, por outro lado, a densidade excessiva pode aumentar a competição e diminuir o rendimento das plantas (MOOSAVI, 2014). No entanto, parâmetros ambientais, incluindo a luz, espaço, água e solo quando não plenamente utilizados em populações excessivamente baixas, o rendimento pode diminuir (LATIFI et al., 2012).

Em plantio convencional em solo, vários trabalhos foram realizados com o objetivo de avaliar a produção da cultura do coentro em função da densidade de plantas por unidade de área. No Irã, Ghobadi & Ghobadi (2010) avaliaram a densidade de 10, 30, 50 e 70 plantas por m²; Akhani et al. (2012) as densidades de 12, 16 e 25 plantas por m²; Moosavi (2012), Moosavi et al. (2012) e Zareie et al. (2012) com as densidades de 20, 40 e 60 plantas por m²; Moosavi et al. (2013) com as densidades de 30, 40 e 50 plantas por m². Porém, no cultivo hidropônico não se têm muitos relatos sobre qual ou quais as quantidades de sementes devem ser utilizadas.

Na hidroponia também ainda são poucas as informações sobre quais os melhores diâmetros dos canais de cultivo para produção de coentro. Nas condições climáticas da Paraíba no Nordeste brasileiro, Silva et al. (2014) avaliaram o cultivo de coentro nos canais de diâmetros 58 e 90 mm em hidroponia NFT. De acordo com os resultados apresentados pelos autores, os perfis hidropônicos de 90 mm de diâmetro promoveram maior produção com base na massa de matéria fresca da parte aérea.

Diante das justificativas apresentadas, com o presente trabalho objetivou-se avaliar o consumo hídrico e a produção do coentro cultivado em canais hidropônicos de diferentes diâmetros e densidades de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e descrição do ambiente experimental

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação no Núcleo de Engenharia de Água e Solo/NEAS, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, localizada no município de Cruz das Almas, Bahia (12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m). O clima da região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa de 80% e temperatura média anual de 24,1°C, apresentando pluviosidade média anual de 1.170 mm (ALMEIDA, 1991).

A estrutura da casa de vegetação é de aço galvanizado, com cobertura em arco tipo túnel e as paredes laterais e frontais confeccionadas com tela escura com 50% de sombreamento. As dimensões da casa de vegetação são de 7,0 m de largura por 32,0 m de comprimento.

Sistema hidropônico utilizado

Estrutura e funcionamento do sistema

Foi utilizado um sistema hidropônico alternativo, considerado como uma combinação entre os sistemas NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) e DFT (técnica do fluxo profundo), com declividade nula dos canais de cultivo.

Os perfis hidropônicos foram confeccionados com tubulações de PVC com diâmetros de 50 e 75 mm, com 6 m de comprimento, com orifícios circulares de 44 mm, espaçados em 7 cm, de modo equidistante e espaçamento entre perfis de 20 cm, totalizando 85 orifícios por perfil (Figura 1a). Em cada tubulação foi acoplado um cap e um joelho (Figura 1b), de mesmo diâmetro, de modo a manter uma lâmina de solução nutritiva de 25 e 45 mm nas tubulações de 50 e 75 mm, respectivamente. Para manter esses níveis de solução, na saída dos joelhos foram inseridos conectores, e nestes foram conectadas mangueiras para derivar o excesso de solução para o reservatório de origem, logo após um evento de recirculação da solução nutritiva (Figura 1c).



Figura 1. Disposição do sistema hidropônico utilizado.

Os perfis hidropônicos foram montados sobre traves de tubo de PVC e base de madeira, com uma altura de 80 cm em relação ao solo. Foram utilizadas duas bancadas de cultivo, sendo cada uma composta de cinco perfis hidropônicos, totalizando 10 perfis. A primeira bancada foi composta de três tubos de 50 mm e dois de 75 mm de diâmetro, já a segunda bancada foi composta de dois tubos de 50 mm e três de 75 mm. Cada bancada foi composta por um reservatório de plástico, com disponibilidade de 50 L de solução nutritiva e uma eletrobomba para recalcar a solução para os perfis hidropônicos.

Cada tubulação de 6 m de comprimento foi dividida em cinco partes iguais, sendo que, cada parte representou uma parcela. Logo, em uma parcela conteve 17 orifícios de cultivo (Figura 2).

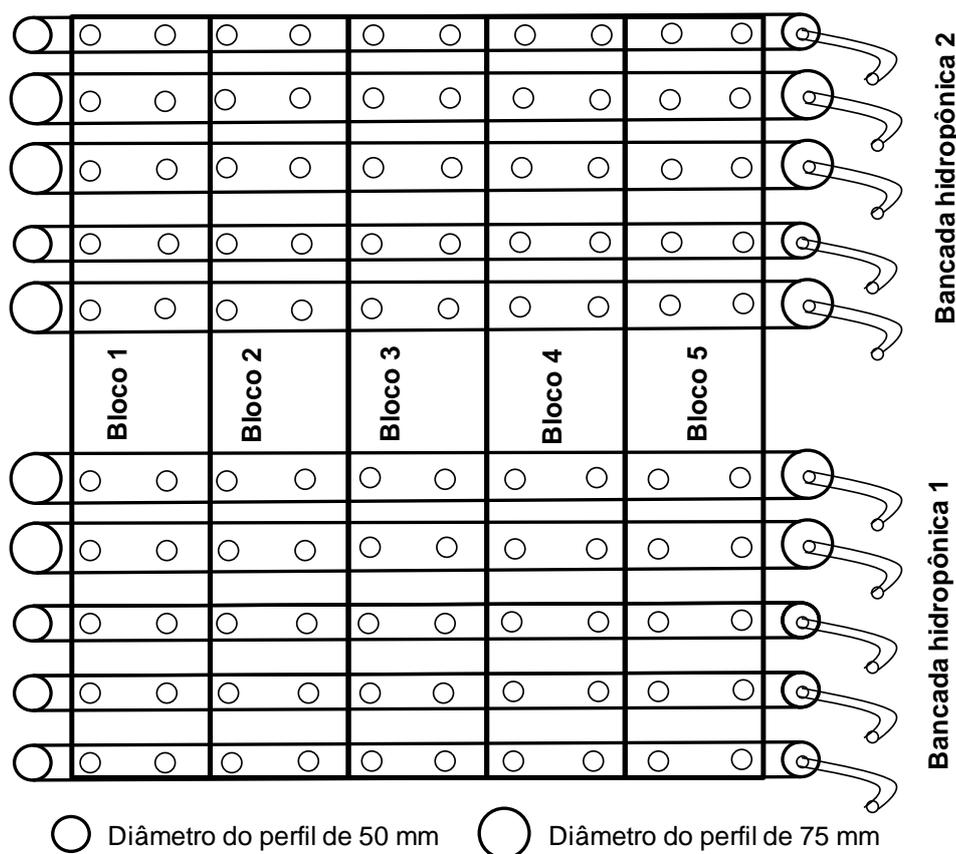


Figura 2. Disposição do delineamento utilizado.

Manejo da solução nutritiva

A solução nutritiva empregada no cultivo foi baseada na recomendação de Furlani et al. (1999). O abastecimento diário da solução nutritiva foi realizado manualmente, de forma a manter o nível de solução no reservatório. Além do volume de solução disponibilizado no reservatório de abastecimento de 50 L, somam-se os respectivos volumes nos canais de cultivo, de aproximadamente 6,0 e 19,0 L por tubulação de 50 e 75 mm, respectivamente. Logo, o volume disponibilizado de solução nutritiva foi de 0,30 L e 0,34 L por maço de plantas de coentro na primeira e segunda bancada, respectivamente.

A condutividade elétrica da solução nutritiva foi avaliada diariamente com a utilização de condutímetro. Com a mesma frequência avaliou-se o pH.

Para oxigenação e reposição do volume consumido nos perfis hidropônicos, a recirculação da solução nutritiva foi realizada automaticamente por meio de temporizador analógico, a cada 2 horas (00:00; 02:00; 04:00; 06:00; 08:00; 10:00; 12:00; 14:00; 16:00; 18:00; 20:00; 22:00 h, respectivamente), permanecendo o

sistema ligado por 15 minutos, totalizando 12 eventos de recirculação da solução nutritiva durante o dia.

Delineamento estatístico e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos foram instalados em esquema fatorial 2x5, totalizando 50 parcelas, sendo estudados os efeitos dos diâmetros 50 e 75 mm dos perfis hidropônicos e cinco densidades de semeadura (12; 24; 36; 48 e 60 sementes por recipiente).

Condução da cultura do coentro

As sementes de coentro Verdão foram semeadas no dia 20 de setembro de 2013 em copos de plástico de 50 mL, contendo uma camada substrato de coco e outra camada de vermiculita na proporção de 2:1. Da semeadura até o transplântio as irrigações foram realizadas com água do abastecimento local (0,43 dS m⁻¹). As plantas foram transplantadas para os perfis hidropônicos no dia 03 de outubro de 2013, aos 13 dias após a semeadura.

Variáveis analisadas

As avaliações foram realizadas aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT). Em cada parcela foi coletado um recipiente de cultivo, aleatoriamente, e de cada recipiente foram selecionadas 5 plantas ao acaso.

Consumo hídrico

A partir dos volumes repostos, calculou-se o consumo hídrico durante todo o ciclo da cultura, dos 2 aos 24 dias após o transplântio (DAT).

Variáveis de crescimento

Avaliaram-se as seguintes variáveis de crescimento: altura de planta (AP), comprimento das raízes (CR) e diâmetro do caule (DC).

As medidas de altura da planta foram determinadas por meio de uma fita métrica do ponto de corte até o ápice. O comprimento das raízes também foi

determinado com o uso de uma fita métrica. O diâmetro do caule foi obtido com o auxílio de um paquímetro digital.

Variáveis de produção

Avaliaram-se as seguintes variáveis de produção: massa de matéria fresca da parte aérea por planta ($M_{FPA_{planta}}$), massa de matéria fresca das folhas por planta (M_{FF}), massa de matéria fresca do caule por planta (M_{FC}) e massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas ($M_{FPA_{maço}}$). Determinou-se também massa de matéria seca das folhas por planta (M_{SF}) e massa de matéria seca do caule por planta (M_{SC}), obtidas após 96 horas em estufa de circulação forçada à temperatura de 65°C. A massa de matéria seca da parte aérea por planta ($M_{SPA_{planta}}$) foi obtida pelo somatório de M_{SF} e M_{SC} .

A $M_{FPA_{planta}}$ foi obtida da planta individualmente, a exceção das raízes. Foi considerado a M_{FF} os pecíolos e as folhas da planta e o restante foi considerado como M_{FC} . A $M_{FPA_{maço}}$ foi obtida pesando todas as plantas contidas no recipiente de cultivo, a exceção das raízes. Os valores de $M_{FPA_{planta}}$, M_{FF} , M_{FC} , $M_{FPA_{maço}}$, M_{SF} e M_{SC} foram determinados em balança de precisão (0,01 g).

Índices fisiológicos

Ainda foram determinados o teor de água da parte aérea (U_{PA}), das folhas (U_{Folhas}) e do caule por planta (U_{Caule}) (Equação 1), taxa de crescimento absoluto (TCA) (Equação 2) e taxa de crescimento relativo (TCR) (Equação 3).

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

em que:

U - Teor de água da parte aérea por planta (U_{PA}), das folhas por planta (U_{Folhas}) e do caule por planta (U_{Caule}), %;

MF - Massas de matéria fresca da parte aérea ($M_{FPA_{planta}}$), das folhas (M_{FF}) ou do caule por planta (M_{FC}), g;

MS - Massas de matéria seca da parte aérea ($M_{SPA_{planta}}$), das folhas (M_{SF}) ou do caule por planta (M_{SC}), g.

A TCA é a variação ou incremento entre duas amostras ao longo de um determinado período de tempo. É uma medida que pode ser usada para se ter ideia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.

$$TCA = \frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (2)$$

em que:

TCA - taxa de crescimento absoluto da altura de planta (cm dia⁻¹) ou massa de matéria seca da parte aérea por planta (mg dia⁻¹);

W₁ e W₂ - variação na altura da planta e da massa de matéria seca em duas amostras consecutivas tomadas nos tempos T₁ e T₂ (dia), respectivamente.

$$TCR = \frac{(\ln W_2 - \ln W_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (3)$$

em que:

TCR - taxa de crescimento relativo da altura de planta (cm cm⁻¹ dia⁻¹) ou massa de matéria seca da parte aérea por planta (mg mg⁻¹ dia⁻¹);

ln - logaritmo neperiano;

W₁ e W₂ - representam altura da planta e a massa de matéria seca da parte aérea por planta nos tempos T₁ e T₂ (dia), respectivamente.

A TCA e a TCR da altura de planta e da massa de matéria seca da parte aérea por planta foram determinadas entre a primeira avaliação (5 DAT) e a última avaliação (25 DAT). Ainda foi determinada a TCR nos seguintes períodos: 5 aos 10; 10 aos 15; 15 aos 20 e dos 20 aos 25 DAT.

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

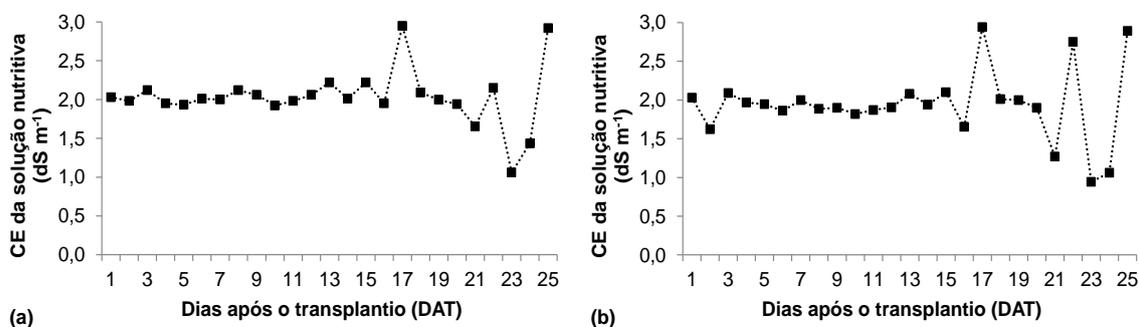
Análise estatística

Mediante aplicação do teste F da análise de variância (ANAVA), avaliou-se a significância dos tratamentos. Quando verificou-se significância na interação entre esses tratamentos, procedeu-se o desdobramento estatístico. No estudo dos fatores isolados, os perfis hidropônicos foram comparados mediante teste de médias (Tukey a 0,05 de probabilidade). Já o fator densidade de semeadura foi

comparado mediante análise de regressão, selecionando-se os modelos com base na significância de seus termos, no valor do coeficiente de determinação e no significado agrônomo do comportamento. O coeficiente de determinação apresentado no presente texto é para as repetições de cada tratamento e não apenas para às médias. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento da condutividade elétrica (CEsol) e do pH da solução nutritiva, ao longo do ciclo de 25 dias após o transplântio (DAT) do coentro hidropônico, encontra-se na Figura 3. A CEsol no dia do transplântio foi de $2,38 \text{ dS m}^{-1}$, valor este obtido pela adição dos nutrientes a água de abastecimento local ($0,43 \text{ dS m}^{-1}$). A CEsol permaneceu praticamente constante até os 16 DAT, isso em consequência da reposição do volume consumido com o uso de água doce ($0,43 \text{ dS m}^{-1}$), na bancada de cultivo I (Figura 3a). Os maiores valores de CEsol foram registrados aos 17 DAT ($2,95 \text{ dS m}^{-1}$) e na última colheita, aos 25 DAT ($2,92 \text{ dS m}^{-1}$). A elevação dos valores de CEsol nesses dias de avaliação pode ser consequência do elevado consumo hídrico nesse período, pois com a alta demanda evapotranspiratória o volume do reservatório foi reduzido totalmente, sendo o nível do reservatório reestabelecido com a adição de solução nutritiva.



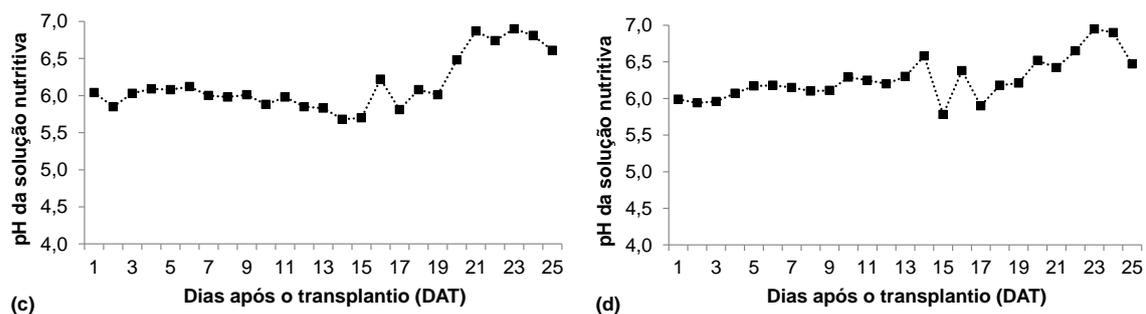


Figura 3. Valores da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) e do pH da solução nutritiva referentes a bancada I (a e c) e bancada II (b e d).

Na bancada de cultivo II (Figura 3b), os maiores valores de CEsol ocorreram nos períodos dos 17, 22 e 25 DAT, quais sejam de 2,94; 2,75 e 2,89 dS m^{-1} , respectivamente. O ideal é manter a condutividade elétrica da solução nutritiva constante ao longo do ciclo de cultivo, porém, isso nem sempre é possível. Logo, a correção da CEsol ou até a mesmo a troca da solução é de extrema importância no cultivo hidropônico. Diante disso, no cultivo do coentro em hidroponia NFT, Donegá (2009) trocou a solução nutritiva quando a mesma foi da ordem de 0,25 dS m^{-1} ; já Luz et al. (2012) corrigiram a CEsol quando ocorreu decréscimo de 0,25 dS m^{-1} do valor inicial.

Em trabalhos com outras culturas, como alface em hidroponia NFT, Takahashi et al. (2007) corrigiram a CEsol sempre que houve depleção de 20% do valor inicial; Rosa et al. (2014) mantiveram a CEsol entre 1,85 e 2,0 dS m^{-1} e Sales et al. (2014) entre 1,0 e 1,5 dS m^{-1} . Já no cultivo de morango em um sistema hidropônico com calhas preenchidas com brita, Andriolo et al. (2009) corrigiram a CEsol quando os valores situaram-se acima ou abaixo de 10% do valor original, mediante adição de água ou de volumes complementares de solução.

O monitoramento periódico da condutividade elétrica da solução nutritiva, na maioria dos casos diariamente, pode ser feito de tal maneira a manter CE da solução dentro de uma faixa de CE apropriada, garantindo uma disponibilidade suficiente de nutrientes para as plantas, sem maior risco de problemas osmóticos (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2013).

No que diz respeito ao pH da solução nutritiva, manteve-se praticamente constante durante todo o ciclo de cultivo. No dia do transplântio o pH da solução

foi de 5,44. Logo após o dia do transplântio o pH não baixou de 5,68 (14 DAT) e atingiu valor máximo de 6,90 (23 DAT) (Figura 3c), na bancada de cultivo I. Na bancada de cultivo II (Figura 3d), o pH não baixou de 5,78 (15 DAT) e não excedeu de 6,95 (23 DAT). Dentro dessas condições de cultivo não foi necessário correção. Em outros trabalhos com o coentro cultivo em hidroponia NFT, Donegá (2009), Luz et al. (2012), Cazuza Neto et al. (2014a) e Silva et al. (2014) mantiveram o pH da solução nutritiva entre 5,5 e 6,5.

Registro do consumo hídrico

Sem nenhuma finalidade de comparação estatística, em consequência da estrutura hidropônica composta apenas de dois reservatórios, foi consumido o volume de 1,49 e 1,69 L por maço de plantas de coentro durante o ciclo de cultivo (2-24 dias após o transplântio), nas bancadas de cultivo I e II, respectivamente (Figura 4).

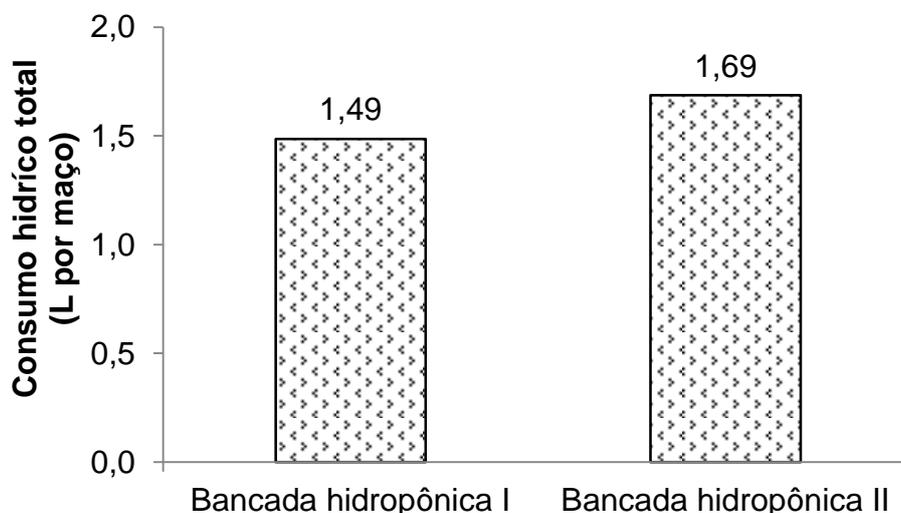


Figura 4. Consumo hídrico total acumulado durante o ciclo (2-24 dias após o transplântio) do cultivo do coentro hidropônico.

Qualidade das plantas de coentro

Durante a condução do experimento as plantas de coentro não apresentaram sintomas no que se concerne ao ataque de pragas ou doenças, e também não apresentaram distúrbios fisiológicos provocados por deficiência nutricional ou toxidez. Também não foram visíveis problemas de hipoxia, uma

preocupação em sistema DFT (Figura 5). Quanto a esses fatores abordados, no estudo de Donegá (2009) com o coentro cultivado em sistema hidropônico NFT, o mesmo não relatou injúrias nas plantas.

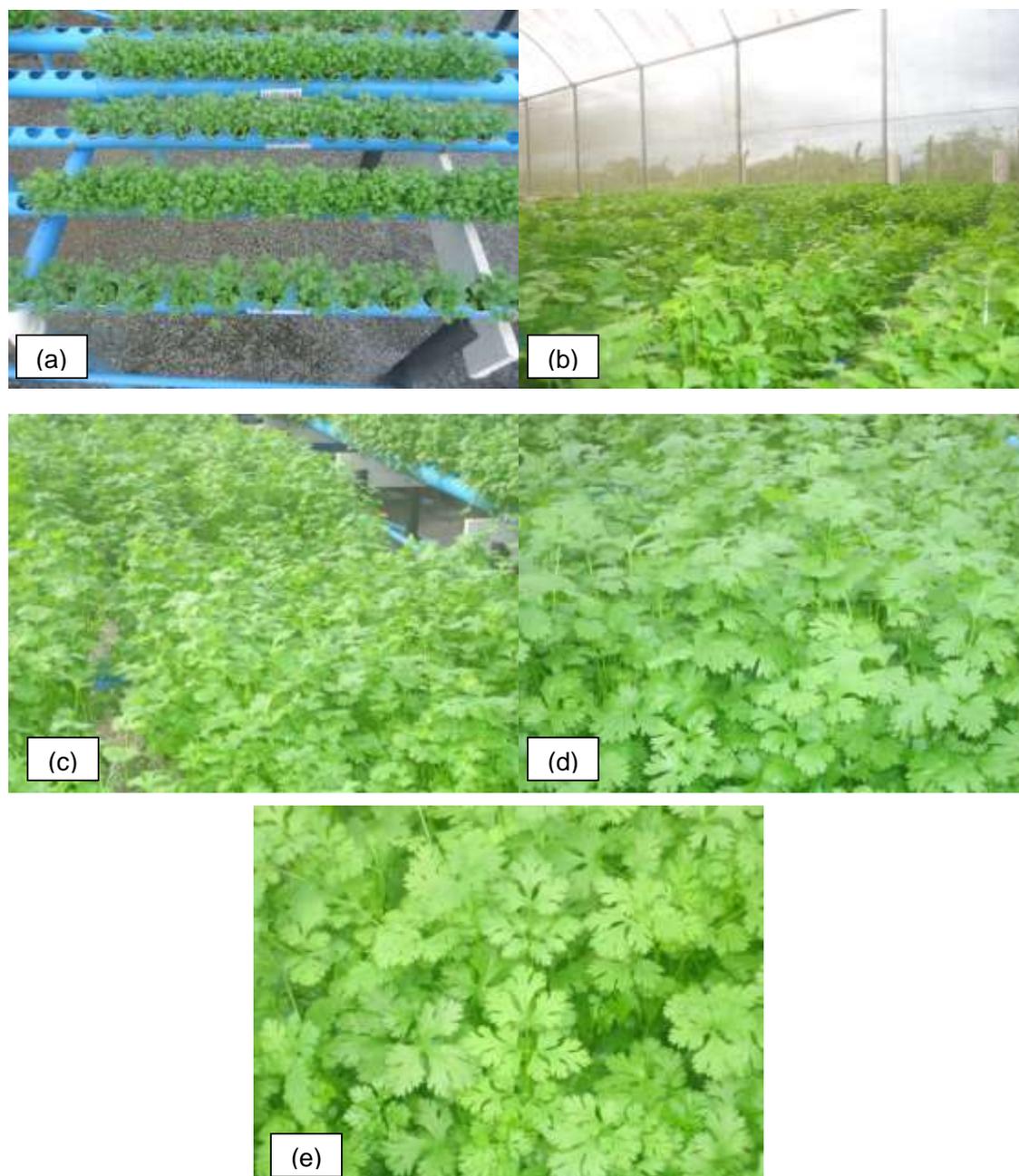


Figura 5. Aspecto geral das plantas de coentro cv. Verdão em sistema hidropônico, aos 5 (a), 10 (b), 15 (c), 20 (d) e 25 (e) dias após o tansplatio (DAT).

Crescimento

O resumo da análise de variância para a altura de planta do coentro hidropônico aos 5, 10, 15, 20 e 25 DAT encontra-se na Tabela 1. Não houve interação significativa ($p>0,05$) entre o diâmetro dos perfis hidropônicos e as densidades de semeadura. No que diz respeito ao estudo dos fatores isolados, constatou-se efeito significativo do fator densidade de semeadura aos 5 e 10 DAT. Para o fator perfis hidropônicos, não foi verificado efeito significativo em qualquer período de tempo, ou seja, o crescimento das plantas não teve interferência do diâmetro dos canais de cultivo.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura de planta do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

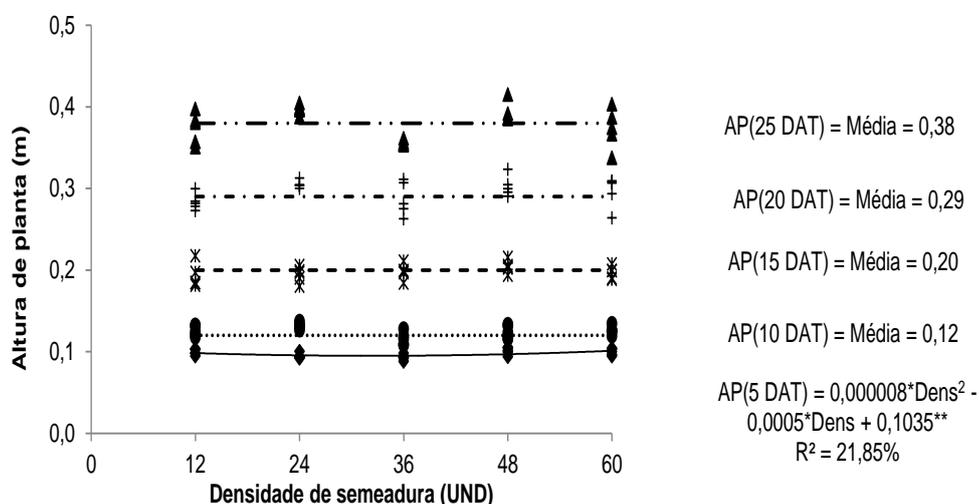
FV	GL	Quadrado Médio				
		5 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	0,00004 ^{ns}	0,000112 ^{ns}	0,000283 ^{ns}	0,000882 ^{ns}	0,00031 ^{ns}
DPH	1	0,000058 ^{ns}	0,000085 ^{ns}	0,000444 ^{ns}	0,000995 ^{ns}	0,000238 ^{ns}
Dens	4	0,000123 ^{**}	0,000318 [*]	0,000185 ^{ns}	0,000894 ^{ns}	0,002727 ^{ns}
DPH x Dens	4	0,000035 ^{ns}	0,000109 ^{ns}	0,000052 ^{ns}	0,000556 ^{ns}	0,000366 ^{ns}
Erro	36	0,00003	0,000111	0,000234	0,000617	0,001427
CV (%)		5,59	8,45	7,75	8,42	9,98

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

Aos 5 DAT, o comportamento da altura de planta com o aumento da densidade de semeadura foi quadrático. Observou-se uma leve redução na altura da planta na menor densidade testada (12 sementes) (0,099 m), notando-se altura mínima de 0,096 m quando utilizou-se 31 sementes (Figura 6). A partir desta densidade ocorreu um aumento na altura de planta, atingindo altura máxima de 0,102 m com o tratamento de maior densidade (60 sementes). Isso pode ser explicado pelo fato da grande quantidade de plantas por unidade de cultivo, ocorrendo competição entre as mesmas, que, em consequência, estiolaram na busca por luz. Não foi possível o ajuste de modelos matemáticos aos dados de altura da planta aos 10 DAT, com valor médio de 0,12 m. Os valores médios aos 15, 20 e 25 DAT foram da ordem de 0,20; 0,29 e 0,38 m, respectivamente.

Os resultados do presente trabalho, corroboram com o estudo conduzido por Sousa et al. (2011) com o coentro cultivado em sistema convencional nas densidades de semeadura de 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 g de semente m^{-1} , em que os autores, observaram que a densidade de plantio não teve efeito sobre a altura de plantas do coentro colhido aos 30 dias após a emergência.

Diferentemente dos resultados reportados no presente trabalho e no conduzido por Sousa et al. (2011), em trabalhos realizados com o coentro para produção de sementes em condições de campo no Irã, Ghobadi & Ghobadi (2010), Akhani et al. (2012) e Moosavi et al. (2013) observaram resposta linear crescente para a altura das plantas em função do incremento na densidade de semeadura (plantas por m^2). Ghobadi & Ghobadi (2010) adotaram as densidades de 10, 30, 50 e 70 plantas por m^2 e reportaram os seguintes resultados: a menor densidade (10 plantas por m^2) e a maior densidade (70 plantas por m^2) promoveram menor e maior altura das plantas, quais sejam de 0,70 e 0,78 m, respectivamente. No trabalho de Akhani et al. (2012) utilizaram-se três densidades (12,5; 16,6 e 25 plantas por m^2), sendo o maior valor de altura (0,70 m) obtido com a maior densidade (25 plantas por m^2). No trabalho de Moosavi et al. (2013) foram utilizadas as densidades de 30, 40 e 50 plantas por m^2 , obtendo-se os seguintes valores: a menor densidade (30 plantas por m^2) e a maior (50 plantas por m^2) promoveram a menor e maior altura das plantas, quais sejam de 0,36 e 0,41 m, respectivamente. A altura de planta média aos 25 DAT obtida no presente trabalho está dentro do intervalo reportado pelos últimos autores.



** , * - significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 6. Altura de planta do coentro hidropônico em função da densidade de semeadura, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT).

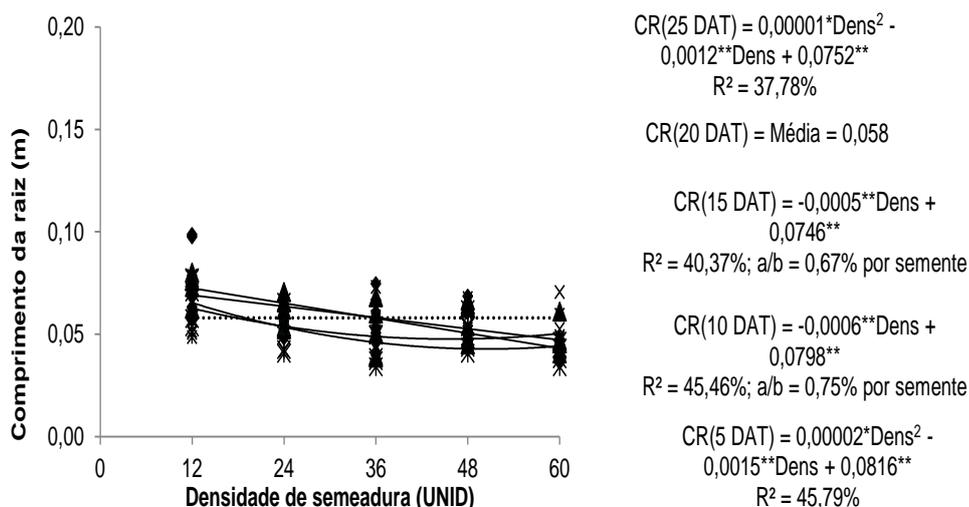
De acordo com o resumo da análise de variância, não houve interação entre os fatores em estudo na variável comprimento das raízes. Já quanto ao estudo dos fatores isolados, os diâmetros dos perfis hidropônicos não influenciaram no comprimento das raízes e a densidade de semeadura promoveu efeito altamente significativo ($p < 0,01$), a exceção da avaliação realizada aos 20 DAT (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o comprimento das raízes do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio				
		5 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	0,000106 ^{ns}	0,000409 ^{ns}	0,000252 ^{ns}	0,000493 [*]	0,000215 [*]
DPH	1	0,000005 ^{ns}	0,000283 ^{ns}	0,000298 ^{ns}	0,000027 ^{ns}	0,000269 ^{ns}
Dens	4	0,001118 ^{**}	0,001665 ^{**}	0,000988 ^{**}	0,000291 ^{ns}	0,000457 ^{**}
DPH x Dens	4	0,000125 ^{ns}	0,000103 ^{ns}	0,000224 ^{ns}	0,000106 ^{ns}	0,000031 ^{ns}
Erro	36	0,000132	0,000261	0,000192	0,000178	0,000073
CV (%)		22,82	27,97	23,83	23,03	16,18

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

O comprimento das raízes, aos 5 e 25 DAT apresentou comportamento quadrático em função do aumento da densidade de semeadura. Aos 10 e 15 DAT, a resposta do comprimento das raízes das plantas do coentro hidropônico foi linear decrescente; com redução da ordem de 39,67 e 34,98% com a maior densidade (60 sementes) em relação à menor densidade (12 sementes), respectivamente. Cada aumento unitário na densidade de semeadura promoveu reduções no comprimento das raízes de 0,75 e 0,67% aos 10 e 15 DAT, respectivamente (Figura 7).



** , * - significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 7. Comprimento das raízes do coentro hidropônico em função da densidade de semeadura, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT).

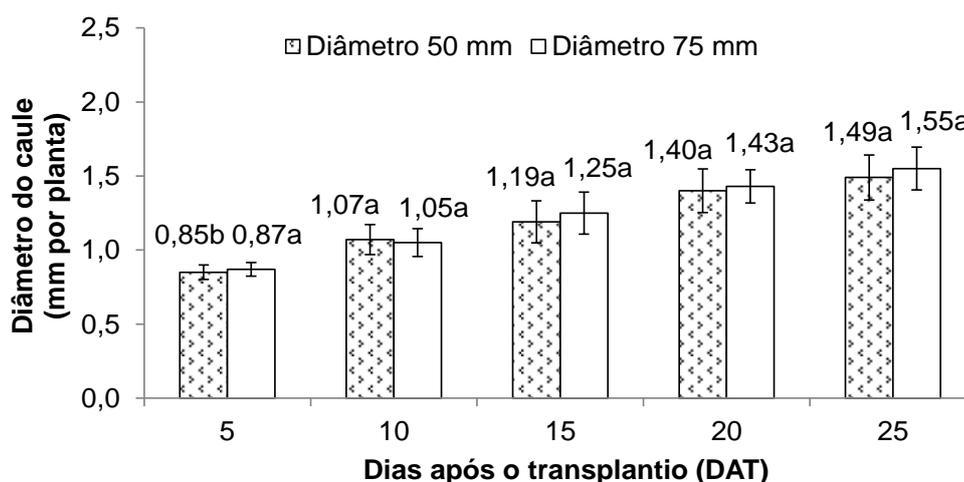
De acordo com o resumo da análise de variância, em todos os períodos de avaliações o diâmetro do caule do coentro hidropônico foi influenciado significativamente ($p < 0,01$) pela densidade de semeadura. Para o fator perfis hidropônicos, apenas aos 5 DAT promoveu-se diferença significativa no diâmetro do caule (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio				
		5 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	0,0017 ^{ns}	0,0242 ^{**}	0,0295 [*]	0,0242 ^{ns}	0,0670 ^{**}
DPH	1	0,0081 [*]	0,0067 ^{ns}	0,0332 ^{ns}	0,0083 ^{ns}	0,0425 ^{ns}
Dens	4	0,0096 ^{**}	0,0379 ^{**}	0,1130 ^{**}	0,0775 ^{**}	0,0811 ^{**}
DPH x Dens	4	0,0011 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0032 ^{ns}	0,0124 ^{ns}	0,0027 ^{ns}
Erro	36	0,0016	0,0057	0,0106	0,0102	0,0124
CV (%)		4,66	7,11	8,43	7,13	7,36

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

No que diz respeito ao diâmetro do caule do coentro hidropônico obtido aos 5 DAT, os canais de cultivo promoveram valores médios próximos, sendo o canal de cultivo de 75 mm de diâmetro estatisticamente superior ao canal de 50 mm, essa diferença foi da ordem de 2,30%. Aos 10, 15, 20 e 25 DAT os dois canais de cultivo promoveram diâmetro do caule no mesmo patamar, mostrando que a variável em estudo não sofreu efeito dos canais de cultivo (Figura 8).



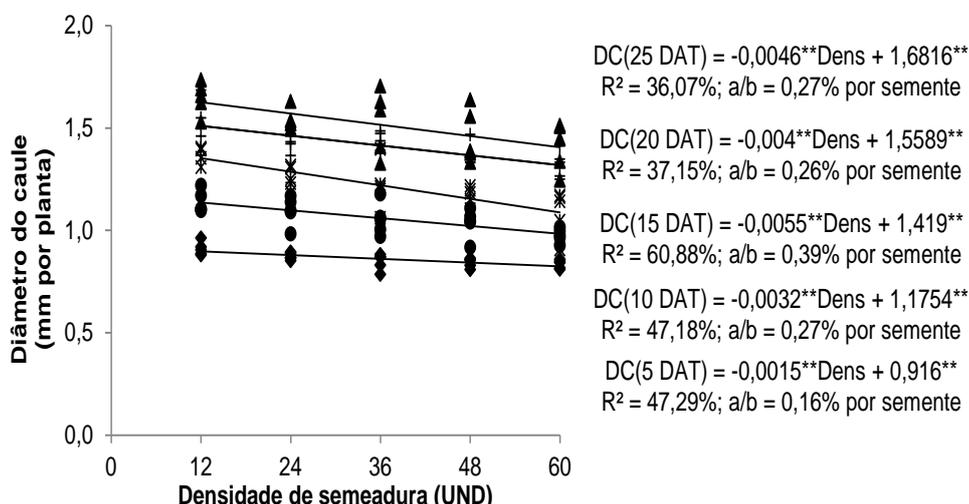
Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 8. Médias do diâmetro do caule do coentro hidropônico em função do diâmetro dos perfis hidropônicos, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT).

O incremento da densidade de semeadura promoveu resposta linear decrescente no diâmetro do caule do coentro em todos os períodos avaliados. A menor densidade de semeadura resultou em maiores valores do diâmetro do caule. As reduções da maior densidade (60 sementes) em relação à menor densidade (12 sementes) foram de 8,02; 13,54; 19,51; 12,71 e 13,53%, aos 5, 10, 15, 20 e 25 DAT, respectivamente. Para cada incremento unitário na densidade de semeadura ocorreu redução de 0,16; 0,27; 0,39; 0,26 e 0,27%, respectivamente para esta variável (Figura 9). Em estudo conduzido com coentro por Cazusa Neto et al. (2014b) em hidroponia NFT, o tratamento controle (CEa: 0,3 dS m⁻¹) promoveu diâmetro do caule da ordem de 5,36 mm por planta, aos 26 DAT. No presente trabalho, aos 25 DAT o diâmetro do caule foi da ordem de 1,63

mm para a menor densidade (12 sementes), ou seja, este valor apresentado foi inferior ao reportado por Cazuza Neto et al. (2014b). Essa diferença na espessura do diâmetro do caule observada nos trabalhos pode ser atribuída ao tipo de sistema hidropônico e a quantidade de sementes por unidade de cultivo.

Os resultados do presente estudo corroboram com os de Moosavi et al. (2013) que reportaram decréscimo linear no diâmetro do caule do coentro cultivado em solo nas densidades de 30, 40 e 50 plantas por m². Diferentemente dos resultados obtidos por Moosavi et al. (2012), em que o diâmetro do caule do coentro cultivado em solo não foi influenciado pelas densidades de 20, 40 e 60 plantas por m².



** - significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 9. Diâmetro do caule do coentro hidropônico em função da densidade de semeadura, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplante (DAT).

Produção com base em massa de matéria fresca

De acordo com o resumo da análise de variância, os tipos de perfis hidropônicos promoveram efeito significativo na massa de matéria fresca da parte aérea por planta (MFPA_{planta}), aos 15, 20 e 25 DAT (Tabela 4); na massa de matéria fresca das folhas por planta (MFF), aos 20 e 25 DAT (Tabela 5) e na massa de matéria fresca do caule por planta (MFC), aos 15 e 25 DAT (Tabela 6). Para o fator densidade de semeadura, a exceção do período dos 20 DAT, houve

efeito significativo na $MFFA_{\text{planta}}$ e MFC; em todos os períodos a MFF foi influenciada pela densidade de sementeira.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para massa de matéria fresca da parte aérea por planta ($MFFA_{\text{planta}}$) do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de sementeira (Dens), aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio				
		5 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	0,00031 ^{ns}	0,00228 ^{ns}	0,00117 ^{ns}	0,03907 ^{ns}	0,02140 ^{ns}
DPH	1	0,00026 ^{ns}	0,00055 ^{ns}	0,06919*	0,17358*	1,01332**
Dens	4	0,01029**	0,01822**	0,08363**	0,06250 ^{ns}	0,78556**
DPH x Dens	4	0,00049 ^{ns}	0,00255 ^{ns}	0,00693 ^{ns}	0,01221 ^{ns}	0,04175 ^{ns}
Erro	36	0,00037	0,00307	0,01348	0,03729	0,05197
CV (%)		15,42	21,51	19,42	16,25	14,42

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para massa de matéria fresca das folhas por planta (MFF) do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de sementeira (Dens), aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio				
		5 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	0,00009 ^{ns}	0,00086 ^{ns}	0,00113 ^{ns}	0,00333 ^{ns}	0,00986 ^{ns}
DPH	1	0,00008 ^{ns}	0,00077 ^{ns}	0,00259 ^{ns}	0,01968**	0,02928*
Dens	4	0,00304**	0,00521**	0,01418**	0,00852*	0,07748**
DPH x Dens	4	0,00010 ^{ns}	0,00027 ^{ns}	0,00154 ^{ns}	0,00307 ^{ns}	0,00413 ^{ns}
Erro	36	0,00015	0,00069	0,00166	0,00234	0,00416
CV (%)		17,06	19,84	19,98	15,32	19,74

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para massa de matéria fresca do caule por planta (MFC) do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis

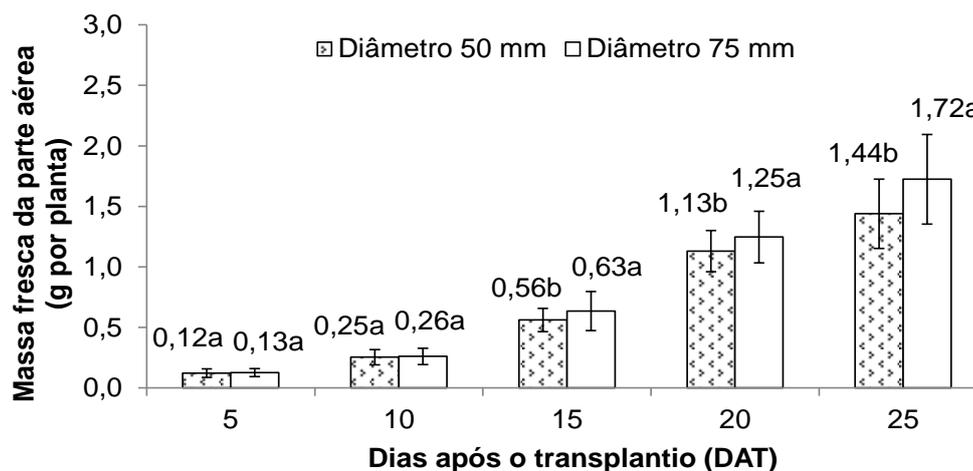
hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio				
		5 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	0,00009 ^{ns}	0,00040 ^{ns}	0,00140 ^{ns}	0,02563 ^{ns}	0,00677 ^{ns}
DPH	1	0,00005 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	0,04548*	0,07904 ^{ns}	0,48059**
Dens	4	0,00215**	0,00406**	0,02955**	0,03154 ^{ns}	0,30937**
DPH x Dens	4	0,00017 ^{ns}	0,00121 ^{ns}	0,00248 ^{ns}	0,00659 ^{ns}	0,05472 ^{ns}
Erro	36	0,00011	0,00099	0,00742	0,02907	0,03609
CV (%)		19,85	25,17	21,87	19,55	14,91

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

No que diz respeito ao maior acúmulo de matéria fresca da parte aérea por planta (MFPA_{planta}) foi promovido nos canais de cultivo de 75 mm de diâmetro, aos 15, 20 e 25 DAT, respectivamente. Os valores médios de MFPA_{planta} foram de 0,63; 1,25 e 1,72 g por planta; quando cultivado nos canais de cultivo de 50 mm ocorreu redução na MFPA_{planta}, aos 15 DAT, da ordem de 11,11%, sendo maior essa redução aos 25 DAT, da ordem de 16,28% (Figura 10). Essa redução na MFPA_{planta} aos 25 DAT foi influenciada tanto por parte da massa de matéria fresca das folhas por planta (MFF) (Figura 12) quanto pela matéria fresca do caule por planta (MFC) (Figura 14), pois as reduções na MFF e MFC foram equivalentes, da ordem de 14,28 e 13,87%, respectivamente.

Os resultados do presente trabalho corroboram com os reportados por Silva et al. (2014) com o coentro em hidroponia NFT, em que o maior acúmulo de massa de matéria fresca da parte aérea das plantas foi promovido no canal de maior diâmetro de 90 mm: 4,50 g por planta, contra 3,04 g por planta no canal de 58 mm.



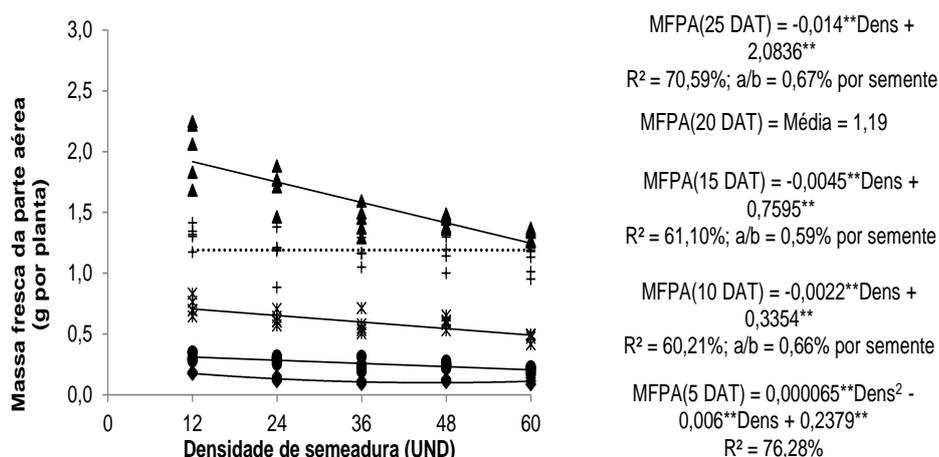
Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 10. Médias da massa de matéria fresca da parte aérea por planta (MFP_{planta}) do coentro hidropônico em função do diâmetro dos canais de cultivo, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT).

Quanto ao fator densidade de semeadura, aos 5 DAT a massa de matéria fresca da parte aérea por planta (MFP_{planta}) do coentro hidropônico apresentou comportamento quadrático, sendo o maior valor médio obtido com a menor densidade (12 sementes), da ordem de 0,18 g por planta. Já a menor produção de MFP_{planta} foi com a densidade de 46 sementes, qual seja 0,099 g por planta (Figura 11).

Aos 10, 15 e 25 DAT o acúmulo de MFP_{planta} foi reduzido em função do incremento na densidade de semeadura. Os maiores valores médios foram obtidos com a densidade de 12 sementes, da ordem de 0,31; 0,71 e 1,92 g por planta. Já quando foi utilizada a maior densidade (60 sementes), a MFP_{planta} reduziu em 35,48; 31,0 e 35,42%, nesses mesmos períodos de tempo. Para cada uma semente a mais semeada no copo, as reduções na MFP_{planta} foram de 0,66; 0,59 e 0,67%, aos 10, 15 e 25 DAT respectivamente (Figura 11). A redução da MFP_{planta} aos 10 e 15 DAT se deu pela maior influência na redução da MFF (Figura 13); pois as reduções na MFF foram da ordem de 0,69 e 0,70% por acréscimo unitário na densidade de semeadura, contra 0,62 e 0,53% da MFC (Figura 15).

Esse mesmo tipo de comportamento de redução da massa de matéria fresca da parte aérea com o aumento na densidade de sementes foi reportado por Reghin et al. (2004) no cultivo de rúcula para produção de mudas; estes autores utilizaram as quantidades de 1, 2, 3 e 4 plantas por célula em bandeja, sendo a avaliação realizada aos 17 dias após a semeadura. No cultivo convencional em solo nas densidades de semeadura de 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 g de sementes m^{-1} , a massa de matéria fresca das plantas de coentro colhido 30 dias após a emergência, apresentou comportamento quadrático com o incremento na densidade de semeadura (SOUSA et al., 2011). Diferentemente do presente trabalho e nos outros citados, no estudo conduzido por Silva et al. (2014) em hidroponia NFT, as densidades de 5 e 8 sementes não apresentaram diferenças significativas na massa de matéria fresca da parte aérea do coentro colhido aos 32 dias após a semeadura.

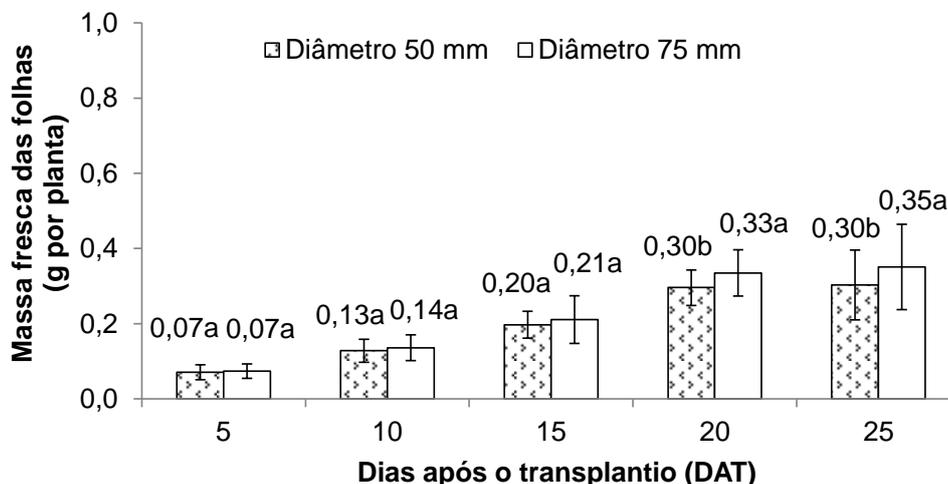


** - significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 11. Massa de matéria fresca da parte aérea por planta ($MFPA_{\text{planta}}$) do coentro hidropônico em função da densidade de semeadura, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplante (DAT).

Assim como reportado para variável $MFPA_{\text{planta}}$, os perfis hidropônicos de 75 mm de diâmetro também promoveram maior acúmulo de massa de matéria fresca das folhas (MFF) do coentro hidropônico, da ordem de 0,33 e 0,35 g por planta, aos 20 e 25 DAT, respectivamente. Já quanto à produção nos canais de cultivo de

50 mm, as médias de MFF foram da mesma ordem, qual seja 0,30 g por planta (Figura 12).

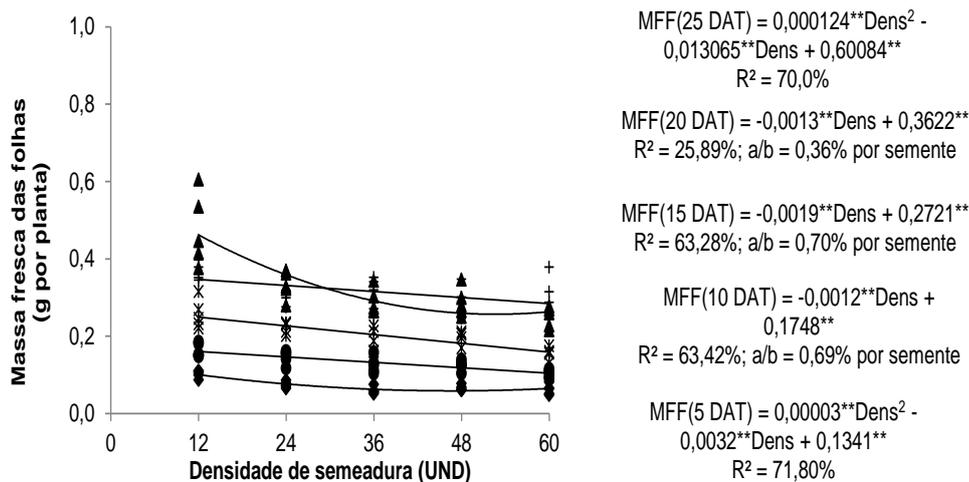


Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 12. Médias da massa de matéria fresca das folhas por planta (MFF) do coentro hidropônico em função do diâmetro dos canais de cultivo, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT).

Observou-se efeito quadrático com o incremento da densidade de semeadura para a variável massa de matéria fresca das folhas por planta (MFF), aos 5 e 25 DAT. O maior acúmulo de MFF foi promovido com a menor densidade (12 sementes), com valores médios da ordem de 0,10 e 0,46 g por planta; já o menor acúmulo de MFF foi promovido com as densidades de 46 e 52 sementes, aos 5 e 25 DAT respectivamente (Figura 13).

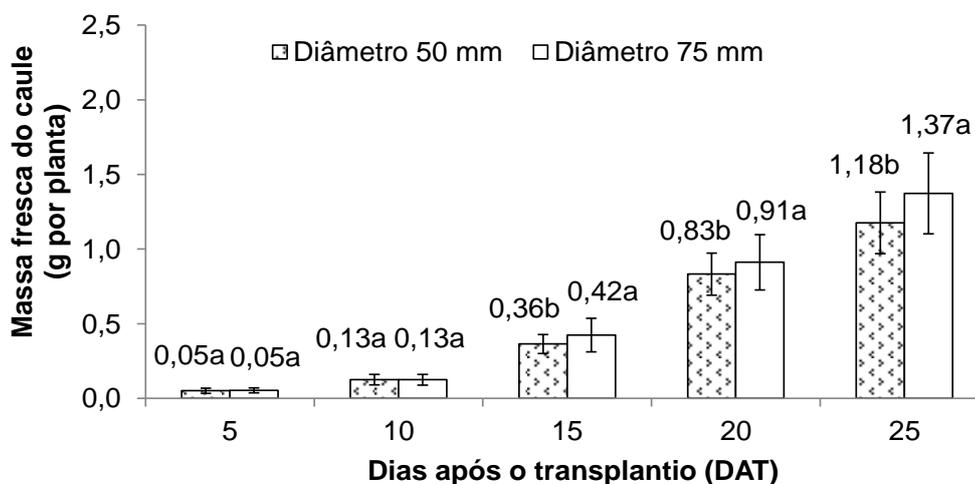
Aos 10, 15 e 20 DAT, a MFF reduziu linearmente com o incremento na densidade de semeadura. As médias de MFF foram da ordem de 0,16; 0,25 e 0,35 g por planta quando foi utilizada a quantidade de 12 sementes por recipiente de cultivo, nesses mesmos períodos de tempo supracitados acima. Já quando foi utilizada a maior quantidade de 60 sementes, a MFF reduziu em 35,62; 36,55 e 23,14% em relação à menor densidade. Para cada uma semente a mais semeada no recipiente de cultivo ocorreu redução na MFF da ordem de 0,69; 0,70 e 0,36%, aos 10, 15 e 20 DAT, respectivamente.



** - significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 13. Massa de matéria fresca das folhas por planta (MFF) do coentro hidropônico em função da densidade de semeadura, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplante (DAT).

A massa de matéria fresca do caule por planta (MFC) do coentro hidropônico também aumentou quando cultivado nos canais de 75 mm de diâmetro. Os valores médios de MFC foram da ordem de 0,42; 0,91 e 1,37 g por planta; já quando o coentro foi cultivado nos canais de 50 mm, os valores médios de MFC foram da ordem de 0,36; 0,83 e 1,18 g por planta, aos 15, 20 e 25 DAT respectivamente (Figura14).

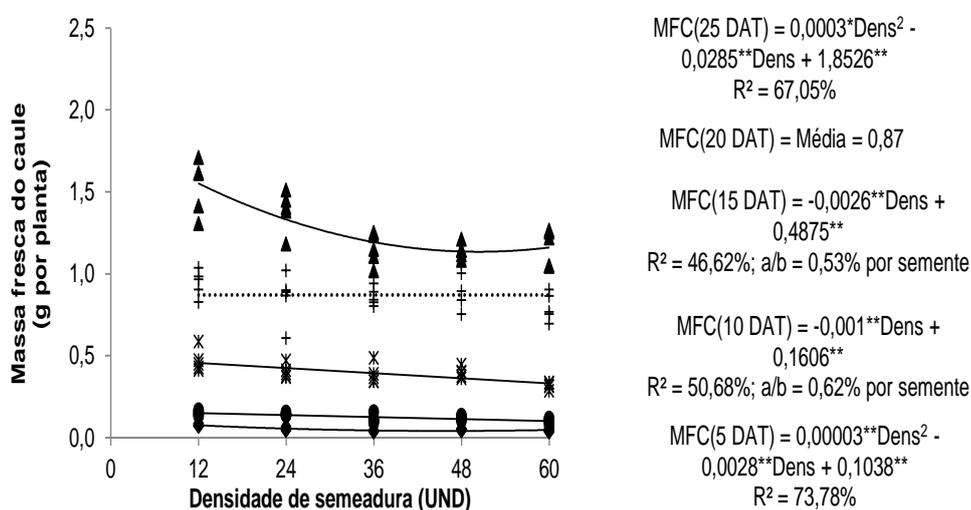


Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 14. Médias da massa de matéria fresca do caule por planta (MFC) do coentro hidropônico em função do diâmetro dos canais de cultivo, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplantio (DAT).

Assim como reportado para a variável MFF, também se observou efeito quadrático com o incremento da densidade de semeadura para a variável massa de matéria fresca do caule por planta (MFC), aos 5 e 25 DAT. O maior acúmulo de MFC também foi promovido com a menor densidade (12 sementes), com valores médios da ordem de 0,07 e 1,55 g por planta; já o menor acúmulo de MFC foi promovido com as densidades de 46 e 50 sementes, aos 5 e 25 DAT respectivamente (Figura 15).

Aos 10 e 15 DAT, o aumento na densidade de semeadura promoveu redução linear na MFC. Sendo a densidade de 12 sementes que proporcionou maior acúmulo de MFC, da ordem de 0,15 e 0,46 g por planta; quando se utilizou da maior densidade de 60 sementes, a MFC reduziu em 32,21 e 27,19%. O valor médio de MFC aos 20 DAT foi da ordem de 0,87 g por planta.



** , * - significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 15. Massa de matéria fresca do caule por planta (MFC) do coentro hidropônico em função da densidade de semeadura, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplantio (DAT).

No que diz respeito à massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas ($M_{FPA_{maço}}$), que representa a massa de todas as plantas contidas no recipiente de cultivo; os perfis hidropônicos revelaram diferenças significativas aos 15, 20 e 25 DAT. Quanto ao fator densidade de semeadura, a exceção do período de avaliação dos 25 DAT, também se observou efeito significativo ($p < 0,01$) (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para a massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas ($M_{FPA_{maço}}$) do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

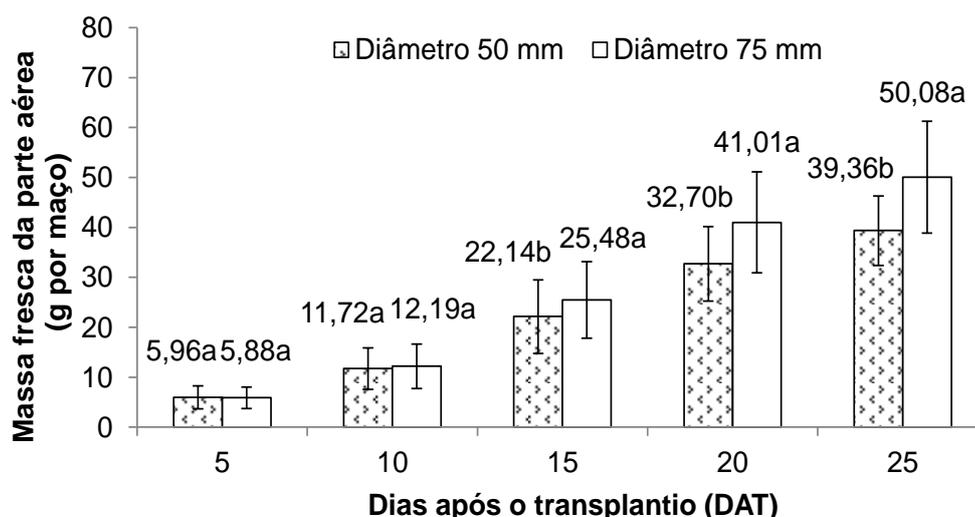
FV	GL	Quadrado Médio				
		5 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	1,5504 ^{ns}	3,8446 ^{ns}	11,3307 ^{ns}	14,3968 ^{ns}	101,3226 ^{ns}
DPH	1	0,3313 ^{ns}	2,7895 ^{ns}	139,2781*	864,4482**	1434,2297**
Dens	4	45,6862**	198,4916**	463,6669**	554,4823**	107,6174 ^{ns}
DPH x Dens	4	2,0177 ^{ns}	0,5698 ^{ns}	26,8748 ^{ns}	48,9184 ^{ns}	79,9227 ^{ns}
Erro	36	0,9044	2,1648	19,4416	36,3534 ^{ns}	83,7032
CV (%)		16,16	12,30	18,52	16,36	20,46

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Até os 10 DAT, por não haver diferença significativa na massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas ($M_{FPA_{maço}}$), entre os diâmetros dos canais de cultivo, poderia ser recomendado produzir no canal de 50 mm. A partir daí, as plantas poderiam ser transplantadas para o canal de 75 mm. Porém, ressalta-se a importância no cuidado com a transferência das plantas entre os canais de cultivo, pois pode ocorrer contaminação das mesmas, além de representar outro custo operacional.

Os perfis hidropônicos de 75 mm promoveram o maior acúmulo de $M_{FPA_{maço}}$ de coentro. Os valores médios de $M_{FPA_{maço}}$ foram de 25,48; 41,01 e 50,08 g, aos 15, 20 e 25 DAT, respectivamente (Figura 16). Quando o coentro foi cultivado nos perfis de 50 mm de diâmetro, ocorreu uma redução na $M_{FPA_{maço}}$ em relação ao perfil de 75 mm, da ordem de 13,11% (3,34 g); 20,26% (8,31 g) e

21,41% (10,72 g). Ao longo dos períodos de avaliação essa redução da MFPA_{maço} foi mais acentuada, isso pode ser em consequência das plantas cultivadas nos perfis de 75 mm terem maior área para se desenvolverem, e conseqüentemente maior disponibilidade de solução nutritiva. À medida que as plantas cresciam, crescia a competição entre as mesmas, acumulando o prejuízo da semeadura excessiva.



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 16. Médias da massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas (MFPA_{maço}) do coentro hidropônico em função do diâmetro dos canais de cultivo, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplante (DAT).

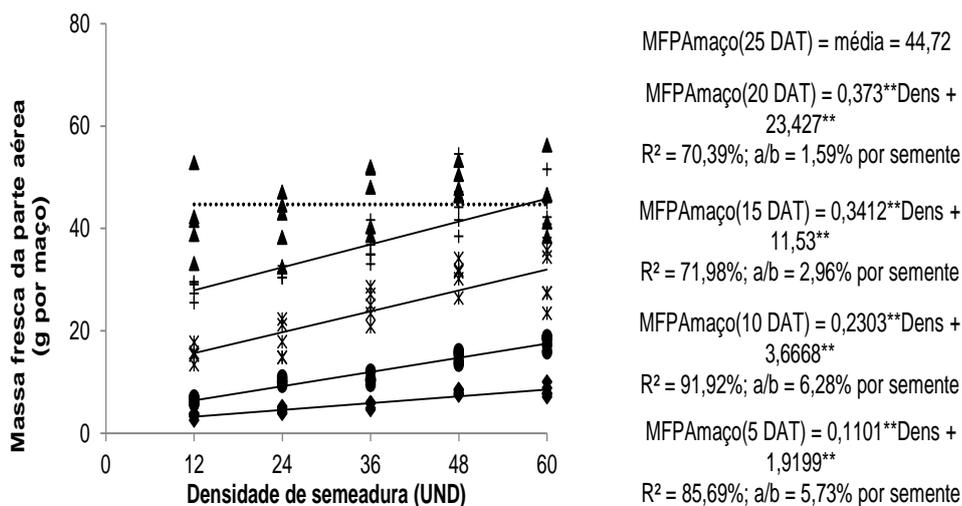
O comportamento da massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas (MFPA_{maço}) do coentro foi linear crescente com o incremento na densidade de semeadura. O incremento no acúmulo de MFPA_{maço} com a maior densidade (60 sementes) em relação à menor densidade (12 sementes) foi da ordem de 163,06; 171,91; 104,82 e 64,16%, aos 5, 10, 15 e 20 DAT, respectivamente (Figura 17). Esse comportamento já era esperado, ou seja, mesmo com redução no diâmetro do caule, das massas de matéria fresca da parte aérea, das folhas e do caule por planta, a maior quantidade de plantas por unidade de cultivo compensou essas perdas e proporcionou maior produção. A partir dos 15 DAT o acúmulo de MFPA_{maço} com a maior densidade de semeadura

em relação à menor densidade começou a reduzir, e aos 20 DAT ocorreu a menor diferença. Os maiores valores de $MFPA_{\text{maço}}$ foram obtidos com a maior densidade (60 sementes), quais sejam 8,53; 17,48; 32,0 e 45,81 g por maço de plantas, aos 5, 10, 15 e 20 DAT; aos 25 DAT a média foi de 44,72 g. Ou seja, as maiores densidades não foram capazes de sustentar a compensação da redução individual de matéria fresca por planta. Assim, a $MFPA_{\text{maço}}$ obtida com maiores densidades aos 25 DAT igualou-se à obtida com menores densidades, sendo que proporcionaram a mesma qualidade. Logo, utilizar a densidade de 12 sementes representa uma redução da ordem de 4 vezes menor no custo de aquisição das sementes.

Resultados similares aos do presente trabalho foram encontrados por Pinheiro et al. (2014) no cultivo de rúcula em hidroponia NFT. Os autores utilizaram as quantidades de 4, 8, 12, 16 e 20 sementes por célula de cultivo e aos 23 dias após o transplante procedeu-se a colheita; sendo que a partir da densidade de 8 sementes a produtividade de rúcula igualou-se com a maior densidade (20 sementes).

No trabalho conduzido por Cometti et al. (2001) em hidroponia NFT com os canais de cultivo dispostos em seção triangular (tipo pirâmide), a cultura da alface foi semeada em duas densidades (1 e 2 plantas por célula de espuma fenólica). De acordo com os autores, a utilização de duas plantas por célula de espuma fenólica, ou duas plantas por "furo" do canal de cultivo, foi vantajosa tanto na produção de massa fresca quanto no encurtamento do ciclo até a colheita da alface, em relação a apenas uma planta por célula, sendo que, a presença de duas plantas no mesmo furo do canal não trouxe qualquer prejuízo visual da "cabeça" de alface para a comercialização.

No estudo de Melo et al. (2010) também em hidroponia NFT, o maior rendimento com base nas massas de matéria fresca das folhas e caule de alface foi promovido quando cultivada duas plantas por célula de espuma fenólica em relação à apenas uma planta por célula. Sendo que, a utilização de duas plantas por célula, comprovadamente, é uma técnica que pode ajudar na precocidade da produção comercial.



** - significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 17. Massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas (MFPA_{maço}) do coentro hidropônico em função da densidade de semeadura, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplante (DAT).

Para cada aumento unitário na densidade de semeadura ocorreu aumento na massa matéria fresca da parte aérea do maço de plantas de coentro da ordem de 5,73; 6,28; 2,96 e 1,59%, respectivamente aos 5, 10, 15 e 20 DAT.

O espaçamento entre as unidades de cultivo (recipiente com as plantas de coentro) foi de 7 cm e entre os perfis hidropônicos de 20 cm. Como o coentro é comercializado em maços, com esse espaçamento a produção foi em média de 90 maços por m². Porém, ressalta-se que esse espaçamento não é o ideal, principalmente entre os recipientes de cultivo, pois quando as plantas estavam bem desenvolvidas dificultou a coleta dos recipientes dos perfis, em consequência das plantas estarem entrelaçadas umas com as outras. Nos próximos estudos recomenda-se a utilização de espaçamentos maiores entre os orifícios de cultivo.

Produção com base em massa de matéria seca

De acordo com o resumo da análise de variância, apenas aos 25 DAT os tipos de perfis hidropônicos promoveram diferenças significativas na massa de matéria seca da parte aérea por planta (MSPA_{planta}) (Tabela 8), na massa de matéria seca das folhas por planta (MSF) (Tabela 9) e na massa de matéria seca do caule por planta (MSC) (Tabela 10). Já quanto ao fator densidade de

semeadura, em todos os períodos de avaliação constataram-se diferenças significativas na MSF; a exceção da avaliação realizada aos 20 DAT, a $MSPA_{\text{planta}}$ e MSC também foram influenciadas. Aos 5 DAT a interação entre os fatores promoveu diferença significativa na MSC.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para a massa de matéria seca da parte aérea por planta ($MSPA_{\text{planta}}$) do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio				
		5 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	6,9870 ^{ns}	80,0882*	29,72 ^{ns}	1700,68**	676,52 ^{ns}
DPH	1	2,4909 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	278,48 ^{ns}	297,68 ^{ns}	5918,72*
Dens	4	56,7218**	234,7254**	642,92**	819,08 ^{ns}	6453,52**
DPH x Dens	4	17,5674 ^{ns}	34,8640 ^{ns}	34,28 ^{ns}	344,28 ^{ns}	817,12 ^{ns}
Erro	36	12,9749	30,3674	147,2756	418,1911	801,4978
CV (%)		28,51	25,50	25,43	19,82	17,17

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para a massa de matéria seca das folhas por planta (MSF) do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio				
		5 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	1,4454 ^{ns}	32,2236 ^{ns}	15,68 ^{ns}	163,88 ^{ns}	39,68 ^{ns}
DPH	1	0,40861 ^{ns}	0,4920 ^{ns}	92,48 ^{ns}	76,88 ^{ns}	1290,32**
Dens	4	23,1507**	77,8472**	226,08**	186,48*	1020,08**
DPH x Dens	4	2,4714 ^{ns}	7,5142 ^{ns}	7,68 ^{ns}	76,08 ^{ns}	126,72 ^{ns}
Erro	36	4,8473	13,1904	42,3467	65,7022	104,9689
CV (%)		28,42	27,18	26,93	21,31	21,01

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

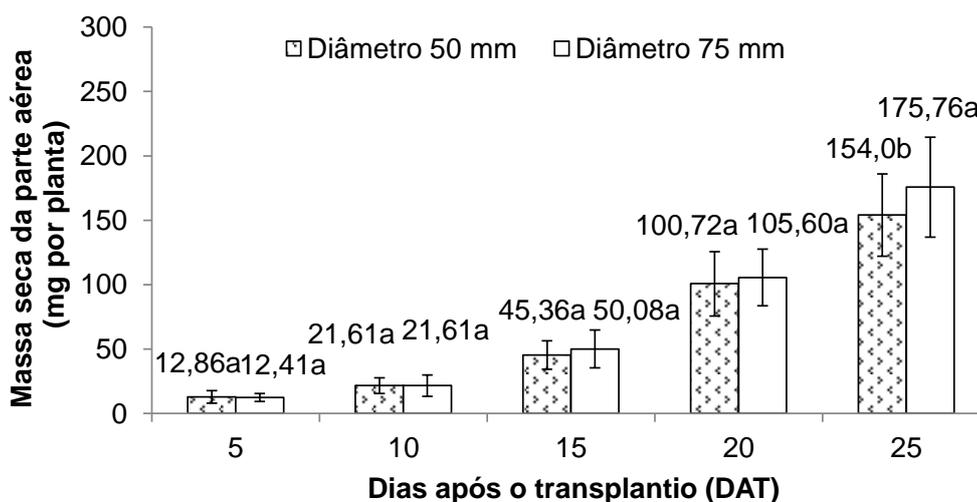
Tabela 10. Resumo da análise de variância para a massa de matéria seca do caule por planta (MSC) do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio				
		5 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	4,6104 ^{ns}	16,6178 ^{ns}	5,48 ^{ns}	818,92 ^{**}	624,92 ^{ns}
DPH	1	0,8818 ^{ns}	0,4763 ^{ns}	50,00 ^{ns}	72,00 ^{ns}	1682,00*
Dens	4	8,9450*	45,6367 ^{**}	117,08*	261,32 ^{ns}	2388,32 ^{**}
DPH x Dens	4	7,2636*	18,5533 ^{ns}	27,40 ^{ns}	109,00 ^{ns}	311,20 ^{ns}
Erro	36	2,3638	10,6758	44,4578	208,12	384,8756
CV (%)		31,46	39,61	28,30	22,15	16,89

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Aos 25 DAT, os canais de cultivo de 75 mm de diâmetro promoveram maior acúmulo de $MSPA_{planta}$ (Figura 18), com média da ordem de 175,76 mg por planta; quando o coentro foi cultivado nos canais de cultivo de 50 mm de diâmetro, ocorreu redução na $MSPA_{planta}$ em 12,38%. A redução na $MSPA_{planta}$ foi influenciada diretamente pela maior redução na MSF, que foi da ordem de 18,87% (Figura 20), contra redução da ordem de 9,51% na MSC (Figura 23).

Os resultados encontrados no presente trabalho corroboram com os reportados por Silva et al. (2014), em que o maior acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea do coentro Verdão em hidroponia NFT foi promovido no perfil hidropônico de maior diâmetro (90 mm), qual seja 0,31 g por planta; contra 0,20 g por planta no perfil de 58 mm.



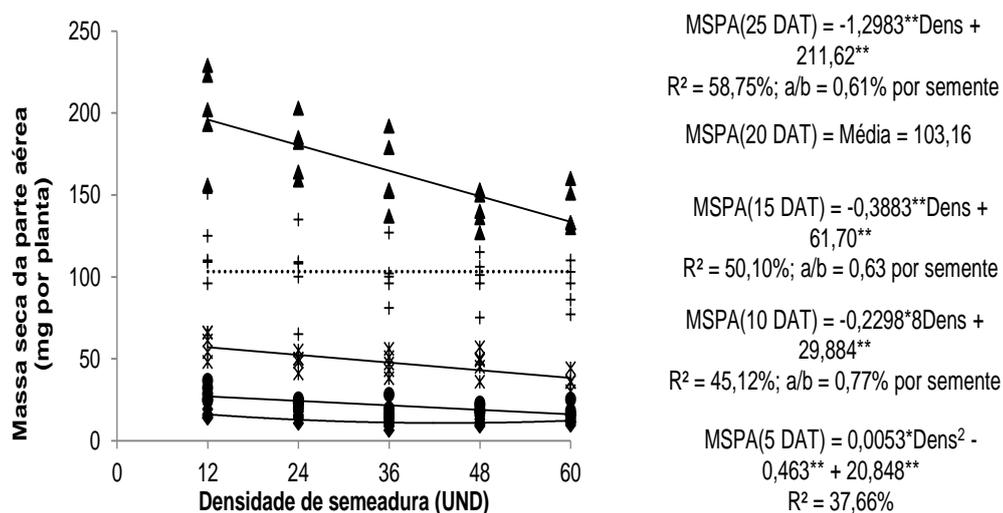
Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 18. Médias da massa de matéria seca da parte aérea por planta ($MSPA_{planta}$) do coentro hidropônico em função do diâmetro dos canais de cultivo, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT).

Assim como foi reportado para produção do coentro com base em massa de matéria fresca; aos 5 DAT a produção da massa de matéria seca da parte aérea por planta ($MSPA_{planta}$) apresentou comportamento quadrático com o incremento na densidade de semeadura. Aos 10, 15 e 25 DAT, o incremento na densidade de semeadura promoveu resposta linear decrescente na produção de $MSPA_{planta}$. Os valores médios de $MSPA_{planta}$ nesses mesmos intervalos de tempo foram da ordem de 27,13; 57,04 e 196,04 mg por planta com a densidade de 12 sementes. Aos 20 DAT a média foi de 103,16 mg por planta. A redução para cada aumento unitário na densidade de semeadura foi de 0,77; 0,63 e 0,61% aos 10, 15 e 25 DAT, respectivamente (Figura 19). Aos 10 DAT a redução na $MSPA_{planta}$ teve maior influência da MSC, com redução da ordem de 0,82% (Figura 24); contra redução na MSF da ordem de 0,73% (Figura 21). Já aos 15 e 25 DAT foi a MSF que teve maior efeito na redução da $MSPA_{planta}$, da ordem de 0,73 e 0,75%; contra redução na MSC de 0,51 e 0,55%.

Resultados similares ao do presente trabalho foi reportado por Silva et al. (2014), em que no cultivo do coentro em hidroponia NFT aos 32 dias após o semeio, a menor densidade de 5 sementes promoveu maior acúmulo de MSPA,

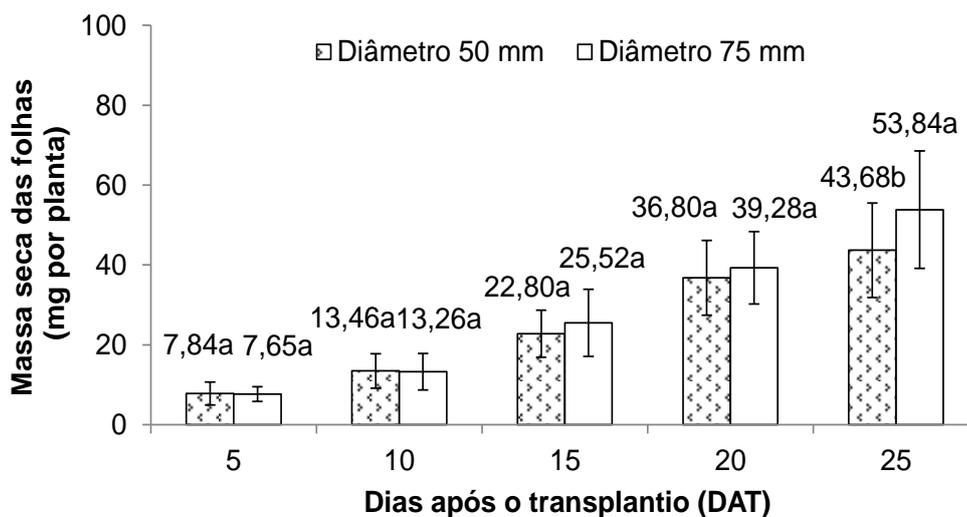
qual seja 0,31 g por planta; contra 0,26 g por planta com a maior densidade de 8 sementes. No estudo de Reghin et al. (2004) com rúcula nas densidades de 1, 2, 3 e 4 plantas por célula em bandeja, a menor densidade (1 planta por célula) também promoveu maior acúmulo de MSPA.



******, ***** - significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 19. Massa de matéria seca da parte aérea por planta ($\text{MSPA}_{\text{planta}}$) do coentro hidropônico em função da densidade de semeadura, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplante (DAT).

Como já reportado para a $\text{MSPA}_{\text{planta}}$ do coentro hidropônico, aos 25 DAT os perfis hidropônicos de 75 mm também promoveram maior acúmulo de massa de matéria seca das folhas por planta (MSF), com média da ordem de 53,84 mg por planta; já quando foram utilizados os perfis de 50 mm ocorreu redução na MSF para 43,68 mg por planta (Figura 20).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

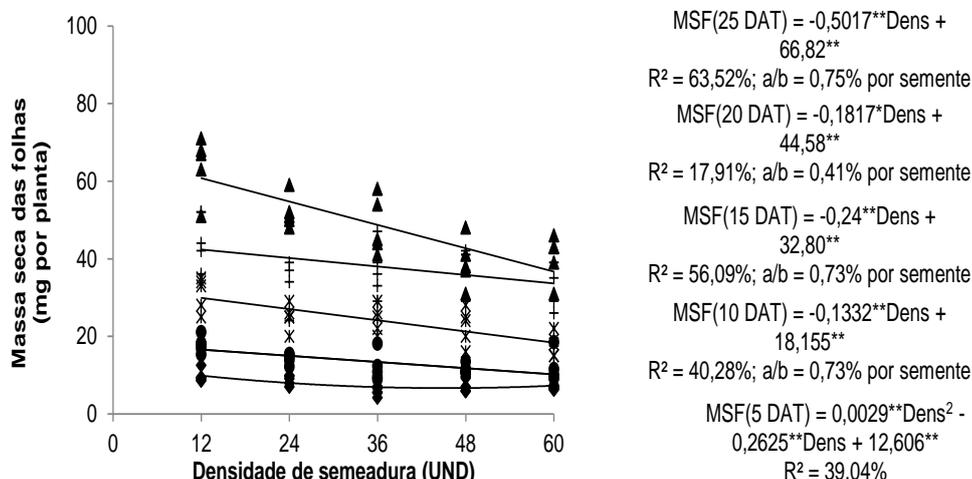
Figura 20. Médias da massa de matéria seca das folhas por planta (MSF) do coentro hidropônico em função do diâmetro dos canais de cultivo, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplante (DAT).

Quanto a MSF, aos 5 DAT o comportamento foi quadrático em função do incremento na densidade de semeadura, sendo a densidade de 12 sementes que promoveu maior acúmulo de MSF, da ordem de 9,87 mg por planta; a densidade de 45 sementes promoveu menor MSF, qual seja 6,67 mg por planta (Figura 21).

Aos 10, 15, 20 e 25 DAT, a MSF foi reduzida linearmente com o aumento na quantidade de sementes por unidade de cultivo. O maior acúmulo de MSF foi promovido com a menor densidade (12 sementes), da ordem de 16,56; 29,92; 42,40 e 66,82 mg por planta, respectivamente nesses mesmos períodos de tempo. Quando foi utilizada a maior densidade (60 sementes), ocorreu redução na MSF da ordem de 38,62; 38,50; 20,57 e 39,61% em relação à densidade de 12 sementes. Cada uma semente a mais semeada reduziu a MSF em 0,73; 0,73; 0,41 e 0,75%, aos 10, 15, 20 e 25 DAT, respectivamente.

Os resultados encontrados no presente trabalho diferem dos apresentados por Pinheiro et al. (2014). Estes autores cultivaram rúcula em hidroponia NFT sob as densidades de 4, 8, 12, 16 e 20 sementes por célula de cultivo, sendo que o menor acúmulo de massa de matéria seca das folhas (MSF) foi encontrado com a

menor densidade (4 plantas por célula); já a partir da densidade de 8 plantas o acúmulo de MSF se equiparou a maior densidade (20 plantas por célula).



** , * - significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 21. Massa de matéria seca das folhas por planta (MSF) do coentro hidropônico em função da densidade de semeadura, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplantio (DAT).

No desdobramento da interação dos tipos de perfis hidropônicos dentro de cada densidade de semeadura aos 5 DAT (Tabela 11), observou-se que a MSC do coentro hidropônico nas densidades de 24, 48 e 60 sementes não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Já com a menor densidade (12 sementes), verificou-se que o maior valor médio da MSC foi de 6,94 mg por planta, quando o coentro foi cultivado no perfil hidropônico com diâmetro de 50 mm. Já quando se utilizou a densidade de 36 sementes, a maior média da MSC foi obtida quando o coentro foi cultivado no perfil hidropônico com diâmetro de 75 mm, qual seja de 4,74 mg por planta.

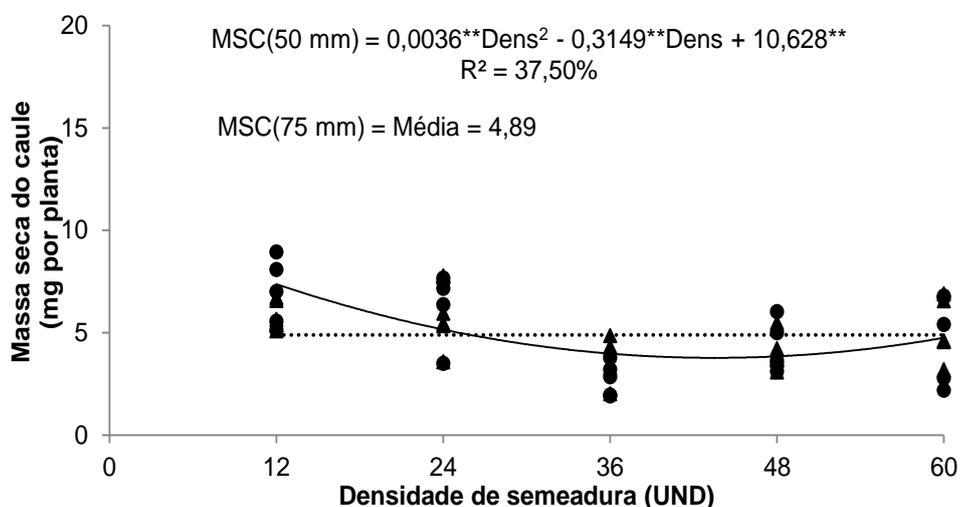
Tabela 11. Desdobramento da interação dos perfis hidropônicos dentro de cada densidade de semeadura para massa de matéria seca do caule por planta (MSC) do coentro hidropônico (mg por planta), aos 5 dias após o transplantio (DAT)

DPH	Densidade de semeadura (UND)				
	12	24	36	48	60

D50	6,94a	6,43a	2,73b	4,23a	4,77a
D75	4,81b	4,79a	4,74a	3,89a	5,54a

DPH - diâmetro dos perfis hidropônicos; D50 e D75 - diâmetro dos perfis hidropônicos de 50 e 75 mm. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

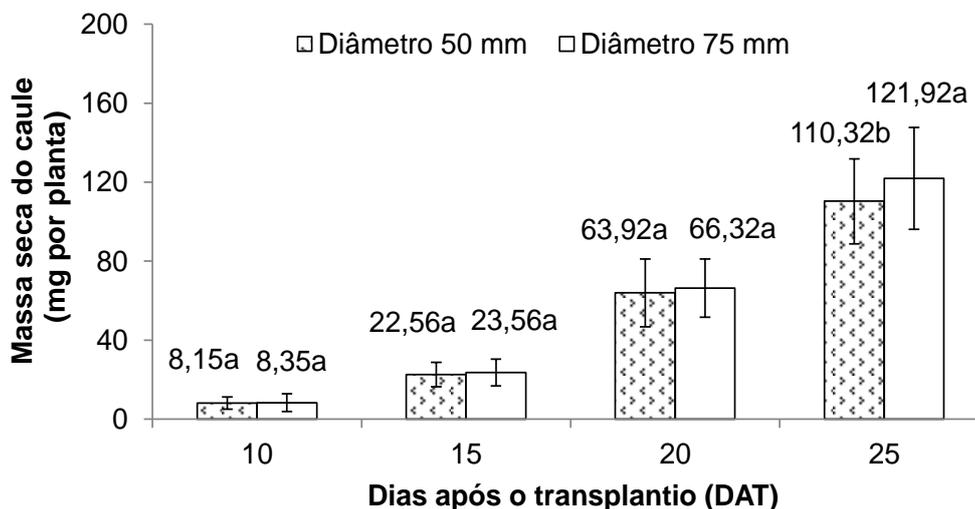
Na avaliação do desdobramento da interação das densidades de semeadura dentro de cada diâmetro dos perfis hidropônicos aos 5 DAT, observou-se que a MSC do coentro cultivado no perfil hidropônico com diâmetro de 50 mm apresentou comportamento quadrático. Já a MSC do coentro quando cultivado no perfil hidropônico de 75 mm, não foi possível o ajuste de modelos matemáticos, com média da ordem de 4,89 mg por planta (Figura 22). Quando o coentro foi cultivado no perfil de 50 mm, a maior produção de MSC foi obtida com a densidade de 12 sementes, com média de 6,94 mg por planta e o menor valor foi obtida com a densidade de aproximadamente 44 sementes, média de 3,74 mg por planta.



** - significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 22. Desdobramento da interação das densidades de semeadura dentro dos perfis hidropônicos de 50 e 75 mm para massa de matéria seca do caule por planta (MSC) do coentro hidropônico, aos 5 dias após o transplântio (DAT).

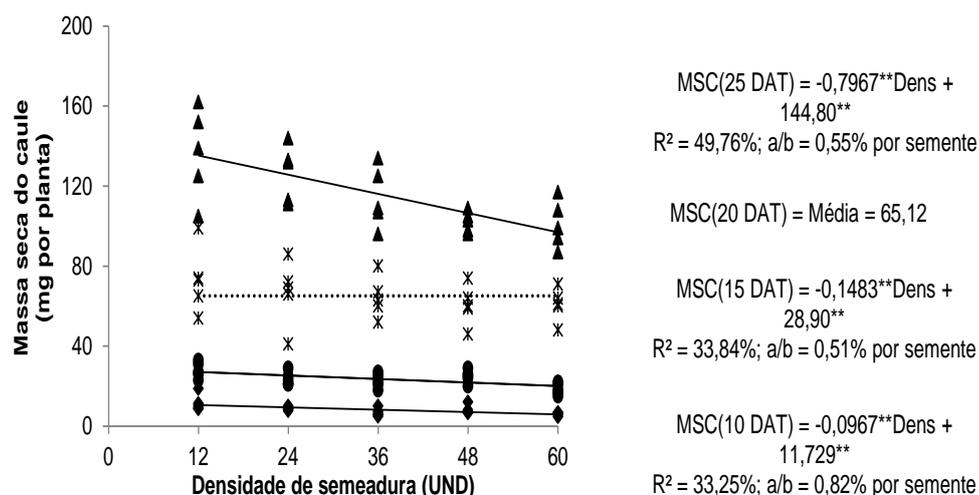
Aos 25 DAT, os canais de cultivo de 75 mm promoveram maior acúmulo de MSC, da ordem de 121,92 mg por planta; contra 110,32 mg por planta nos canais de 50 mm (Figura 23).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 23. Médias da massa de matéria seca do caule por planta (MSC) do coentro hidropônico em função do diâmetro dos canais de cultivo, aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT).

No que diz respeito ao acúmulo de MSC, os maiores valores médios foram obtidos com a menor quantidade de sementes, quais sejam da ordem de 16,56; 29,92 e 135,24 mg por planta, aos 10, 15 e 25 DAT respectivamente. A média aos 20 DAT foi da ordem de 65,12 mg por planta. Quando foi utilizada a maior quantidade de 60 sementes, a MSC reduziu em 38,62; 38,50 e 28,28% em relação à densidade de 12 sementes, nesses mesmos períodos de tempo. A MSC foi reduzida em 0,82; 0,51 e 0,55% por cada semente a mais semeada no recipiente de cultivo (Figura 24).



** - significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 24. Massa de matéria seca do caule por planta (MSC) do coentro hidropônico em função da densidade de semeadura, aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplante (DAT).

Taxa de crescimento absoluto e relativo

A velocidade de crescimento para altura das plantas e massa de matéria seca da parte aérea por planta do coentro hidropônico, detectada por meio das taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) encontra-se nas Tabelas 12 e 13. Apenas o fator densidade de semeadura promoveu efeito significativo ($p < 0,05$) na TCR da altura de planta no período de 10-15 DAT, porém não foi possível ajustar qualquer modelo matemático aos dados observados; os perfis hidropônicos e a densidade de semeadura promoveram efeito altamente significativo ($p < 0,01$) na TCA da massa de matéria seca da parte aérea por planta do coentro, no período de 5-25 DAT.

Tabela 12. Resumo da análise de variância para a taxa de crescimento absoluto (TCA) no período dos 5-25 dias após o transplante (DAT) e taxa de crescimento relativo (TCR) no período dos 5-25; 5-10; 10-15; 15-20 e dos 20-25 DAT da altura de planta do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens)

FV	GL	Quadrado Médio					
		TCA ₅₋₂₅	TCR ₅₋₂₅	TCR ₅₋₁₀	TCR ₁₀₋₁₅	TCR ₁₅₋₂₀	TCR ₂₀₋₂₅
Bloco	4	0,0044 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,0003 ^{ns}

DPH	1	0,0135 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Dens	4	0,0609 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0013*	0,0003 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
DPH x Dens	4	0,0118 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,00012 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Erro	36	0,0378	0,0000	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005
CV (%)		13,82	8,80	45,30	22,34	24,29	43,53

* - significativo pelo teste F a 0,05 de probabilidade, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para a taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) da massa de matéria seca da parte aérea por planta do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), no período dos 5-25 dias após o transplântio (DAT)

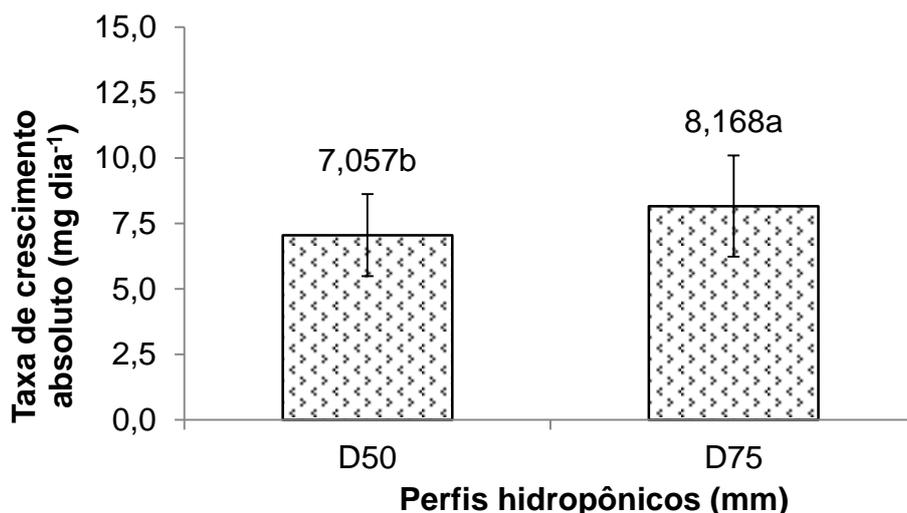
FV	GL	Quadrado Médio	
		TCA ₅₋₂₅	TCR ₅₋₂₅
Bloco	4	1,840187 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
DPH	1	15,410131**	0,000496 ^{ns}
Dens	4	14,148264**	0,000684 ^{ns}
DPH x Dens	4	2,564797 ^{ns}	0,000549 ^{ns}
Erro	36	2,073351	0,000313
CV (%)		18,92	13,62

** - significativo pelo teste F a 0,01 de probabilidade, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

A TCA da altura de planta média foi de 1,406 cm dia⁻¹ ao longo do período de avaliação dos 5 aos 25 DAT e nesse mesmo período, a TCR foi de 0,068 cm cm⁻¹ dia⁻¹. Os valores médios da TCR no período dos 5 aos 10; 10 aos 15; 15 aos 20 e dos 20 aos 25 DAT foram da ordem de 0,049; 0,092; 0,080 e 0,051 cm cm⁻¹ dia⁻¹, respectivamente (dados não mostrados). Segundo Benincasa (2003), a TCR expressa a velocidade do crescimento da altura das plantas e também leva em consideração a quantidade de material que está sendo acumulado.

Assim como já reportado para as características citadas acima, mais uma vez os perfis hidropônicos de 75 mm predominaram sobre os de 50 mm. A TCA da massa de matéria seca da parte aérea por planta no período de 5-25 DAT foi da ordem de 8,168 mg dia⁻¹ para o perfil de 75 mm e 7,057 mg dia⁻¹ para o perfil

de 50 mm, redução de 13,59% ($1,11 \text{ mg dia}^{-1}$) (Figura 25). Segundo Costa et al. (2006), a análise de crescimento é um método de grande importância na avaliação das diferenças comportamentais de plantas que sofrem influência de determinadas práticas agrônomicas, efeitos de competição, estímulos ou estresses climáticos e fatores intrínsecos associados à fisiologia da planta.



Letras diferentes indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

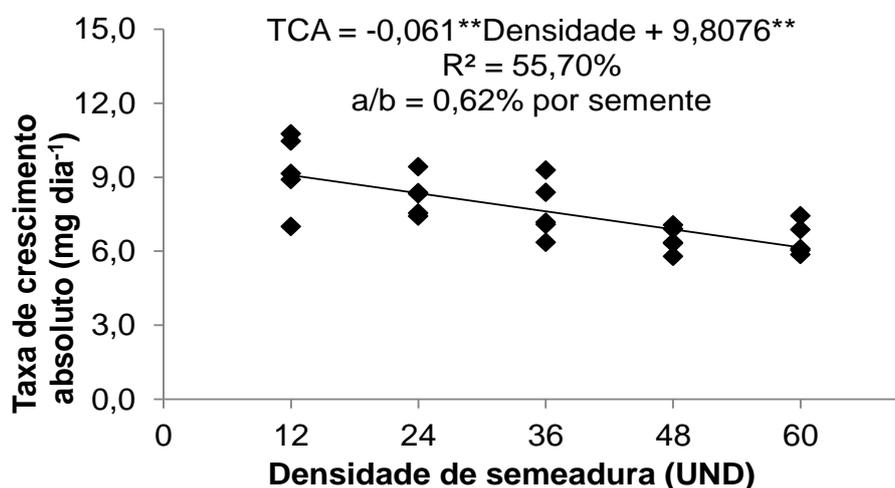
Figura 25. Taxa de crescimento absoluto (TCA) da massa de matéria seca da parte aérea por planta do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos, no período dos 5-25 dias após o transplântio (DAT).

O incremento na densidade de semeadura promoveu reduções na TCA da massa de matéria seca da parte aérea por planta do coentro no período dos 5-25 DAT (Figura 26). A maior TCA foi obtida com a menor densidade de semeadura, de $9,073 \text{ mg dia}^{-1}$. A redução com a maior densidade (60 sementes) em relação à menor densidade (12 sementes) foi de 32,26% ($2,928 \text{ mg dia}^{-1}$). Cada aumento unitário na densidade de semente reduziu a TCA da massa de matéria seca da parte aérea por planta do coentro em 0,62%. Essa redução na TCA é atribuída principalmente à competição entre as plantas, ou seja, a maior densidade de semeadura promoveu menor acúmulo de matéria seca das plantas no mesmo período de tempo.

No período da primeira até a última avaliação (5-25 DAT), o valor médio da taxa de crescimento relativo (TCR) foi de $0,130 \text{ mg mg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Segundo Cometti et

al. (2008), a TCR fornece uma visão instantânea da eficiência de produção de uma planta a partir de uma derivada do crescimento em determinado período. A TCR mostra uma vantagem na interpretação de mudanças no crescimento por não sofrer grandes variações com diferentes períodos analisados.

Na hidroponia há uma precocidade em relação ao plantio convencional, diante disso, do ponto de vista de aproveitamento econômico da estrutura de produção hidropônica, já que este tipo de sistema permite uma produção contínua (ano todo) é importante o conhecimento do período do ciclo das culturas que acumula maior quantidade de fitomassa, principalmente para a produção de matéria fresca das hortaliças.



** - significativo a 0,01 de probabilidade pelo teste de Student "t".

Figura 26. Taxa de crescimento absoluto (TCA) da massa de matéria seca da parte aérea por planta do coentro hidropônico, em função da densidade de semeadura, no período dos 5-25 dias após o transplante (DAT).

Teor de água da parte aérea, das folhas e do caule do coentro

O resumo da análise de variância do teor de água da parte aérea (U_{PA}), das folhas (U_{Folhas}) e do caule por planta (U_{Caule}) do coentro hidropônico é apresentado na Tabela 14 (5 e 10 DAT), Tabela 15 (15 e 20 DAT) e Tabela 16 (25 DAT). Houve interação significativa ($p < 0,05$) dos fatores estudados apenas no teor de água do caule, aos 5 DAT (Tabela 14) e aos 15 DAT (Tabela 15). No estudo dos

fatores isolados, a densidade de semeadura promoveu diferenças significativas ($p < 0,01$) no teor de água do caule aos 25 DAT (Tabela 16).

Tabela 14. Resumo da análise de variância para o teor de água da parte aérea (U_{PA}), das folhas (U_{Folhas}) e do caule por planta (U_{Caule}) do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 5 e 10 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio					
		5 DAT			10 DAT		
		U_{PA}	U_{Folhas}	U_{Caule}	U_{PA}	U_{Folhas}	U_{Caule}
Bloco	4	13,922 ^{ns}	9,042 ^{ns}	37,278 ^{ns}	5,575 ^{ns}	10,597 ^{ns}	8,105 ^{ns}
DPH	1	3,869 ^{ns}	4,153 ^{ns}	2,837 ^{ns}	2,724 ^{ns}	14,699 ^{ns}	0,506 ^{ns}
Dens	4	22,577 ^{ns}	16,166 ^{ns}	41,643 ^{ns}	5,164 ^{ns}	7,758 ^{ns}	7,913 ^{ns}
DPH x Dens	4	25,225 ^{ns}	12,452 ^{ns}	53,824*	4,809 ^{ns}	8,241 ^{ns}	7,713 ^{ns}
Erro	36	14,599	16,131	18,283	4,763	8,643	8,819
CV (%)		4,27	4,52	4,76	2,38	3,27	3,18

* - significativo pelo teste F a 0,05 de probabilidade, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 15. Resumo da análise de variância para o teor de água da parte aérea (U_{PA}), das folhas (U_{Folhas}) e do caule por planta (U_{Caule}) do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 15 e 20 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio					
		15 DAT			20 DAT		
		U_{PA}	U_{Folhas}	U_{Caule}	U_{PA}	U_{Folhas}	U_{Caule}
Bloco	4	0,774 ^{ns}	4,796 ^{ns}	0,602 ^{ns}	4,234**	7,500 ^{ns}	4,088**
DPH	1	0,463 ^{ns}	5,746 ^{ns}	2,180 ^{ns}	1,890 ^{ns}	4,974 ^{ns}	1,229 ^{ns}
Dens	4	0,523 ^{ns}	5,637 ^{ns}	0,571 ^{ns}	0,806 ^{ns}	2,860 ^{ns}	1,995 ^{ns}
DPH x Dens	4	1,692 ^{ns}	3,935 ^{ns}	3,105*	1,419 ^{ns}	1,745 ^{ns}	1,059 ^{ns}
Erro	36	0,929	5,168	0,930	0,859	2,899	0,804
CV (%)		1,05	2,58	1,03	1,01	1,94	0,97

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 16. Resumo da análise de variância para o teor de água da parte aérea (U_{PA}), das folhas (U_{Folhas}) e do caule por planta (U_{Caule}) do coentro hidropônico, em função do diâmetro dos perfis hidropônicos (DPH) e densidade de semeadura (Dens), aos 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio		
		-----25 DAT-----		
		U_{PA}	U_{Folhas}	U_{Caule}
Bloco	4	2,0156 ^{ns}	8,3167 ^{ns}	3,4699*
DPH	1	3,1853 ^{ns}	6,6539 ^{ns}	2,8322 ^{ns}
Dens	4	3,1696 ^{ns}	21,7121**	2,2172 ^{ns}
DPH x Dens	4	0,7925 ^{ns}	4,1074 ^{ns}	2,5559 ^{ns}
Erro	36	1,7833	4,7150	1,2718
CV (%)		1,49	2,56	1,24

**, * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

No desdobramento da interação dos tipos de perfis hidropônicos dentro de cada densidade de semeadura, observou-se que a umidade do caule do coentro hidropônico quando cultivado nas densidades de 12, 48 e 60 sementes não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de significância, aos 5 DAT (Tabela 17). Já quando se utilizou a densidade de 24 sementes, o maior teor de água do caule (91,48%) foi obtido quando o coentro foi cultivado no perfil hidropônico de 75 mm. Já na densidade de 36 sementes, o perfil hidropônico de 50 mm promoveu maior umidade do caule, de 93,65%. Aos 15 DAT (Tabela 18), os perfis hidropônicos apresentaram diferenças significativas apenas na densidade de 48 sementes, tendo apresentado o canal de cultivo de 75 mm o maior valor médio, de 94,71%.

Tabela 17. Desdobramento da interação dos tipos de perfis hidropônicos dentro de cada densidade de semeadura para o teor de água do caule por planta (U_{Caule}) do coentro hidropônico, aos 5 dias após o transplântio (DAT)

DPH	Densidade de semeadura (unidade)				
	12	24	36	48	60
D50	91,26a	85,80b	93,65a	90,60a	87,03a

D75 93,98a 91,48a 86,65b 91,99a 87,31a

DPH - diâmetro dos perfis hidropônicos; D50 e D75 - diâmetro dos perfis hidropônicos de 50 e 75 mm. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Tabela 18. Desdobramento da interação dos tipos de perfis hidropônicos dentro de cada densidade de semeadura para o teor de água do caule por planta (U_{Caule}) do coentro hidropônico, aos 15 dias após o transplântio (DAT)

DPH	Densidade de semeadura (unidade)				
	12	24	36	48	60
D50	94,34a	94,51a	94,12a	92,57b	94,33a
D75	93,54a	93,83a	94,31a	94,71a	93,96a

DPH - diâmetro dos perfis hidropônicos; D50 e D75 - diâmetro dos perfis hidropônicos de 50 e 75 mm. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Na avaliação do desdobramento da interação das densidades de semeadura dentro de cada diâmetro dos perfis hidropônicos, não foi possível o ajuste de modelos matemáticos aos dados observados, aos 5 e 15 DAT. Os valores médios foram de 89,67 e 90,14%, aos 5 DAT; aos 15 DAT, os valores médios foram da ordem de 93,81 e 94,23%, quando o coentro foi cultivado nos perfis com diâmetro de 50 e 75 mm, respectivamente (Figura 27).

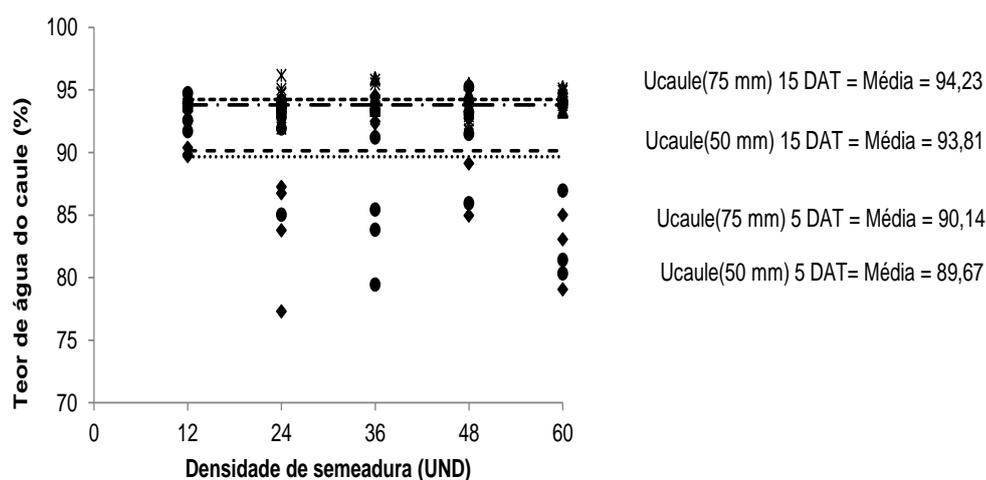


Figura 27. Desdobramento da interação das densidades de semeadura dentro do diâmetro dos perfis hidropônicos para o teor de água do caule por planta (U_{Caule})

do coentro hidropônico, nos canais de 50 e 75 mm aos 5 e 10 dias após o transplântio (DAT).

Não foi obtido ajuste de modelos matemáticos aos dados observados do teor de água das folhas por planta do coentro em função da densidade de sementeira, aos 25 DAT (Figura 28). O valor médio foi de 84,90%.

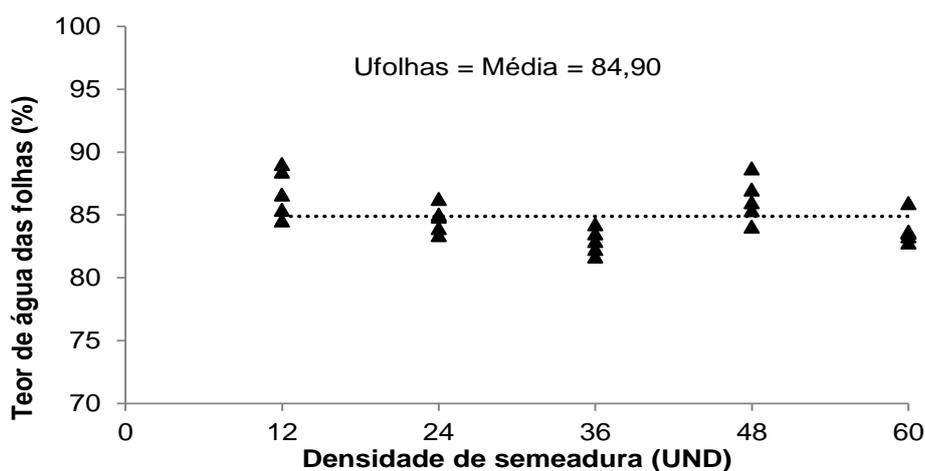


Figura 28. Teor de água das folhas por planta (U_{Folhas}) do coentro hidropônico em função da densidade de sementeira, aos 25 dias após o transplântio (DAT).

CONCLUSÕES

As melhores respostas das características avaliadas do coentro foram nos canais de cultivo de 75 mm de diâmetro.

Em todos os períodos de avaliações (5, 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio), as melhores respostas para as variáveis de crescimento e produção por planta de coentro foi com a densidade de 12 sementes por recipiente de cultivo.

No final do ciclo de cultivo (25 dias após o transplântio), a produção de coentro comercializável (massa de matéria de massa fresca da parte aérea do maço de plantas) com a menor quantidade de sementes (12 sementes) se equiparou a produção com a maior quantidade (60 sementes).

Em média para produzir um maço de plantas de coentro comercializável foi gasto 1,60 L de água.

REFERÊNCIAS

AKHANI, A.; DARZI, M. T.; HADI, M. H. S. Effects of biofertilizer and plant density on yield components and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum*). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 4, n. 16, p. 1205-1211, 2012.

ALMEIDA, O. A. **Informações meteorológicas do CNP-Mandioca Fruticultura Tropical**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA - CNPMF. 1991. 35p. EMBRAPA - CNPMF. Documentos, 34.

ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D. I.; SCHMITT, O. J.; VAZ, M. A. B.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 684-690, 2009.

BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; PIVETTA, K. F. L.; CAVALCANTE, I. H. L.; CAVALCANTE, L. F.; SILVA JÚNIOR, J. V. Nutritional status of the potted chrysanthemum relative to electrical conductivity and salt leaching. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 782-789, 2013.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

CAZUZA NETO, A.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A.; FREITAS, F. T. O.; MELO, D. M.; SILVA FILHO, J. A. Efeito da salinidade no consumo hídrico do molho de coentro produzido em sistema hidropônico NFT. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais...** II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014a. p. 3685-3693.

CAZUZA NETO, A.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A.; FREITAS, F. T. O.; MELO, D. M.; SILVA FILHO, J. A. Qualidade do molho de coentro produzido em água salobra em sistema hidropônico NFT. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting**: Fortaleza, CE, 2014b. p. 3678-3684.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; FERNANDES, M. S. Avaliação do número de plantas de alface por célula de espuma fenólica e posição das plantas em sistema hidropônico na produção de alface. In: 28º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2001, Londrina, PR. **Anais... 28º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Londrina, PR, 2001.

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. 252-257, 2008.

COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C. Crescimento e partição de assimilados em melão cantaloupe em função de concentrações de fósforo em solução nutritiva. **Científica**, v. 34, n. 1, p. 123-130, 2006.

DONEGÁ, M. A. **Relação K:Ca e aplicação de silício na solução nutritiva para o cultivo hidropônica de coentro**. 2009. 62p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência & 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.

GHOBADI, M. E.; GHOBADI, M. The Effects of sowing dates and densities on yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v. 46, p. 10-23, 2010.

GOMES, L. O. **Resposta da cultura do agrião à salinidade utilizando um sistema hidropônico do tipo NFT**. 2009. 66p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SANTOS, A. P.; COSTA, L. M.; SILVA, A. R. C.; LUCENA, R. R. M. Crescimento e produtividade de coentro e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 55-60, 2008.

LATIFI, M.; BARIMAVANDI, A.; SEDAGHATHOOR, S.; LIPAYI, S. R. Sowing date and plant population effects on seed yield of *Cucurbita pepo*. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 14, n. 4, p. 641-644, 2012.

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

MELO, D. J. F.; BARBIERI, E.; ANDRADE, L. F.; PEREIRA, E. W. L.; COMETTI, N. N. Avaliação de cultivares de alface e número de plantas por célula, em cultivo hidropônico em ambiente tropical. In: 50^o Congresso Brasileiro de Olericultura, 2010, Guarapari, ES. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2 (Suplemento - CD Rom), p. 297-302, 2010.

MELO, H. N. S.; MIRANDA, R. J. A.; MOURA, L. R. B.; MELO FILHO, C. P.; ANDRADE NETO, C. O.; LUCAS FILHO, M. Hidroponia com esgoto tratado – Técnica do filme nutriente. In: 6^o Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária

e Ambiental, 2002, Vitória, ES. **Anais...** 6º Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vitória, ES, 2002.

MOOSAVI, S. G. R. Yield and yield components of *Coriandrum sativum* L. as affected sowing date and plant density. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 4, p. 88-92, 2012.

MOOSAVI, S. G. R. Fennel morphological traits and yield as affected by sowing date and plant density. **Advance in Agriculture and Biology**, v. 1, n. 1, p. 45-49, 2014.

MOOSAVI, S. G. R.; SEGHATOLESLAMI, M. J.; EBRAHIMI, A.; FAZELI, M. H. The effect of planting date and plant density on morphological traits and essential oil yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 4, n. 8, p. 496-501, 2012.

MOOSAVI, S. G. R.; SEGHATOLESLAMI, M. J.; EBRAHIMI, A.; FAZELI, M. H.; JOUYBAN, Z. The effect of nitrogen rate and plant density on morphological traits and essential oil yield of coriander. **Journal of Ornamental and Horticultural Plants**, v. 3, n. 2, p. 95-103, 2013.

OLIVEIRA, A. P.; PAIVA SOBRINHO, S.; BARBOSA, J. K. A.; RAMALHO, C. I.; OLIVEIRA, A. L. P. Rendimento de coentro cultivado com doses crescentes de N. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 81-83, 2003.

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.

PINHEIRO, R. R.; RODRIGUES JUNIOR, A.; MELLO, S. C.; CAMPAGNOL, R.; HARANO, G. S. Número de sementes por muda na produção de rúcula hidropônica. In: 9º Encontro Brasileiro de Hidroponia e 1º Simpósio Brasileiro de

Hidroponia, 2014, Florianópolis, SC. **Anais...** 9º Encontro Brasileiro de Hidroponia e 1º Simpósio Brasileiro de Hidroponia, Florianópolis, SC, 2014. 4p.

RASSAM, G. A.; NADDAF, M.; SEFIDKAN, F. Effects of sowing date and plant density on seed yield and yield components of *Pimpinella anisum*. **Research and Scientific Journal of Iranian Ministry of Agriculture**. v. 20, n. 2, p. 127-133, 2007.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. V. D. Efeito da densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo da rúcula. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 28, n. 2, p. 287-295, 2004.

ROSA, A. M.; SEÓ, H. L. S.; VOLPATO, M. B.; FOZ, N. V.; SILVA, T. C.; BARCELOS-OLIVEIRA, J. L.; PESCADOR, R.; OGLIARI, J. B. Production and photosynthetic activity of mimosa verde and mimosa roxa lettuce in two farming systems. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, p. 494-501, 2014.

SALES, F. A. L.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; VIANA, T. V. A.; FREITAS, C. A. S. Telas agrícolas como subcobertura no cultivo de alface hidropônica. **Ciência Rural**, v. 44, n. 10, p. 1755-1760, 2014.

SILVA, J. A.; SILVA, G. N.; SOARES, C. S. Utilização de diferentes canais de cultivo hidropônico para o coentro. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais...** II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014. p. 3516-3522.

SOUSA, V. L. B.; LOPES, K. P.; COSTA, C. C.; PÔRTO, D. R. Q.; SILVA, D. S. O. Tratamento pré germinativo e densidade de semeadura de coentro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 21-26, 2011.

TAKAHASHI, H. W.; HIDALGO, P. C.; FADELLI, L.; CUNHA, M. E. T. Composição e manejo da solução nutritiva visando a diminuição do teor de nitrato nas folhas de alface hidropônica. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 06-09, 2007.

ZAREIE, M. H.; MOOSAVI, S. G. R.; SEGHATOLESLAMI, M. J. Effects of sowing date and plant density on yield and yield components of *Coriandrum sativum* L. **International Journal of Agriculture: Research and Review**, v. 2, n. 5, p. 555-563, 2012.

CAPÍTULO 2

FREQUÊNCIAS DE RECIRCULAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE COENTRO COM ÁGUA DOCE E SALOBRA

Frequências de recirculação de solução nutritiva no cultivo hidropônico de coentro com água doce e salobra

Autor: Mairton Gomes da Silva

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Coorientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

RESUMO: A hidroponia tem se mostrado uma técnica de cultivo bastante condizente para produção agrícola em condição de escassez e baixa qualidade da água. Diante disso, com o presente trabalho objetivou-se avaliar a produção e o consumo hídrico do coentro cultivado em condições hidropônicas com diferentes intervalos de recirculação da solução nutritiva e o uso de água doce e salobra. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos foram instalados em esquema fatorial 2x4, totalizando 40 parcelas, sendo estudados dois tipos de água: água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) e água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) e quatro frequências de recirculação da solução nutritiva (em intervalos de 0,25; 2; 4 e 8 h). A frequência-controle (0,25 h) consistiu da seguinte programação: das 6:00 às 20:00 horas o sistema ficou ligado 15 min e 15 min desligado, das 20:00 às 6:00 horas a recirculação foi a cada 2 horas, com duração de 15 min; na segunda, na terceira e na quarta frequência a recirculação foi a cada 2, 4 e 8 horas, respectivamente, com duração de 15 min. O sistema hidropônico utilizado foi o DFT (técnica do fluxo profundo) com perfis de cultivo em nível. Foram avaliadas variáveis de crescimento, produção e relações hídricas em diferentes épocas do ciclo do coentro. Concluiu-se que: o uso de água doce promoveu as melhores respostas em crescimento e produção; o volume consumido para produzir um maço de 12 plantas de coentro foi da ordem de 1,45 L com água doce e de 0,97 L com água salobra; a alta frequência de recirculação da solução nutritiva de 0,25 h (controle) promoveu produção de matéria fresca de 44,88 g por maço de 12 plantas, contra 40,72 g por maço em baixa frequência (8 h); em alta frequência (0,25 h) o volume consumido foi de 1,36 L; contra 1,18 L em baixa frequência (8 h).

Palavras-chave: Águas salobras, cultivo sem solo, sistema DFT.

Frequency of recirculation of the nutrient solution in the hydroponic cultivation of coriander with fresh and brackish water

Author: Mairton Gomes da Silva

Adviser: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Co-Advisor: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

ABSTRACT: The hydroponics has proven to be a cultivation technique very befitting for agricultural production in conditions of scarcity and low water quality. Therefore, the present study aimed to evaluate the production and water consumption in the cultivation of coriander in hydroponic conditions with different intervals of recirculation of the nutrient solution and the use of fresh and brackish water. The experiment was conducted in a randomized block, with five replications. The treatments were installed in a 2x4 factorial design, with 40 plots: studying the effects of two types of salinity - fresh water ($EC=0.32 \text{ dS m}^{-1}$) and brackish water ($EC=4.91 \text{ dS m}^{-1}$) and four frequencies of recirculation of the nutrient solution (at intervals of 0.25, 2, 4 and 8 h). The control frequency (0.25 h) was consisted of the following programming: 6:00 to 20:00 hours the system functioned 15 min at 15 min interval, from 20:00 to 6:00 hours the recirculation was proceeded every 2 hours, with a duration of 15 min; in the second, third and fourth frequency, the recirculation was performed every 2, 4 and 8 hours, respectively, with a duration of 15 min. The hydroponic system used was the DFT (deep flow technique) with channels in level. Growth variables, production and water relations in different stages of coriander cycle were evaluated. The results permit to conclude: the use of fresh water promoted the best results in growth and production; the volume consumed to produce a bunch of 12 plants of coriander was approximately 1.45 L with fresh water and with brackish water was 0.97 L; the high frequency of recirculating of the nutrient solution at 0.25 h (control) promoted production of fresh weight of 44.88 g per bunch of 12 plants versus 40.72 g per bunch in low frequency (8 h); in high frequency (0.25 h), the volume consumed was 1.36 L versus 1.18 L under low frequency (8 h).

Keywords: Brackish waters, soilless, DFT system.

INTRODUÇÃO

A necessidade de aumentar a produção de alimentos aliada à globalização do comércio e à competitividade dos produtos agrícolas tem estimulado cooperativas e produtores a buscarem técnicas alternativas para a melhoria da produtividade e redução de custos (ALBUQUERQUE FILHO et al., 2009). A agricultura irrigada é uma alternativa para a produção de alimentos em regiões de clima árido e semiárido, contudo, o uso de água de baixa qualidade na irrigação e o manejo inadequado de fertilizantes minerais têm causado problemas de salinidade dos solos cultivados (MEDEIROS et al., 2007; TRAVASSOS et al., 2011; DIAS et al., 2014).

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 o aproveitamento racional de águas consideradas de qualidade inferior (ALVES et al., 2011). No cenário atual, a abertura de novas fronteiras agrícolas não é viável devido ao desmatamento e preocupação com o meio ambiente. É cada vez mais necessário aumentar a produtividade de diferentes espécies de plantas por meio de técnicas como a hidroponia, que garante a preservação dos recursos naturais como água e o solo e aumenta a produtividade (CORRÊA et al., 2012).

A produção agrícola em sistemas hidropônicos tem aumentado significativamente nos últimos anos em todo o mundo. As principais vantagens de cultivos hidropônicos é o uso mais eficiente dos fertilizantes e água, uso mínimo de área de terra e melhor controle de fatores como clima e pragas. Em meio hidropônico não existem obstáculos para raízes das plantas causadas pela estrutura do solo compactado, o que torna mais fácil o seu desenvolvimento e a acessibilidade de diferentes nutrientes (MHADHBI, 2012; TREJO-TÉLLEZ & GÓMEZ-MERINO, 2012).

A salinidade tolerada pelas culturas em cultivo hidropônico pode ser maior que no cultivo convencional. Essa hipótese considera a maior e mais constante a disponibilidade de água às plantas nos diversos tipos de hidroponia, sendo pouca ou inexistente a contribuição do potencial mátrico sobre o potencial total da água, isto representa uma maior absorção de água e nutrientes. Diante disso, em hidroponia espera-se que culturas, sobretudo de ciclo rápido, proporcionem o uso sustentável de águas salobras (SOARES et al., 2007).

A sensibilidade a maiores ou menores teores de sais na água é uma característica de cada espécie de planta. Algumas produzem rendimentos aceitáveis com altos níveis de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos (OLIVEIRA et al., 2013a).

Na hidroponia com recirculação da solução nutritiva, a salinização que ocorre na solução pode ser mais facilmente administrada, evitando-se a salinização de áreas adjacentes. Além disso, na hidroponia a pouca oscilação da água disponível às plantas entre eventos sucessivos de irrigação potencializa a vantagem para o uso de águas salobras, somando-se a isso o fato de que alguns sistemas hidropônicos não têm partículas, como as do solo, as quais retêm a água e diminuem sua disponibilidade para as plantas (SOARES et al., 2010a).

Em hidroponia NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), por se tratar de um sistema fechado, permite-se um controle mais rigoroso no aporte de água e nutrientes, isso explica em parte a maior produtividade das culturas alcançadas neste sistema. O manejo adequado dos intervalos entre irrigações também é vantajoso para o produtor devido ao decréscimo nos custos variáveis de sistema, principalmente em energia elétrica. Entretanto, ainda deve-se determinar a frequência de irrigação mais adequada, uma vez que esta pode afetar consideravelmente a produção final (FAGAN et al., 2006a).

Outro sistema com potencial comercial é o DFT (técnica do fluxo profundo), onde as raízes das plantas ficam submersas continuamente na solução nutritiva. Esse contato permanente com a solução pode constituir um impedimento à oxigenação das raízes, o que pode reduzir a produção. Por esse motivo, a hidroponia DFT requer sistemas de aeração da solução (BARNABÉ et al., 2009; SANTOS et al., 2011).

Diversas pesquisas têm sido conduzidas com o objetivo de avaliar o aproveitamento racional de águas salobras em condições hidropônicas. No entanto, a maioria das pesquisas tem sido dedicada às culturas hidropônicas tradicionais, como a alface em hidroponia NFT. Nesse contexto, é estratégico investir a cultura do coentro em hidroponia DFT com uso de água salobra, visto que mesmo sendo uma cultura de destaque comercial, poucos têm sido os estudos que visam melhorar as técnicas de produção. Segundo Ronque et al. (2013), os agricultores familiares necessitam de explorações que ofereçam satisfatório rendimento em pequenas áreas e também diversificar sua propriedade, para maior segurança econômica e racionalização no uso da mão de obra.

Algumas pesquisas têm sido conduzidas com o objetivo de avaliar a viabilidade técnica da produção de coentro com a utilização de águas salobras no cultivo hidropônico em sistema fechado NFT e em substrato (LIMA, 2008; OLIVEIRA et al., 2010; SALES et al., 2012; REBOUÇAS et al., 2013; CAZUZA NETO et al., 2014a,b; FERREIRA NETO et al., 2014; SALES et al., 2014). O que justifica o presente trabalho, mesmo com tantos outros com a cultura do coentro, é o tipo de sistema hidropônico utilizado, pois as informações levantadas poderão servir como base para outros estudos, bem como para auxiliar aos produtores hidropônicos.

Diante dos aspectos apresentados, com o presente trabalho objetivou-se avaliar a produção e o consumo hídrico do coentro cultivado em condições hidropônicas com diferentes intervalos para recirculação da solução nutritiva e com uso de água doce e água salobra.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e descrição do ambiente experimental

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação no Núcleo de Engenharia de Água e Solo/NEAS, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, localizada no município de Cruz das Almas, Bahia (12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m). O clima da

região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa de 80% e temperatura média anual de 24,1°C, apresentando pluviosidade média anual de 1.170 mm (ALMEIDA, 1991).

A estrutura da casa de vegetação é de aço galvanizado, com cobertura em arco tipo túnel e as paredes laterais e frontais confeccionadas com tela escura com 50% de sombreamento. As dimensões da casa de vegetação são de 7,0 m de largura por 32,0 m de comprimento.

Durante a condução do experimento foi monitorada a temperatura do ar no interior da casa de vegetação por meio de sensor termopar (cobre-constantan). O sensor foi conectado a um datalogger (CR 1000, Campbell Scientific). As médias foram armazenadas a cada 30 minutos.

Sistema hidropônico utilizado

Estrutura e funcionamento do sistema

Foi utilizado um sistema hidropônico alternativo, considerado como uma combinação entre os sistemas NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) e DFT (técnica do fluxo profundo), com declividade nula dos canais de cultivo.

Em resposta ao melhor desenvolvimento das plantas no primeiro experimento, os perfis hidropônicos foram confeccionados com tubulações de PVC com diâmetros de 75 mm, com 6 m de comprimento, com orifícios circulares de 44 mm de diâmetro, espaçados em 7 cm, de modo equidistante e espaçamento entre perfis de 80 cm, totalizando 85 orifícios por perfil (Figura 1a). Em cada tubulação foi acoplado um cap e um joelho, de mesmo diâmetro, de modo a manter uma lâmina de solução nutritiva de 45 mm na tubulação. Para manter esse nível de solução, na saída do cap foi inserido um conector, e neste foi conectada uma mangueira para derivar o excesso de solução para o reservatório de origem, logo após um evento de recirculação da solução nutritiva. A estrutura foi composta de 20 bancadas de cultivo, cada uma com dois perfis hidropônicos (parcelas). Cada parcela foi representada por um perfil hidropônico independente, composta por um reservatório de plástico, com disponibilidade de 53 L de solução nutritiva e uma eletrobomba para recalcar a solução para o perfil hidropônico, com vazão média de 1,55 L min⁻¹ (Figura 1b).



Figura 1. Estrutura hidropônica (a) e disposição dos perfis hidropônicos (b).

Sistema elétrico

Todo sistema foi composto de 40 eletrobombas, sendo que a rede elétrica foi dividida em oito sub-redes que individualmente acionavam cinco eletrobombas. A programação das frequências de recirculação da solução nutritiva foi realizada por temporizadores analógicos, cada um conectado a um disjuntor da rede elétrica principal. Para cada frequência foram acionadas 10 eletrobombas simultaneamente, sendo usados 2 temporizadores por cada frequência (Figura 2).

Em cada tratamento, por meio do tempo de funcionamento do sistema durante todo o ciclo de cultivo e considerando a potência da eletrobomba, determinou-se o consumo de energia elétrica (consumo = potência x número de horas de funcionamento), em kWh. Com o consumo de energia elétrica e o custo do kWh, determinou-se o custo com energia para cada tratamento (custo energia = consumo energia x custo por kWh). A potência da eletrobomba foi de 32 Watts. O custo do kWh foi obtido da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), junto à Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA), correspondente à tarifa residencial de R\$ 0,33634 por kWh.



Figura 2. Conjunto de temporizadores e disjuntores usados para distribuição da energia elétrica e controle das frequências de recirculação da solução nutritiva.

Manejo da solução nutritiva

A solução nutritiva empregada no cultivo foi baseada na recomendação de Furlani et al. (1999), para hortaliças folhosas. O volume de solução disponibilizado no reservatório de abastecimento foi de 53 L, somando-se o volume do canal de cultivo, de aproximadamente 19,0 L. Logo, o volume disponibilizado de solução nutritiva foi de 0,85 L por maço de plantas de coentro.

A condutividade elétrica da solução nutritiva foi avaliada a cada 2 dias com a utilização de condutivímetro. Com a mesma frequência avaliou-se o pH.

Delineamento estatístico e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos aleatorizados, com cinco repetições. Os tratamentos foram instalados em esquema fatorial 2x4, totalizando 40 parcelas. Foram estudados dois tipos de água: não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) e água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) e quatro frequências de recirculação da solução nutritiva (em intervalos de 0,25; 2; 4 e 8 h): a primeira frequência, denominada controle, consistiu da seguinte programação: das 06:00 horas da manhã às 20:00 horas da noite o sistema ficou ligado 15 min e desligado 15 min, das 20:00 às 06:00 a recirculação da solução foi a cada duas horas, ficando ligado por 15 min; na segunda, na terceira e na quarta frequência, a recirculação foi realizada a cada 2, 4 e 8 horas, respectivamente, permanecendo o sistema ligado por 15 minutos.

O preparo da solução nutritiva foi realizado com água de abastecimento local ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$), conferindo após adição dos nutrientes uma condutividade elétrica da solução (CE_{sol}) de $2,28 \text{ dS m}^{-1}$. No entanto, para obter o tratamento com água salobra, foi adicionado NaCl nessa mesma solução nutritiva, resultando em CE_{sol} de $5,51 \text{ dS m}^{-1}$. A reposição do volume consumido foi realizada da seguinte forma: no tratamento controle o volume foi repostado com água doce ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) e no tratamento considerado com água salobra, foi empregada água com condutividade elétrica de $4,91 \text{ dS m}^{-1}$, obtida mediante adição de NaCl.

Os tratamentos com as frequências de recirculação da solução nutritiva só tiveram início a partir do sexto dia após o transplante (6 DAT). Nos cinco primeiros dias foram realizadas duas recirculações da solução durante o dia, sendo uma no período da manhã (às 8:00 horas) e a outra no período da tarde (às 16:00 horas), cada evento consistiu de 15 min.

Posições das plantas nos canais de cultivo

Outro fator que foi estudado durante a condução do experimento, foi o efeito das posições inicial, intermediária e final nos canais de cultivo sobre as características do coentro. Nas mesmas três posições em que foram coletadas as plantas, meia hora antes da recirculação da solução nutritiva foram medidas a altura das lâminas de solução nos perfis hidropônicos, referentes às frequências de 2, 4 e 8 horas, respectivamente.

Condução da cultura do coentro

Baseado nas melhores respostas das plantas de coentro Verdão no primeiro experimento, utilizou-se nesse experimento a quantidade de 12 sementes, em que no dia 02 de fevereiro de 2014 foram semeadas em copos de plástico de 50 mL, contendo uma camada substrato de coco e outra camada de vermiculita na proporção de 2:1. Da semeadura até o transplante as irrigações foram realizadas com água do abastecimento local ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$). As plantas foram transplantadas para os perfis hidropônicos no dia 13 de fevereiro de 2014, aos 11 dias após a semeadura.

Variáveis analisadas

As avaliações foram realizadas aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT). Em cada parcela foram coletados 2 maços de plantas de coentro, cada maço foi representado por 12 plantas. Adicionalmente, aos 21 DAT foi realizada a coleta de um maço de plantas em cada posição: inicial, intermediária e final em cada perfil hidropônico.

Consumo hídrico e eficiência do uso da água

A partir dos volumes repostos, calculou-se o consumo hídrico para os seguintes períodos: dos 2 aos 10, dos 11 aos 15, dos 16 aos 20, dos 21 aos 24 dias após o transplântio (DAT), além do consumo hídrico total acumulado no ciclo (2-24 DAT).

A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada pela relação entre a produção com base nas massas de matéria fresca e seca da parte aérea do maço de plantas e o volume consumido por período (Equação 1).

$$EUA = \frac{Massa_{PA}}{CH_{acum}} \quad (1)$$

em que:

EUA - eficiência do uso da água da parte aérea do maço de plantas (com base nas massas de matéria fresca e seca), g L⁻¹;

Massa_{PA} - massas de matéria fresca ou seca da parte aérea do maço de plantas (MFPA_{maço}, MSPA_{maço}), g;

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

Variáveis de crescimento

Avaliaram-se as seguintes variáveis de crescimento: altura das plantas (AP) e comprimento das raízes (CR). As medidas de altura da planta foram determinadas por meio de uma fita métrica do ponto de corte até o ápice. O comprimento das raízes também foi determinado com o uso de uma fita métrica.

Variáveis de produção

Avaliaram-se as seguintes variáveis de produção: as massas de matéria fresca da parte aérea do maço de 12 plantas (MFPA_{maço}), das folhas (MFF) e do caule (MFC). Determinaram-se também as massas de matéria seca das folhas

(MSF) e do caule (MSC), obtidas após 72 horas em estufa de circulação forçada à temperatura de 65°C. A massa seca das raízes (MSR) também foi avaliada, sendo feita uma secagem ao ar livre, até permanecer constante a massa. A massa de matéria seca da parte aérea do maço de 12 plantas (MSPA_{maço}) foi obtida pelo somatório de MSF e MSC.

A MFPA_{maço} foi obtida pesando as 12 plantas contidas no recipiente, a exceção das raízes. Foi considerado MFF os pecíolos e as folhas da planta, sendo o restante foi considerado como MFC. Os valores de MFPA_{maço}, MFF, MFC, MSF e MSC foram determinados em balança de precisão (0,01 g).

Índices fisiológicos

Determinou-se também o teor de água da parte aérea (U_{PA}), das folhas (U_{Folhas}) e do caule (U_{Caule}) (Equação 2); a razão entre as massas de matéria seca das raízes e da parte aérea (Equação 3); a taxa de crescimento absoluto (TCA) (Equação 4) e a taxa de crescimento relativo (TCR) (Equação 5).

$$U = \left(\frac{MF - MS}{MF} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$r \frac{msr}{mspa} = \frac{MSR}{MSPA} \quad (3)$$

em que:

U - teor de água da parte aérea (U_{PA}), das folhas (U_{Folhas}) ou do caule (U_{Caule}), %;

MF - massas de matéria fresca da parte aérea (MFPA), das folhas (MFF) ou do caule (MFC), g;

MS - massas de matéria seca da parte aérea (MSPA), das folhas (MSF) ou do caule (MSC), g;

MSR - massa de matéria seca das raízes, g;

r msr/mspa - relação entre as massas de matéria seca das raízes e parte aérea.

A TCA é a variação ou incremento entre duas amostras ao longo de um determinado período de tempo. É uma medida que pode ser usada para se ter ideia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.

$$TCA = \frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (4)$$

em que:

TCA - taxa de crescimento absoluto foi determinada para altura das plantas (cm dia⁻¹) e massa de matéria seca do maço de plantas (g dia⁻¹);

W₁ e W₂ - variação da altura das plantas e massa de matéria seca em duas amostras consecutivas tomadas nos tempos T₁ e T₂ (dia), respectivamente.

A TCR expressa o incremento na altura das plantas e na massa de matéria seca, por unidade de altura e peso inicial, em um intervalo de tempo.

$$TCR = \frac{(\ln W_2 - \ln W_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (5)$$

em que:

TCR - taxa de crescimento relativo foi determinada para altura das plantas (cm cm⁻¹ dia⁻¹) e massa de matéria seca do maço de plantas (g g⁻¹ dia⁻¹);

ln - logaritmo neperiano;

W₁ e W₂ - representam a altura das plantas e a massa de matéria seca nos tempos T₁ e T₂ (dia), respectivamente.

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

Análise estatística

Mediante aplicação do teste F da análise de variância (ANAVA), avaliou-se a significância dos tratamentos. Quando verificou-se significância na interação entre esses tratamentos, procedeu-se o desdobramento estatístico. No estudo dos fatores isolados, tipos de água, frequências de recirculação e posições das plantas nos canais de cultivo foram comparados mediante teste de médias (Tukey a 0,05 de probabilidade). A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Monitoramento da temperatura do ar no interior da casa de vegetação

A temperatura instantânea (a cada meia hora) oscilou entre a mínima de 19,9°C e a máxima de 48,4°C. A temperatura mínima foi registrada aos 5 DAT, já a temperatura máxima foi registrada no final do ciclo da cultura (22 DAT). Em quase todos os dias a temperatura máxima instantânea ultrapassou de 35°C, sendo a média registrada durante todo ciclo de 27,9°C (Figura 3). De acordo com Martinez & Silva Filho (2006), altas temperaturas causam problemas como diminuição da percentagem de germinação, morte das plântulas, aumento da taxa de evapotranspiração, além de ocasionar distúrbios fisiológicos. No estudo de Donegá (2009) com o coentro, as temperaturas máxima e mínima registradas a cada meia hora no interior da casa de vegetação foram da ordem de 31,2 e 17,0°C, respectivamente. Ferreira Neto et al. (2014) também no cultivo de coentro, registrou no interior da casa de vegetação temperatura média do ar de $32 \pm 2^\circ\text{C}$ durante o dia e $28 \pm 2^\circ\text{C}$ durante a noite.

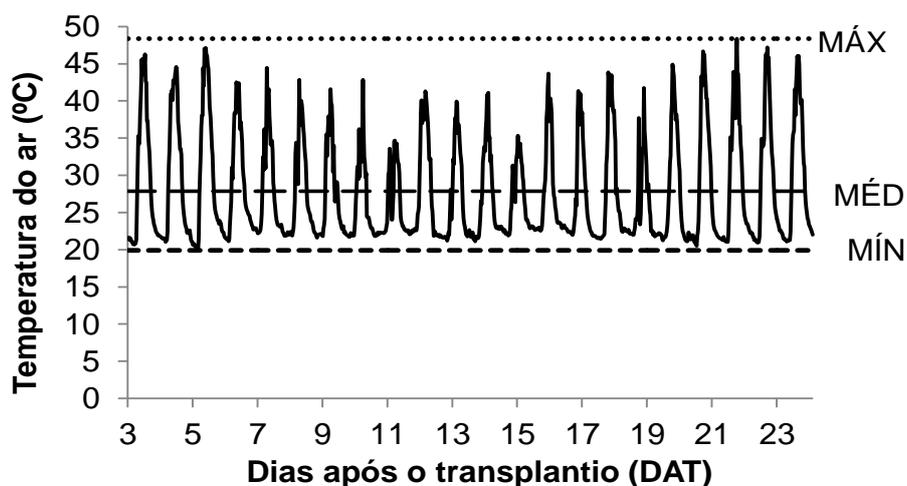


Figura 3. Temperatura do ar no interior da casa de vegetação ao longo do ciclo de cultivo do coentro hidropônico, dos 3 aos 24 dias após o transplântio (DAT).

Monitoramento da condutividade elétrica e do pH da solução nutritiva

A variação da condutividade elétrica e do pH da solução nutritiva encontra-se na Figura 4. O tratamento controle ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) promoveu redução na CE_{sol} ao longo do ciclo de cultivo, isso em consequência do menor aporte de sais da água de reposição (Figura 4a). Segundo Andriolo et al. (2009), a absorção de

nutrientes necessária ao crescimento das plantas reduz a concentração da solução nutritiva, enquanto a absorção de água aumenta essa concentração.

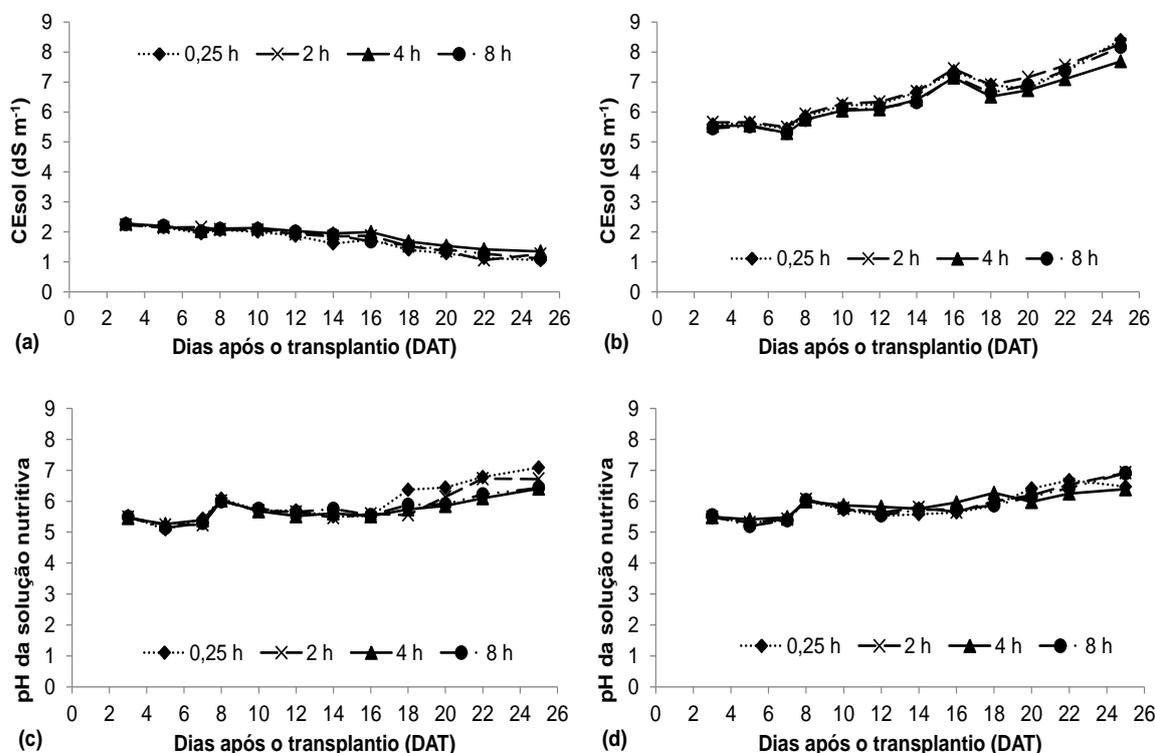


Figura 4. Condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) com o uso de água não salobra (a) e salobra (b), pH da solução nutritiva com o uso de água não salobra (c) e salobra (d) em função das frequências de recirculação.

Assim, como reportado no presente trabalho, nos estudos de Soares et al. (2007) com a alface cultivada em vasos, Paulus (2008), Santos (2009), Soares et al. (2010b), Alves (2011) e Alves et al. (2011) com o cultivo de alface em sistema hidropônico NFT, quando se utilizou água não salobra para reposição da evapotranspiração, a CE da solução nutritiva reduziu ao longo do ciclo de cultivo.

Aos 25 DAT, os valores de CEsol foram da ordem de 1,06; 1,27; 1,35 e 1,12 dS m⁻¹ referentes às frequências de recirculação da solução nutritiva de 0,25 (controle), 2, 4 e 8 h, respectivamente. Mesmo com reduções na CEsol, não foi feita a correção do nível nutricional durante a condução do experimento. Essa redução foi em decorrência do consumo de nutrientes, que foi superior ao baixo aporte de sais dissolvidos na água não salobra.

Já quanto a utilização da água considerada salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) para reposição da água evapotranspirada, a CE_{sol} foi crescente ao longo do ciclo de cultivo, sendo que aos 25 DAT, os valores foram da ordem de 8,40; 8,27; 7,69 e 8,17 dS m^{-1} com as frequências de recirculação da solução nutritiva de 0,25 (controle), 2, 4 e 8 h, respectivamente (Figura 4b). Esse mesmo tipo de comportamento também foi reportado em outros trabalhos (SOARES et al., 2007; PAULUS, 2008; SANTOS, 2009; SOARES et al., 2010b; ALVES et al., 2011; MELO et al., 2014).

No que diz respeito à variação do pH, no dia do transplântio o valor do pH da solução nutritiva com a água não salobra foi de 5,5 (Figura 4c) e com a água salobra foi de 5,43 (Figura 4d). O pH da solução nutritiva aos 25 DAT foi de 6,66 (água não salobra) e de 6,67 (água salobra). Donegá (2009), Luz et al. (2012), Cazusa Neto et al. (2014b) e Silva et al. (2014) mantiveram o pH da solução nutritiva na faixa de 5,5 a 6,5 no estudo com o coentro cultivado em sistema hidropônico NFT. Já Daflon et al. (2014) no cultivo de coentro em sistema flutuante mantiveram o pH próximo de 5,7.

Tempo de funcionamento e custo com energia elétrica do sistema

No presente trabalho, fazendo um comparativo do funcionamento do sistema durante todo ciclo da cultura referente a cada frequência de recirculação da solução nutritiva, com a frequência de 0,25 h (controle) o sistema foi acionado 639 vezes, contra 239, 125 e 66 eventos com as frequências de 2, 4 e 8 horas, respectivamente (Figura 5a). Transformando o número de eventos de frequências de recirculação em tempo de funcionamento, o sistema ficou ligado 159 horas e 45 min quando foi utilizada a frequência-controle. Já quando foram utilizadas as frequências de 2, 4 e 8 horas, o sistema ficou ligado 59 horas e 45 min; 31 horas e 15 min e 16 horas e 30 min, respectivamente (Figura 5b). Logo, quando se trabalhou com o menor número de eventos de recirculação da solução nutritiva durante o dia, além de se gastar menos com energia também pode proporcionar ao sistema maior vida útil.

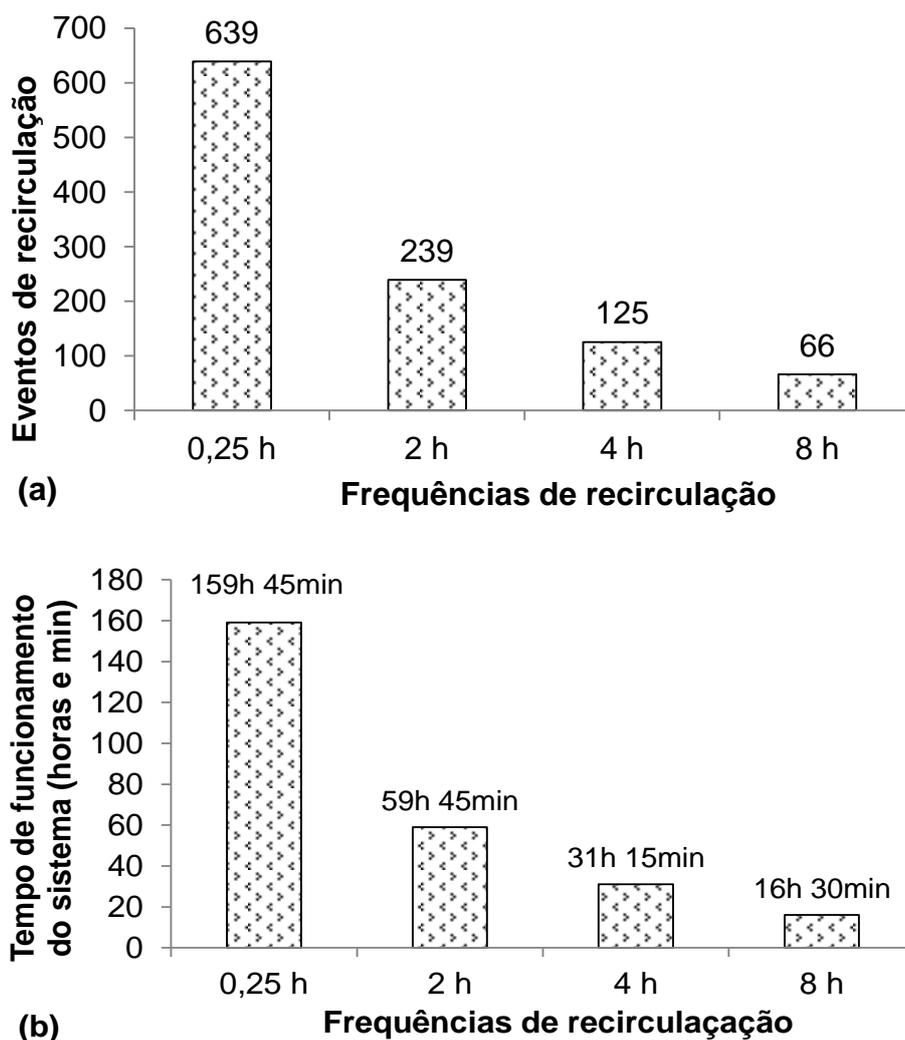


Figura 5. Número de eventos de recirculação da solução nutritiva (a) e tempo de funcionamento do sistema (b) durante o ciclo da cultura do coentro hidropônico.

O consumo de energia durante o ciclo de cultivo do coentro hidropônico foi da ordem de 51,12 kWh com a frequência-controle, contra o consumo de 5,62 kWh com a frequência de maior intervalo de recirculação da solução nutritiva (8 horas); esses valores correspondem ao custo com a energia elétrica da ordem de R\$ 19,17 com a frequência-controle e apenas R\$ 1,89 com a frequência de 8 horas. O custo com energia elétrica para produzir um maço de plantas foi de R\$ 0,02 (frequência de 0,25 h) e R\$ 0,0022 (frequência de 8 horas) (Tabela 1). Esse custo unitário pode ser ainda menor se for empregado um perfil maior (< 24 m) e se a mesma eletrobomba for empregada para derivar a solução nutritiva em várias canaletas. Em observações conduzidas pelo campo de trabalho uma

mesma eletrobomba pode recalcar solução nutritiva a 1 m de altura e distribuí-la em pelo menos seis canais. Ao se usar a eletrobomba apenas para recalcar a solução nutritiva para um reservatório intermediário, o número de canais atendidos pode ser muito maior.

Tabela 1. Consumo total de energia elétrica (CTEE), custo total (Custo TEE) e custo de energia elétrica por maço de plantas (Custo EE por maço) do coentro hidropônico sob diferentes frequências de recirculação (FR)

FR	CTEE (kWh)	Custo TEE (R\$)	Custo EE por maço (R\$)
	1-25 DAT*	-----	-----
0,25 h	51,12	17,19	0,02
2 horas	19,12	6,43	0,0076
4 horas	10,00	3,36	0,0039
8 horas	5,62	1,89	0,0022

* Consumo total de energia elétrica durante o ciclo de cultivo, considerando a potência de 10 eletrobombas por cada tratamento.

Relações hídricas

Registro do consumo hídrico

Na Figura 6 apresenta-se a variação do consumo hídrico diário por período em função da salinidade das águas e frequências de recirculação da solução nutritiva. O consumo foi crescente com a idade da cultura, mas com a salinidade foi decrescente em cada fase de crescimento, sendo o maior consumo com a água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$), utilizada para o preparo da solução nutritiva e reposição do volume consumido. O menor e maior consumo hídrico diário foi nos períodos inicial (2-10 DAT) e final (21-24 DAT), quais sejam de 0,033 e 0,113 L por maço de plantas de coentro. Quanto ao uso de água considerada salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) utilizada para reposição do volume consumido, o consumo hídrico diário nos períodos inicial e final foram reduzidos em 18,18 e 31,86%, respectivamente (Figura 6a).

Quanto às frequências crescentes de recirculação da solução nutritiva, o consumo hídrico diário visualmente também foi crescente com a idade da cultura, mas decrescente com o aumento dos intervalos de recirculação. No período inicial

(2-10 DAT) as plantas sob as diferentes frequências de recirculação da solução praticamente apresentaram o mesmo consumo hídrico; nos demais períodos, o consumo hídrico decresceu a partir da frequência-controle (0,25 h) (Figura 6b). Esse maior consumo hídrico diário das plantas de coentro com a frequência-controle se deve à manutenção da solução nutritiva nos canais de cultivo quase que constante, enquanto com a frequência de 8 horas o intervalo para manutenção da solução nos canais de cultivo foi maior, ocorrendo redução gradativamente na disponibilidade de solução nutritiva incluindo o oxigênio até o próximo evento de recirculação.

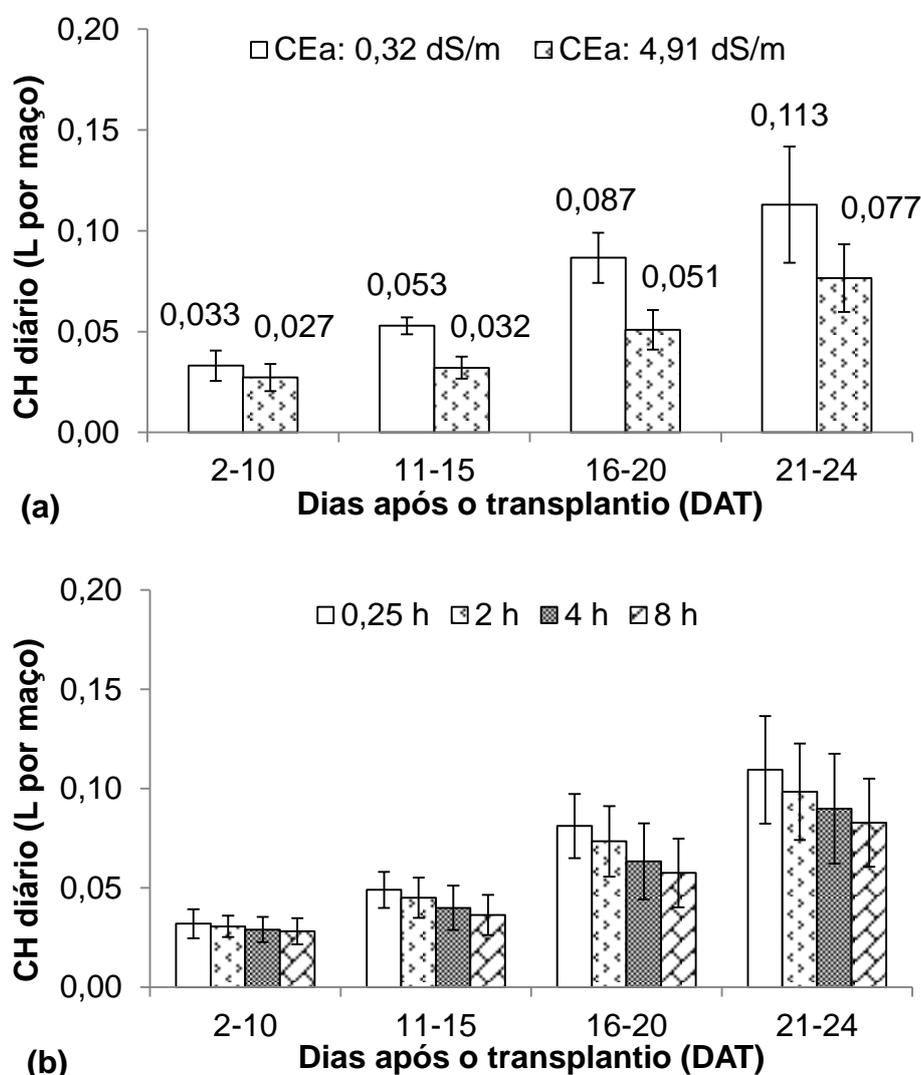


Figura 6. Médias do consumo hídrico diário do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa) (a) e das frequências de recirculação da

solução nutritiva (b), no período dos 2-10, 11-15, 16-20 e dos 21-24 dias após o transplântio (DAT).

O consumo hídrico do coentro hidropônico foi influenciado pela CEa em todos os períodos avaliados. As frequências de recirculação da solução nutritiva promoveram diferenças significativas no consumo hídrico no período dos 21 aos 24 e dos 2 aos 24 dias após o transplântio (DAT) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o consumo hídrico do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa) e das frequências de recirculação da solução nutritiva (FR), nos períodos dos 2-10, 11-15, 16-20, 21-24 e dos 2-24 dias após o transplântio (DAT)

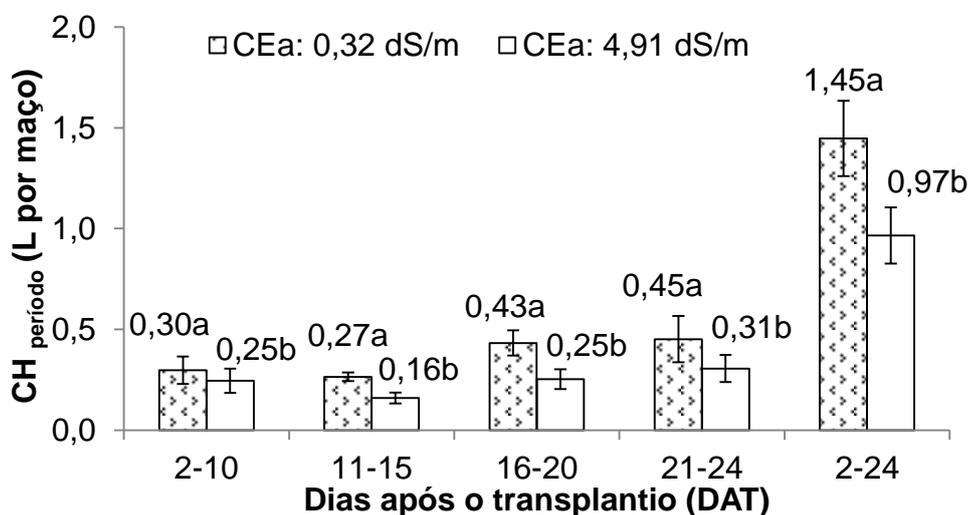
FV	GL	Quadrado Médio				
		2-10 DAT	11-15 DAT	16-20 DAT	21-24 DAT	2-24 DAT
Bloco	4	0,00818 ^{ns}	0,00065 ^{ns}	0,00090 ^{ns}	0,02813 ^{**}	0,06004 [*]
CEa	1	0,02798 [*]	0,10883 ^{**}	0,31794 ^{**}	0,21265 ^{**}	2,31698 ^{**}
FR	3	0,00379 ^{ns}	0,00124 ^{ns}	0,00881 ^{ns}	0,02055 [*]	0,08770 ^{**}
CEa x FR	3	0,00133 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	0,00127 ^{ns}	0,00339 ^{ns}	0,0030 ^{ns}
Erro	28	0,00387	0,00057	0,00302	0,00548	0,01878
CV (%)		22,93	11,30	16,00	19,53	11,36

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

O maior consumo hídrico do coentro hidropônico em todos os períodos avaliados ocorreu quando se usou de água não salobra (CE=0,32 dS m⁻¹). A exceção do primeiro período de avaliação (2-10 DAT), a partir do segundo período (11-15 DAT) até o final do ciclo da cultura (21-24 DAT) o consumo hídrico foi crescente, o que está relacionado ao aumento da área foliar e consequentemente maior transpiração. No período dos 2 aos 10 DAT, o volume consumido foi de 0,30 L; de 0,26 L, dos 11 aos 15 DAT, de 0,43 L, dos 16 aos 20 DAT e de 0,45 L, dos 21 aos 24 DAT. Já quanto ao uso de água salobra (CE=4,91 dS m⁻¹) para reposição, o consumo hídrico reduziu na ordem de 16,67; 40,74; 41,86 e 31,11% em relação ao tratamento controle (CE=0,32 dS m⁻¹), respectivamente para esses intervalos de tempo (Figura 7).

Durante o ciclo da cultura (2-24 DAT) para produzir um maço de 12 plantas de coentro hidropônico foi gasto em média 1,45 L com o uso de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$); já com o uso de água salobra para reposição, o consumo hídrico foi reduzido para 0,97 L (33,10%). Em trabalho conduzido por Cazuza Neto et al. (2014b) com o coentro Verdão em hidroponia NFT, com o tratamento controle ($CE=0,3 \text{ dS m}^{-1}$) foram gastos 2,6 L de água para produzir um maço de 8 plantas, no período de 1 aos 25 DAT. O maior consumo hídrico reportado pelos autores pode ter sido em consequência do tipo de sistema hidropônico empregado, da época de cultivo e da maior disponibilidade de solução nutritiva por maço de plantas.

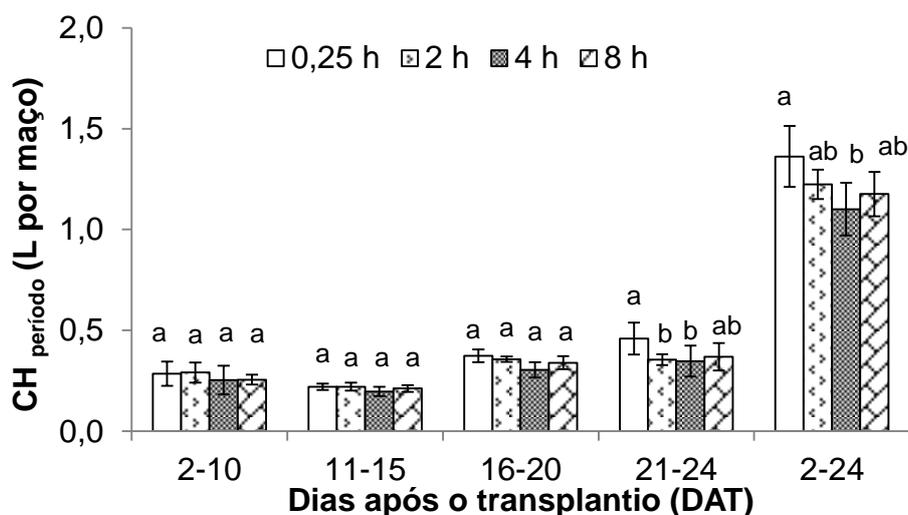
Outros autores também observaram redução no consumo hídrico no cultivo hidropônico com o aumento da salinidade, com alface (SOARES et al., 2007; SOARES et al., 2010b; PAULUS et al., 2012; FREITAS et al., 2014a) e rúcula (SILVA et al., 2012). O consumo de água pelo girassol apresentou comportamento quadrático com o aumento dos níveis de salinidade da solução nutritiva (SANTOS JÚNIOR et al., 2013).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 7. Médias do consumo hídrico acumulado por período do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), dos 2-10, 11-15, 16-20, 21-24 e dos 2-24 dias após o transplântio (DAT).

Quanto às frequências de recirculação da solução nutritiva, no período dos 21 aos 24 DAT a frequência-controle (0,25 h) favoreceu maior consumo hídrico em comparação com as frequências de 2 e 4 horas. As reduções no consumo hídrico com as frequências de 2 e 4 horas foram da ordem de 21,74 e 23,91%, respectivamente. Quanto à frequência de 8 horas, notou-se um aumento no consumo hídrico, não diferenciando, no entanto, da frequência-controle. Quanto ao consumo hídrico acumulado durante o ciclo (2-24 DAT), a frequência-controle promoveu significativamente maior consumo em relação à frequência de 4 horas, com uma variação de 19,12%. Os valores médios do consumo hídrico acumulado nesse mesmo período, considerando ambos os tipos de água, foram da ordem de 1,36; 1,22 e 1,18 L por maço de plantas, quando a recirculação da solução nutritiva foi realizada com a frequência-controle (0,25), 2 e 8 h, respectivamente, não diferindo entre si em termos estatísticos (Figura 8).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

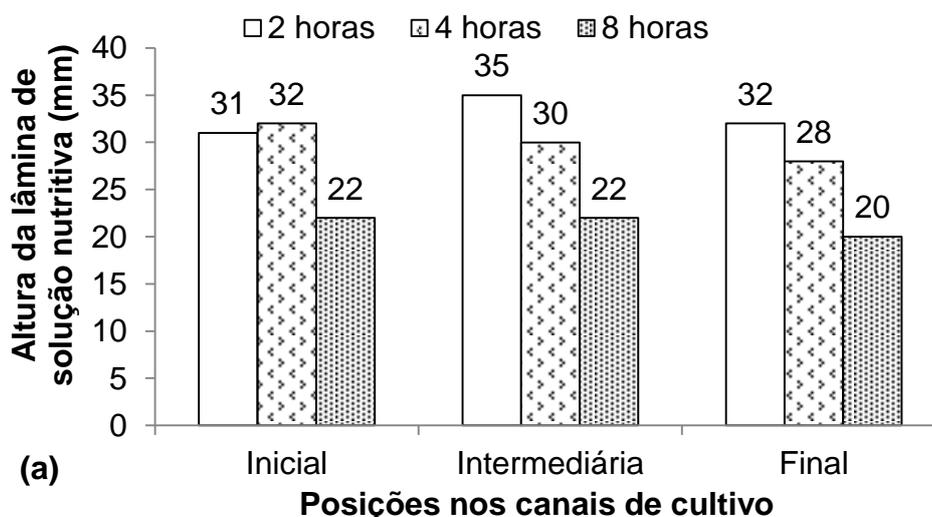
Figura 8. Médias do consumo hídrico do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, no período dos 2-10, 11-15, 16-20, 21-24 e dos 2-24 dias após o transplante (DAT).

O nível de solução nutritiva nos canais de cultivo reduziu em função do aumento no intervalo entre a recirculação da solução nutritiva, isso em consequência do menor aporte de sais com a utilização água não salobra para

reposição, ocasionando maior consumo (Figura 9a). Quanto ao uso de água salobra, os níveis de solução nos canais de cultivo permaneceram equilibrados independentemente dos intervalos de recirculação da solução nutritiva, consequência do efeito da salinidade (Figura 9b). Porém, esses dados não foram comparados estatisticamente, são apenas médias de uma única medição realizada aos 21 DAT.

A diferença do nível de solução nutritiva dentro de um mesmo canal de cultivo pode ser atribuída ao aumento do volume das raízes das plantas, o que possivelmente dificultou a passagem da solução, levando a oscilação do nível de solução no mesmo canal de cultivo. Outra explicação seria: imperfeições no nivelamento, gerando pequenas depressões ou elevações no tubo.

Na condição inicial do experimento, em todos os canais de cultivo a altura da lâmina de solução nutritiva foi de 45 mm, correspondendo a um volume de aproximadamente 19 L, o que corresponde a uma disponibilidade de solução de 0,22 L por maço de plantas, considerando apenas o volume dos canais de cultivo. Considerando essa disponibilidade por maço de plantas e o consumo hídrico máximo diário de 0,23 L, a frequência de recirculação poderia ser de até 22,9 horas, essa é a autonomia do sistema. Porém, deve-se levar em consideração a oxigenação da solução nutritiva, potencial osmótico (concentração de íons), e até o aumento de temperatura na calha nesse período em que o sistema fica ocioso.



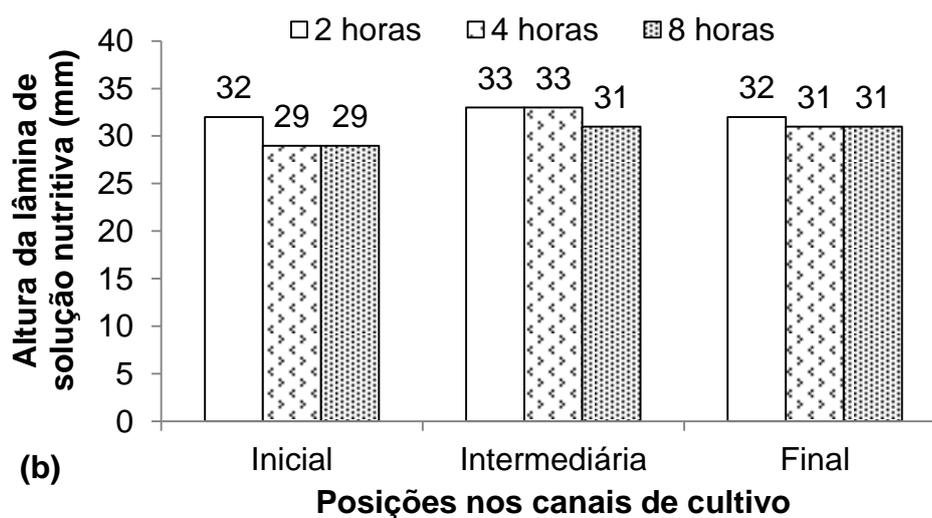


Figura 9. Altura da lâmina de solução nutritiva nos canais de cultivo com água não salobra (a) e água salobra (b), referentes às frequências de recirculação da solução nutritiva de 2, 4 e 8 horas, respectivamente.

Eficiência do uso da água (EUA)

Os fatores em estudo não influenciaram na eficiência do uso da água com base na massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas (EUA_{MFPA}) do coentro hidropônico (Tabela 3). Já com base na massa de matéria seca, a CEa promoveu efeito significativo ($p < 0,01$) na eficiência do uso de água da parte aérea do maço de plantas (EUA_{MSPA}), aos 20 e 25 DAT (Tabela 4).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a eficiência do uso da água com base na massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas (EUA_{MFPA}) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR), aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	39,7698 ^{ns}	21,6161 ^{ns}	33,3512 ^{ns}	33,5651 ^{ns}
CEa	1	25,9532 ^{ns}	63,7815 ^{ns}	23,0281 ^{ns}	10,5987 ^{ns}
FR	3	12,3743 ^{ns}	47,9218 ^{ns}	37,3010 ^{ns}	0,5984 ^{ns}
CEa x FR	3	7,4344 ^{ns}	1,7768 ^{ns}	33,0926 ^{ns}	9,7318 ^{ns}
Erro	28	30,3821	33,6089	48,0302	19,4831

CV (%)	24,81	18,77	18,94	12,77
---------------	-------	-------	-------	-------

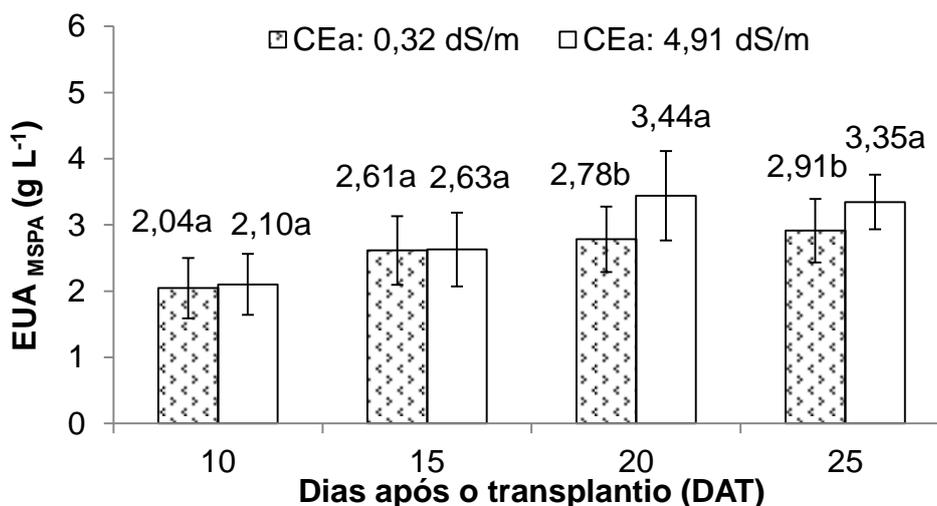
ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para a eficiência do uso da água com base na massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas (EUA_{MSPA}) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR), aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
Bloco	4	0,2346 ^{ns}	0,1918 ^{ns}	0,5490 ^{ns}	0,3478 ^{ns}
CEa	1	0,0348 ^{ns}	0,0026 ^{ns}	4,3296 ^{**}	1,8706 ^{**}
FR	3	0,1296 ^{ns}	0,4755 ^{ns}	0,0463 ^{ns}	0,2540 ^{ns}
CEa x FR	3	0,0381 ^{ns}	0,0995 ^{ns}	0,1692 ^{ns}	0,1271 ^{ns}
Erro	28	0,2345	0,3053	0,3744	0,1806
CV (%)		23,37	21,08	19,66	13,58

** - significativo pelo teste F a 0,01 de probabilidade, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Aos 20 e 25 DAT, o uso de água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) utilizada para reposição do volume consumido promoveu maior eficiência do uso de água com base na massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas (EUA_{MSPA}) do coentro hidropônico. Nesses mesmos períodos de tempo, a EUA_{MSPA} foi da ordem de 3,44 e 3,35 g L^{-1} com o uso de água salobra. Já quanto ao uso de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) tanto para o preparo da solução nutritiva quanto para reposição do volume consumido, esta reduziu a EUA_{MSPA} em 19,19 e 13,13% em relação ao uso de água salobra, aos 20 e 25 DAT, respectivamente (Figura 10).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 10. Médias da eficiência do uso da água com base na massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas (EUA_{MSPA}) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT).

Diferentemente do presente trabalho, nos estudos realizados por Silva et al. (2012) com rúcula e por Freitas et al. (2014a) com alface americana em hidroponia NFT, a eficiência do uso da água com base na massa de matéria seca da parte aérea (EUA_{MSPA}) reduziu linearmente com o aumento da salinidade da água (CEa) produzida artificialmente pela adição de NaCl. Silva et al. (2012) reportaram para cada aumento unitário na CEa (em $dS\ m^{-1}$) uma redução de 8,90% e Freitas et al. (2014a) com redução da ordem de 8,76%, ou seja, o incremento na salinidade da água promoveu maior redução no acúmulo de MSPA do que em relação ao volume consumido. Já no estudo de Cazusa Neto et al. (2014b) com o coentro em hidroponia NFT, o incremento da salinidade da água não promoveu diferença significativa na eficiência do uso da água com base na MSPA.

No estudo de Santos Júnior et al. (2013) com o girassol cultivado em vasos submetido a salinidade da solução nutritiva, observou-se que a eficiência do uso da água da biomassa diminuiu linearmente na ordem de 7,3% para cada aumento unitário na CE_{sol} (em $dS\ m^{-1}$); este fato indica a necessidade de maior consumo

de água pelas plantas para produção de biomassa com o aumento da CE_{sol} , e infere-se que a redução da produção de biomassa foi mais afetada do que o consumo de água. Diferentemente do que foi reportado por Silva Filho et al. (2014) com hortelã em hidroponia NFT, já que os autores registraram que o incremento na salinidade da água promoveu resposta linear crescente na eficiência do uso da água da MSPA.

Sintomas visuais nas plantas

Durante todo experimento, devido às condições de contorno, as plantas de coentro hidropônico não apresentaram sintomas no que diz respeito ao ataque de pragas ou doenças, bem como não apresentaram quaisquer distúrbios fisiológicos como toxidez ou deficiência nutricional provocados pela água de $CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 11). No cultivo de alface em hidroponia NFT submetida ao estresse salino pela adição de NaCl, Soares et al. (2010b) e Paulus et al. (2012) não reportaram sintomas de toxidez ou deficiência mineral que pudessem ser atribuídos à salinidade e que levassem ao comprometimento da qualidade do produto. Ainda segundo Soares et al. (2010b), nos maiores níveis de salinidade as plantas de alface apresentaram coloração verde mais escuro, além de aspecto mais coriáceo. Já no estudo de Santos et al. (2010a) também com alface em sistema NFT, as plantas submetidas aos níveis mais elevados de salinidade da água ($CE=3,2; 4,2 \text{ e } 5,2 \text{ dS m}^{-1}$) apresentaram sintomas de clorose intensa nas bordas das folhas mais velhas, isso pode ter ocorrido em função do tipo de água utilizada, já que foram águas salobras de poço, dessalinizada por osmose reversa e o rejeito da dessalinização. Em comparativo com o trabalho de Santos et al. (2010a), visualmente, as plantas de coentro mostraram-se mais tolerantes ao estresse salino como confirmado por Cazuza Neto et al. (2014a), pois sintomas de queima das bordas das folhas mais velhas das plantas foram registrados pelos autores a partir da utilização da água de $CE=7,73 \text{ dS m}^{-1}$, obtida pela adição de NaCl a água doce ($CE=0,3 \text{ dS m}^{-1}$).



Figura 11. Aspecto geral das plantas de coentro hidropônico produzidas com água não salobra (a) e água salobra (b), aos 20 dias após o transplântio (DAT).

Vaiáveis de crescimento

O resumo da análise de variância para altura das plantas e o comprimento das raízes do coentro cultivado em sistema hidropônico encontram-se nas Tabelas 5 e 10. A condutividade elétrica da água (CEa) promoveu efeito significativo na altura das plantas aos 10, 15, 21 e 25 DAT e no comprimento das raízes aos 10 e 21 DAT. As frequências de recirculação da solução nutritiva influenciaram na altura das plantas aos 15 e 21 DAT. O comprimento das raízes também foi afetado significativamente pelas frequências de recirculação, aos 15, 21 e 25 DAT.

Houve interação entre a salinidade das águas e as frequências de recirculação aos 21 e 25 DAT para o comprimento das raízes e apenas aos 25 DAT para a altura das plantas.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura das plantas (AP) e comprimento das raízes (CR) do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR), aos 10, 15 e 25 dias após o transplântio (DAT)

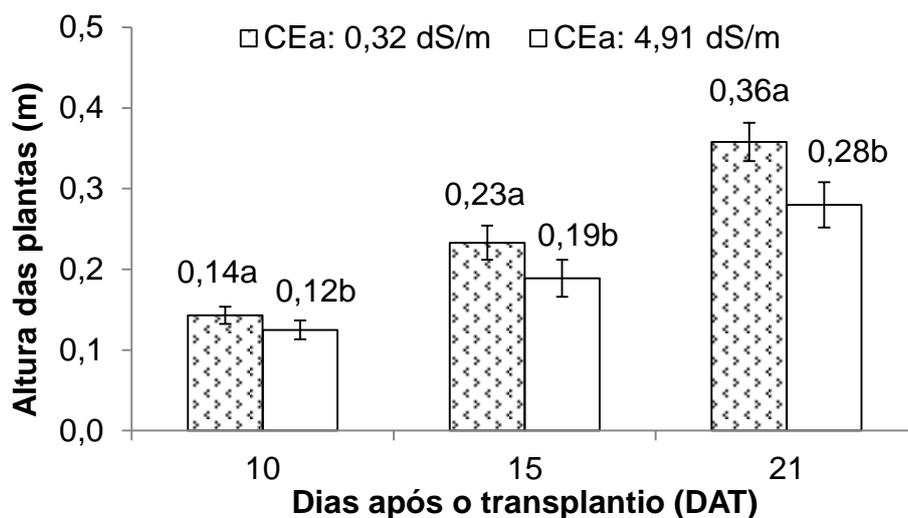
FV	GL	Quadrado Médio					
		-----AP-----			-----CR-----		
		10 DAT	15 DAT	25 DAT	10 DAT	15 DAT	25 DAT

Bloco	4	0,0001 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0018*	0,0008 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
CEa	1	0,0034**	0,0192**	0,0184**	0,0029*	0,00004 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
FR	3	0,0001 ^{ns}	0,0018**	0,0008 ^{ns}	0,0015*	0,0045**	0,0104**
CEa x FR	3	0,0001 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0023*	0,0006 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0027*
Erro	28	0,0001	0,0003	0,0005	0,0005	0,0006	0,0006
CV (%)		8,51	8,74	5,91	16,97	15,91	15,79

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

O maior crescimento em altura das plantas do coentro hidropônico foi promovido com água não salobra (CE=0,32 dS m⁻¹). Os valores médios da altura das plantas foram da ordem de 0,14; 0,23 e 0,36 m, aos 10, 15 e 21 DAT, respectivamente. Quando se utilizou água salobra (CE=4,91 dS m⁻¹) para reposição do volume evapotranspirado, as reduções na altura das plantas foram da ordem de 14,28; 17,39 e 22,22%, aos 10, 15 e 21 DAT respectivamente (Figura 12). A altura das plantas aos 25 DAT está discutido no desdobramento dos fatores em estudo.

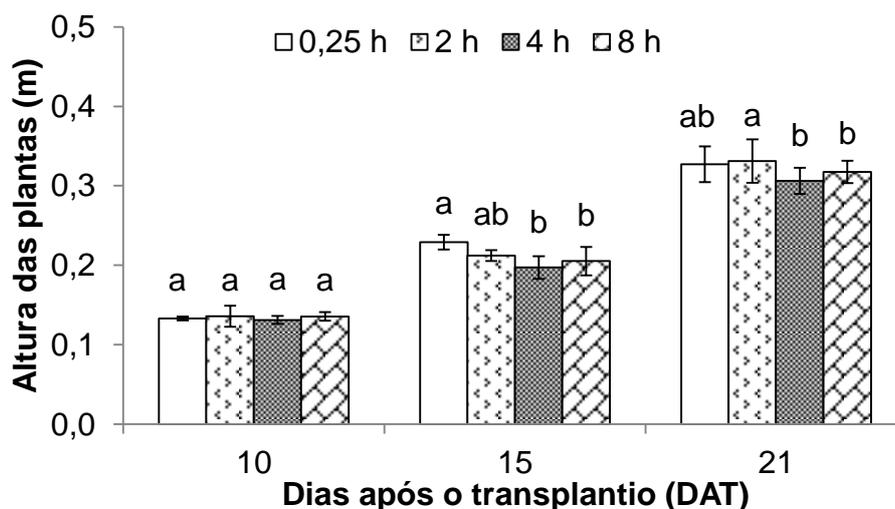
Os resultados encontrados no presente trabalho corroboram com os resultados apresentados em trabalhos anteriores, que demonstraram que o estresse salino reduz o crescimento das plantas de coentro (LIMA, 2008; EWASE et al., 2013). No estudo de Ferreira Neto et al. (2014) com o cultivo de coentro em vasos plásticos preenchidos com areia e substrato, submeteram-se a cultura às salinidades das águas de 0,8; 4,0 e 8,0 dS m⁻¹, sendo o maior crescimento em altura das plantas proporcionado com o tratamento controle (CE=0,8 dS m⁻¹) e os demais tratamentos não diferenciaram entre si. Já no estudo de Sales et al. (2014) a salinidade das águas de 0,17; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹ não influenciou no desenvolvimento inicial do coentro, aos 20 dias após a semeadura.



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 12. Médias da altura das plantas do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15 e 21 dias após o transplântio (DAT).

A respeito do fator frequências de recirculação da solução nutritiva, estas não influenciaram no crescimento em altura das plantas do coentro na primeira avaliação (10 DAT), ou seja, as plantas cresceram em altura uniformemente independentemente dos intervalos para recirculação da solução nutritiva. Aos 15 DAT o valor médio para esta mesma variável foi de 0,23 m com o tratamento controle (0,25 h), sendo estatisticamente superior as frequências de 4 e 8 horas, com redução no mesmo patamar, de aproximadamente 13%; o tratamento controle e a frequência de 2 horas promoveram o mesmo crescimento das plantas; assim como as frequências de 2, 4 e 8 horas que não apresentaram diferenças significativas entre si. Aos 21 DAT assim como reportado para os 15 DAT, a frequência-controle e de 2 horas promoveram o mesmo crescimento em altura das plantas (Figura 13).

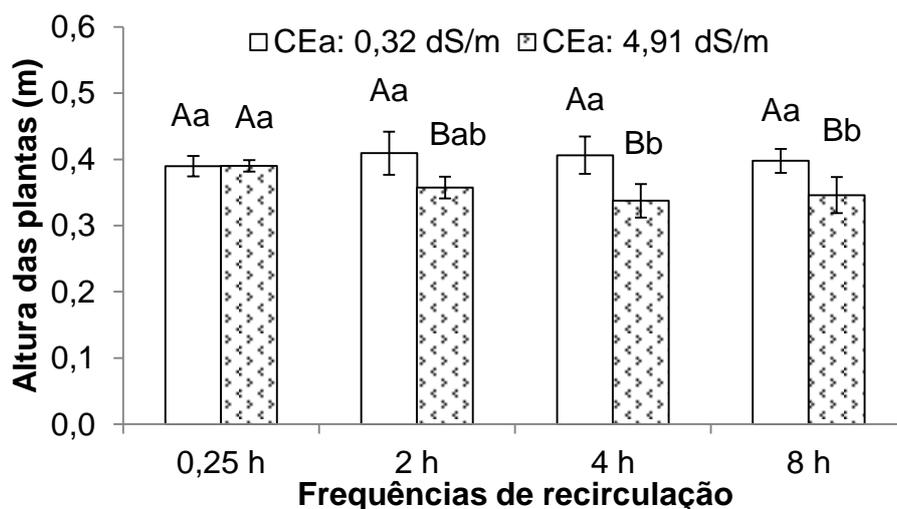


Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 13. Médias de altura das plantas do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10, 15 e 21 dias após o transplantio (DAT).

No que diz respeito ao desdobramento da interação CEa dentro das frequências de recirculação da solução nutritiva aos 25 DAT, os tipos de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) e salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) promoveram mesma altura de plantas do coentro dentro da frequência-controle (0,25 h), isso se deve ao grande número de eventos de recirculação da solução nutritiva, o que minimizou o efeito da salinidade na zona radicular das plantas. Já dentro das frequências de 2, 4 e 8 horas, o uso da água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) proporcionou maior altura das plantas (Figura 14).

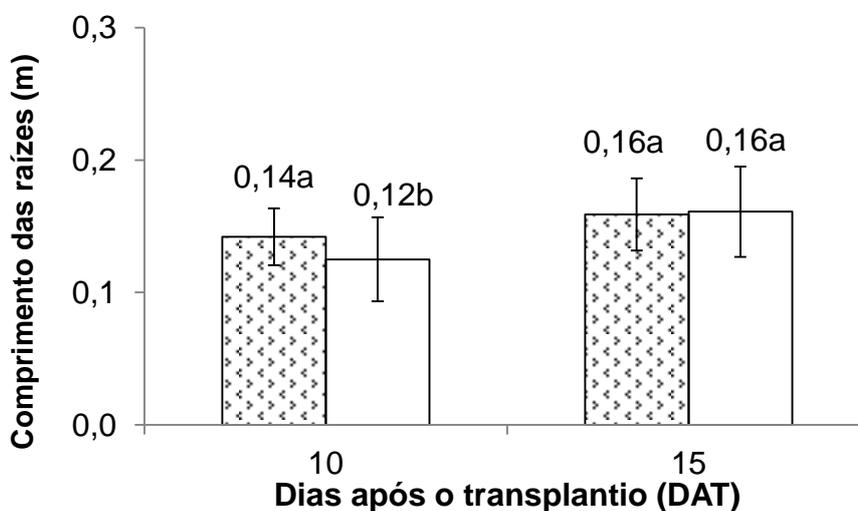
No desdobramento das frequências de recirculação da solução nutritiva dentro da CEa, quando foi utilizada água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) para o preparo da solução e reposição do volume consumido as frequências de recirculação promoveram a mesma altura de plantas, aos 25 DAT; nesse mesmo intervalo de tempo com o uso de água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) para reposição, a frequência-controle (0,25 h) promoveu maior altura das plantas em relação às frequências de 4 e 8 horas, respectivamente.



Letras maiúsculas diferentes explicam o efeito da CEa dentro de cada frequência de recirculação e letras minúsculas diferentes explicam o efeito das frequências de recirculação dentro de cada CEa, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 14. Desdobramento da interação entre condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva para altura das plantas do coentro hidropônico, aos 25 dias após o transplântio (DAT).

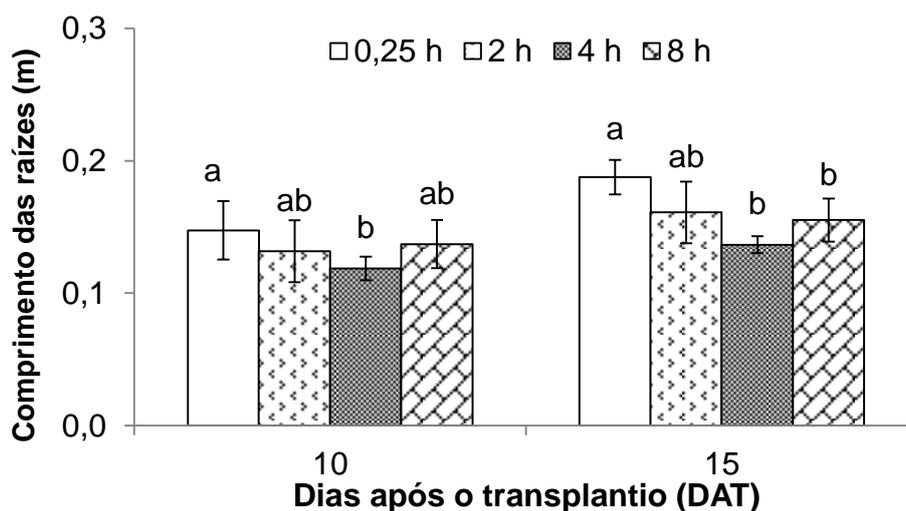
No que se refere ao crescimento das raízes do coentro hidropônico em função dos tipos de água (não salobra e salobra), aos 10 DAT a média (0,14 m) obtida com água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) foi superior a média (0,12 m) obtida com água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$), em aproximadamente 14,3%. Aos 15 DAT, o crescimento das raízes não foi influenciado estatisticamente, ou seja, foi uniforme independentemente do tipo das águas (Figura 15).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 15. Médias do comprimento das raízes do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10 e 15 dias após o transplântio (DAT).

Já no estudo da varável comprimento das raízes do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10 DAT apenas a frequência de 4 horas ficou para trás em relação à frequência-controle (0,25 h); já aos 15 DAT, foram as frequências de 4 e 8 horas que promoveram menor crescimento das raízes em relação à frequência de 0,25 h (Figura 16).



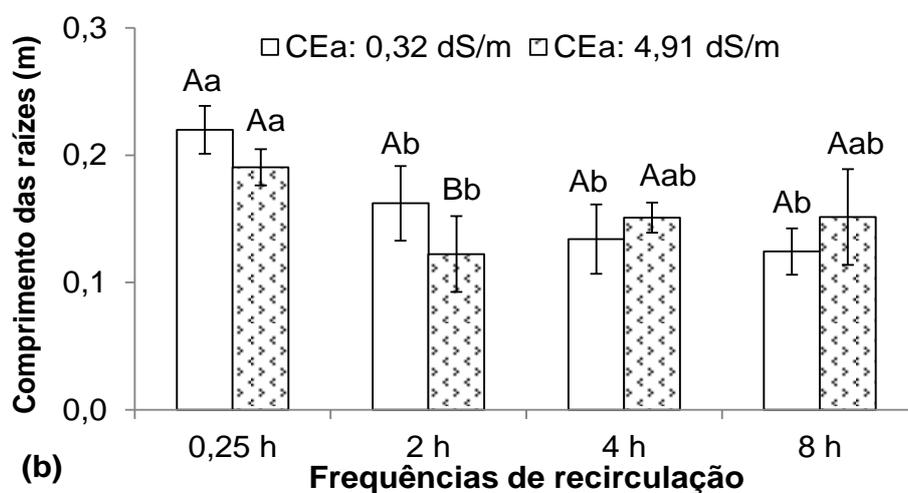
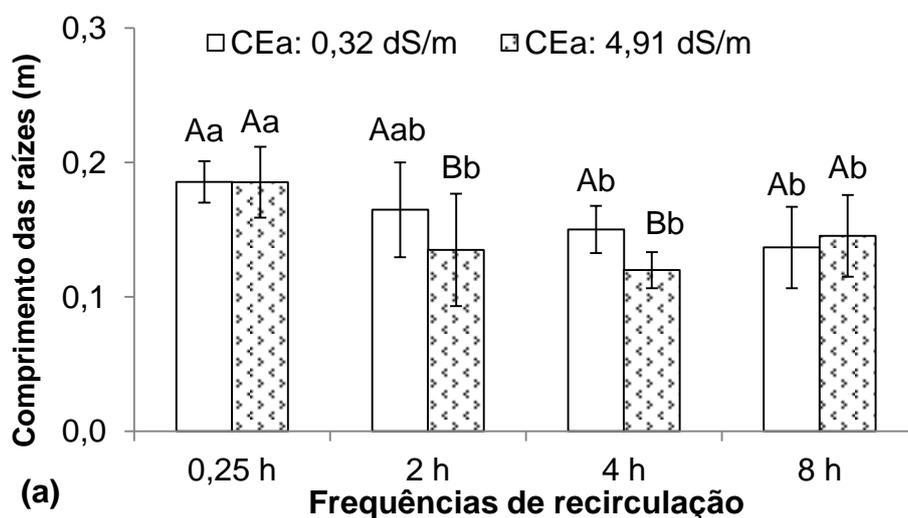
Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 16. Médias do comprimento das raízes do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10 e 15 dias após o transplântio (DAT).

No que se concerne o desdobramento dos fatores para variável comprimento das raízes do coentro hidropônico, aos 21 DAT os tipos de água promoveram maior crescimento das raízes dentro da frequência-controle (0,25 h) e de 8 horas; já dentro das frequências de 2 e 4 horas, o uso de água não salobra (CE=0,32 dS m⁻¹) promoveu maior crescimento das raízes (Figura 17a). Aos 25 DAT, a exceção da frequência de 2 horas, os tipos de água (não salobra e

salobra) não apresentaram diferenças estatísticas entre si, proporcionando maior crescimento para esta mesma variável (Figura 17b).

No desdobramento das frequências de recirculação dentro dos tipos de água, quando foi utilizada água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) a frequência-controle (0,25 h) e de 2 horas promoveram maior crescimento para esta variável em discussão; já com o uso de água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) para reposição, apenas a frequência-controle proporcionou maior crescimento, aos 21 DAT (Figura 17a). Aos 25 DAT, a frequência de 0,25 h promoveu maior crescimento das raízes quando foi utilizada água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$); já quando foi utilizada água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$), apenas a frequência de 2 horas foi menor em relação à frequência-controle (Figura 17b).



Letras maiúsculas diferentes explicam o efeito da CEa dentro de cada frequência de recirculação e letras minúsculas diferentes explicam o efeito das frequências de recirculação dentro de cada CEa, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 17. Desdobramento da interação entre condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva para o comprimento das raízes do coentro hidropônico, aos 21 (a) e 25 (b) dias após o transplântio (DAT).

Produção com base nas massas de matéria fresca e seca

De acordo com o resumo da análise de variância, as massas de matéria fresca (MFPA_{maço}) e seca da parte aérea do maço de plantas (MSPA_{maço}) (Tabelas 6 e 11), fresca (MFF) e seca das folhas (MSF) (Tabelas 7 e 11) e fresca (MFC) e seca do caule (MSC) (Tabelas 8 e 12) do coentro hidropônico foram influenciadas pela salinidade das águas, aos 10, 15, 21 e 25 DAT. Apenas aos 15 DAT a salinidade das águas influenciou na massa de matéria seca das raízes (Tabelas 9 e 12). A exceção da primeira avaliação (10 DAT), aos 15, 21 e 25 DAT as frequências de recirculação da solução nutritiva promoveram diferença significativa na parte aérea do maço de plantas e nas folhas com base nas massas de matéria fresca; aos 15 e 21 DAT a massa de matéria fresca do caule foi influenciada pelas frequências de recirculação. Com base na massa de matéria seca, as frequências de recirculação promoveram efeito significativo apenas aos 15 DAT na parte aérea do maço de plantas, aos 15 e 21 DAT nas folhas e aos 25 DAT nas raízes.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as massas de matéria fresca (MFPA_{maço}) e seca da parte aérea do maço de plantas (MSPA_{maço}) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR), aos 10, 15 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio					
		-----MFPA _{maço} -----			-----MSPA _{maço} -----		
		10 DAT	15 DAT	25 DAT	10 DAT	15 DAT	25 DAT
Bloco	4	2,870 ^{ns}	7,600 ^{ns}	144,041 ^{**}	0,011 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,923 [*]
CEa	1	26,074 ^{**}	372,954 ^{**}	3046,68 ^{**}	0,092 ^{**}	1,671 ^{**}	9,278 ^{**}
FR	3	1,074 ^{ns}	32,415 ^{**}	83,450 [*]	0,006 ^{ns}	0,285 [*]	0,130 ^{ns}

CEa x FR	3	0,541 ^{ns}	2,765 ^{ns}	7,231 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,345 ^{ns}
Erro	28	1,237	5,793	25,107	0,009	0,067	0,259
CV (%)		19,09	16,13	12,04	17,26	20,62	19,00

**, * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para as massas de matéria fresca (MFF) e seca das folhas (MSF) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR), aos 10, 15 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio					
		-----MFF-----			-----MSF-----		
		10 DAT	15 DAT	25 DAT	10 DAT	15 DAT	25 DAT
Bloco	4	0,434 ^{ns}	4,426 ^{ns}	28,259*	0,004 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,344**
CEa	1	6,436**	116,59**	672,07**	0,039**	0,875**	2,767**
FR	3	0,908 ^{ns}	12,168**	34,174*	0,003 ^{ns}	0,186*	0,072 ^{ns}
CEa x FR	3	0,252 ^{ns}	2,338 ^{ns}	2,134 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,071 ^{ns}	0,035 ^{ns}
Erro	28	0,466	2,658	8,052	0,003	0,044	0,073
CV (%)		22,00	18,05	13,22	16,54	22,96	13,12

**, * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para as massas de matéria fresca (MFC) e seca do caule (MSC) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR), aos 10, 15 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio					
		-----MFC-----			-----MSC-----		
		10 DAT	15 DAT	25 DAT	10 DAT	15 DAT	25 DAT
Bloco	4	1,567 ^{ns}	2,165 ^{ns}	29,403*	0,002 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,161 ^{ns}
CEa	1	6,602**	72,496**	856,874**	0,011**	0,111**	1,912**
FR	3	0,389 ^{ns}	5,263**	16,544 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,070 ^{ns}
CEa x FR	3	0,665 ^{ns}	0,223 ^{ns}	5,541 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,164 ^{ns}
Erro	28	0,710	1,084	8,276	0,001	0,006	0,095
CV (%)		30,90	17,69	14,29	20,37	21,73	19,00

**, * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para massa de matéria seca das raízes (MSR) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR), aos 10, 15 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio		
		10 DAT	15 DAT	25 DAT
Bloco	4	0,00241 ^{ns}	0,00822*	0,00309 ^{ns}
CEa	1	0,00176 ^{ns}	0,02627**	0,00352 ^{ns}
FR	3	0,00008 ^{ns}	0,00373 ^{ns}	0,01151**
CEa x FR	3	0,00178 ^{ns}	0,00120 ^{ns}	0,00174 ^{ns}
Erro	28	0,00091	0,00223	0,00251
CV (%)		25,68	21,44	18,17

** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

O uso de água não salobra (CE=0,32 dS m⁻¹) utilizada para o preparo da solução nutritiva e reposição do volume consumido promoveu maior acúmulo de massa de matéria fresca da parte aérea do maço de 12 plantas de coentro (MFPA_{maço}) em todos os períodos de avaliações. Os valores médios de MFPA_{maço} obtidos com esse tipo de água foram da ordem de 6,64; 17,97; 37,91 e 50,33 g por maço, aos 10, 15, 21 e 25 DAT respectivamente (Figura 18).

Em estudo conduzido por Cazuza Neto et al. (2014a) em hidroponia NFT, aos 26 DAT a produção de massa de matéria fresca do maço de 8 plantas de coentro foi de 92,66 g (11,58 g por planta), com o tratamento controle (CE=0,30 dS m⁻¹). Os resultados encontrados no presente trabalho foram inferiores, sendo essa diferença associada às características dos sistemas de cultivo, ciclo e época de cultivo e também com a densidade de plantas por unidade de cultivo, podendo ter ocorrido competição entre as plantas, pois o cultivo foi também em copos plásticos, mas com espaçamento na linha de cultivo foi de 30 cm entre os copos em comparação com 7 cm por copo no presente estudo.

Quando foi utilizada água salobra (CE=4,91 dS m⁻¹) para reposição ocorreu redução na MFPA_{maço} da ordem de 24,40; 33,95; 37,08 e 34,69%, aos 10, 15, 21 e 25 DAT, respectivamente. Em relação ao uso de água salobra o efeito da

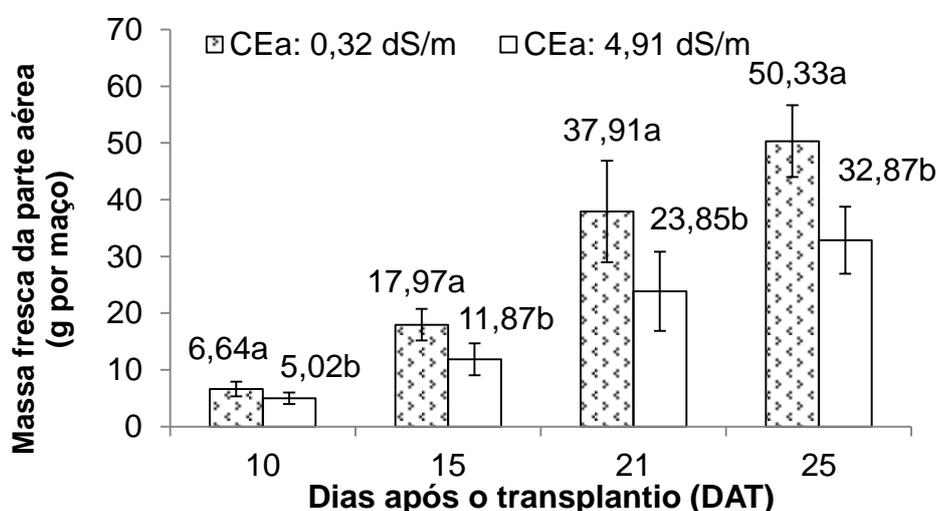
salinidade nas plantas foi mais pronunciado a partir de 15 DAT, o que não impede o uso dessa água considerada salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$), pois dentro das condições de cultivo foi possível produzir satisfatoriamente, ressaltando-se até que ponto é viável a utilização de águas salobras. Segundo Santos et al. (2012), dentre as fases do ciclo da cultura do coentro, a de desenvolvimento inicial é mais tolerante aos efeitos da salinidade e da toxicidade do que a fase final de cultivo, possivelmente devido ao fato do desenvolvimento radicular estar incipiente e da pouca necessidade de absorção de água e nutrientes.

Em outros trabalhos com o coentro tem-se constatado reduções no rendimento com o aumento da salinidade da solução nutritiva. Vasconcelos (2008) reportou que o incremento na salinidade da solução nutritiva promoveu comportamento quadrático na massa de matéria fresca da parte aérea das plantas, sendo que, o emprego de soluções nutritivas com condutividades baixas ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$) ou muito elevadas ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) provocou uma redução significativa na produção. Tal fato encontra-se relacionado à interferência na nutrição oriunda de uma menor disponibilidade de nutrientes ou pelo elevado potencial osmótico, o qual acarretou em menor absorção de água e, conseqüentemente de nutrientes. No estudo de Rebouças et al. (2013), ocorreu redução na massa de matéria fresca da parte aérea das plantas de coentro com o incremento da salinidade da solução nutritiva, esse comportamento deve-se, possivelmente, ao excesso de sais na solução nutritiva, sendo comuns alterações morfológicas das plantas que resultam nas reduções da altura e do número de folhas das plantas e, conseqüentemente na diminuição da massa fresca das plantas. No cultivo de coentro em vasos conduzido por Bonifácio et al. (2014), o incremento da salinidade da solução nutritiva de 1,9 a $12,3 \text{ dS m}^{-1}$ reduziu em 56% a massa fresca das plantas. No estudo de Cazuza Neto et al. (2014a) também ocorreu redução na produção do coentro com o aumento da salinidade da água, porém toda a produção foi considerada comercial, à exceção das plantas produzidas com água de $CE=7,73 \text{ dS m}^{-1}$, cujas folhas mais velhas exibiram sintomas de queima das bordas.

Investigações futuras devem ser conduzidas no sistema hidropônico proposto no presente trabalho, visando identificar os limites de viabilidade da

utilização de águas salobras que possam produzir sem provocar efeitos deletérios à cultura.

Reduções na massa de matéria fresca da parte aérea com o aumento da salinidade também foram encontradas em outros trabalhos, com o coentro (LEAL et al., 2005; LIMA, 2008; AYMEN & CHERIF, 2013); com alface (AL-MASKARI et al., 2010; MAGALHÃES et al., 2010; SANTOS et al., 2010a,b,c; SOARES et al., 2010b; OLIVEIRA et al., 2011; PAULUS et al., 2012) e no cultivo de rúcula (SILVA, 2009; JESUS, 2011; OLIVEIRA et al., 2013b; SOUZA NETA et al., 2013).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

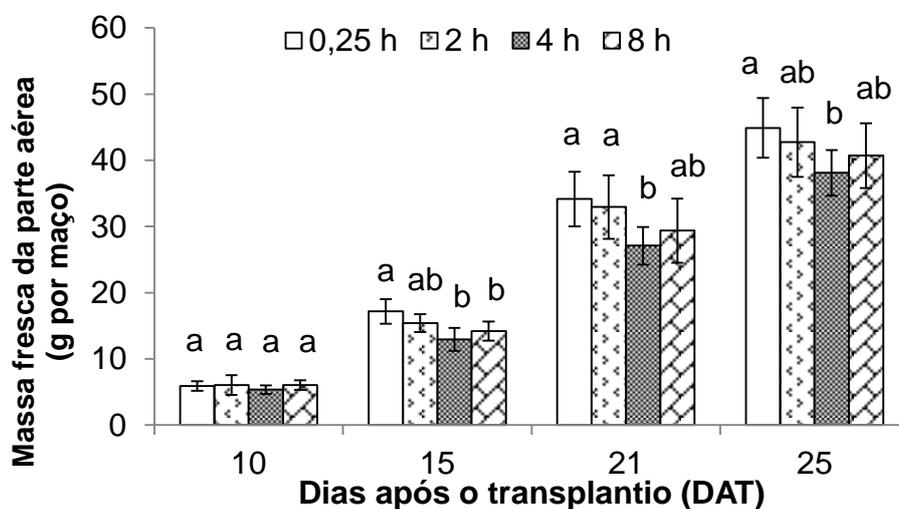
Figura 18. Médias da massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas ($MFPA_{\text{maço}}$) do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplante (DAT).

Quanto ao fator frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10 DAT a produção com base na massa de matéria fresca do maço de 12 plantas ($MFPA_{\text{maço}}$) do coentro hidropônico foi uniforme, independentemente das frequências de recirculação. Aos 15 DAT, a frequência de recirculação de 2 horas não diferenciou da frequência-controle (0,25 h), já as frequências de 4 e 8 horas promoveram menor acúmulo de $MFPA_{\text{maço}}$ em relação à frequência-controle. Já aos 21 e 25 DAT, apenas a frequência de recirculação de 4 horas foi inferior em relação à frequência de 0,25 h (Figura 19).

No tipo de sistema utilizado no presente trabalho, os intervalos entre recirculação da solução nutritiva tornam-se importantes em virtude do rebaixamento do nível da solução nutritiva dentro dos canais de cultivo e também para oxigenação da solução nutritiva. Logo, o maior intervalo adotado entre recirculações da solução (8 horas) mostrou-se adequado para manutenção da solução nos canais de cultivo, além de ter a vantagem de redução no consumo energético, bem como o aumento da vida útil do sistema. Porém, deve-se ter cuidado em assumir intervalos longos, pois as plantas podem sofrer pela falta de oxigenação. Segundo Martinez & Silva Filho (2006), na hidroponia um dos cuidados importantes para o adequado desenvolvimento das plantas é o fornecimento de oxigênio às raízes, para que desempenhem suas funções vitais.

Resultados similares aos do presente trabalho foram reportados por Pivoto et al. (2008); em que o aumento no intervalo entre irrigações (a cada 60 min) mostrou-se adequado para o cultivo de alface em hidroponia NFT, além de ter proporcionado redução do consumo de energia elétrica.

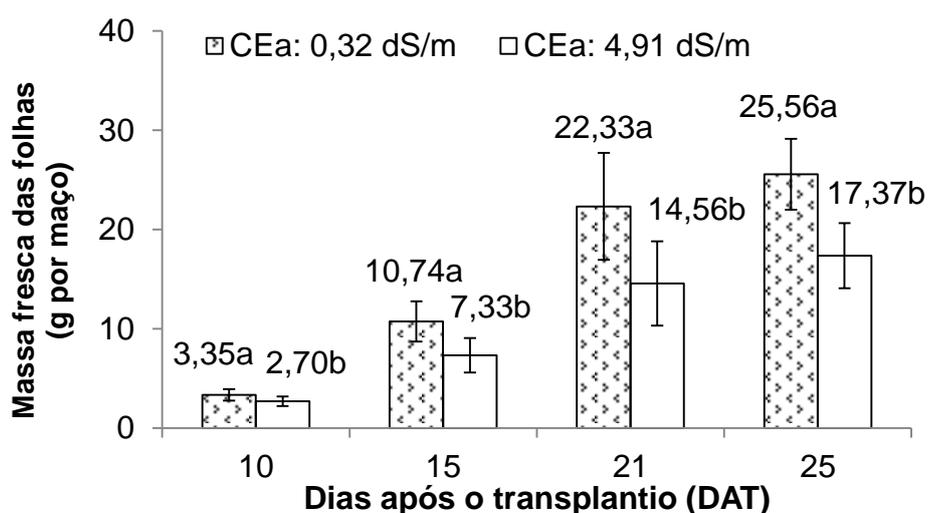
No cultivo comparativo de alface nos sistemas hidropônicos NFT e Floating, Santos et al. (2011) reportaram superioridade na produção no sistema Floating, sendo esta atribuída ao fato das raízes estarem providas com solução nutritiva oxigenada. Segundo os autores, no sistema NFT, apesar da alta frequência de irrigação, comparada à agricultura irrigada convencional no solo, tem-se sim um período de restrição hídrica para as plantas, o que pode se constituir numa fonte de estresse para as raízes, com repercussão na transpiração e absorção de íons, além de menor arrefecimento das raízes.



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 19. Médias da massa de matéria fresca do maço de plantas ($MFP_{\text{maço}}$) do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplântio (DAT).

Quanto a variável massa de matéria fresca das folhas (MFF), assim como reportado para massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas, o uso de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) promoveu maior acúmulo de MFF em todos os períodos de tempo. Os valores médios para esta mesma variável foram da ordem de 3,35; 10,74; 22,33 e 25,56 g por maço, aos 10, 15, 21 e 25 DAT respectivamente. Quando foi utilizada água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) para reposição ocorreu reduções percentuais na MFF da ordem de 19,40; 31,75; 34,80 e 32,04%, respectivamente nesses mesmos períodos de tempo citados acima (Figura 20). Resultados similares aos do presente trabalho foram reportados por Rebouças et al. (2013), em que o aumento da salinidade da solução nutritiva reduziu significativamente a massa de matéria fresca das folhas do coentro hidropônico. No estudo de Freitas et al. (2014b) com alface americana em hidroponia NFT, a massa de matéria fresca das folhas foi reduzida em 11,01% por cada incremento unitário na salinidade da água (em dS m^{-1}).

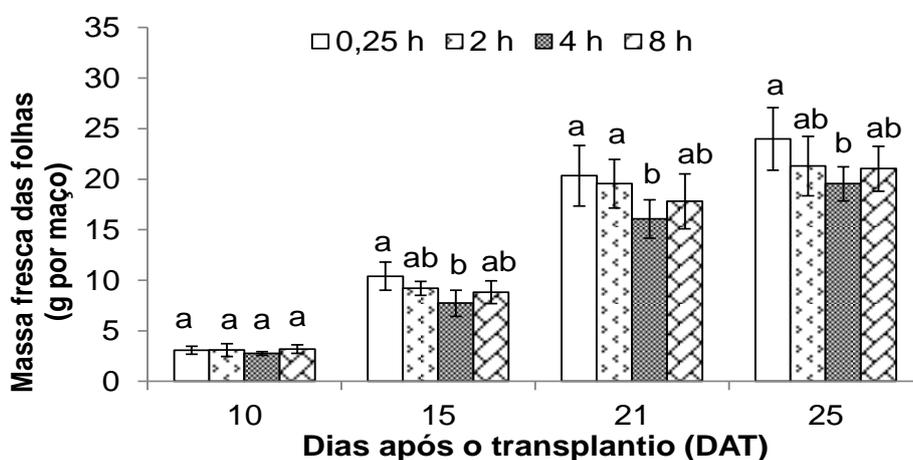


Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 20. Médias da massa de matéria fresca das folhas (MFF) do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplante (DAT).

Assim, como reportado para variável $MFFPA_{\text{maço}}$, aos 10 DAT as frequências de recirculação da solução nutritiva também promoveram acúmulo de massa de matéria fresca das folhas (MFF) no mesmo patamar, ou seja, na condição inicial de cultivo as frequências não tiveram efeito algum sobre esta variável. Aos 15, 21 e 25 DAT a frequência de 4 horas promoveu menor acúmulo de MFF em relação à frequência-controle (0,25 h) (Figura 21).

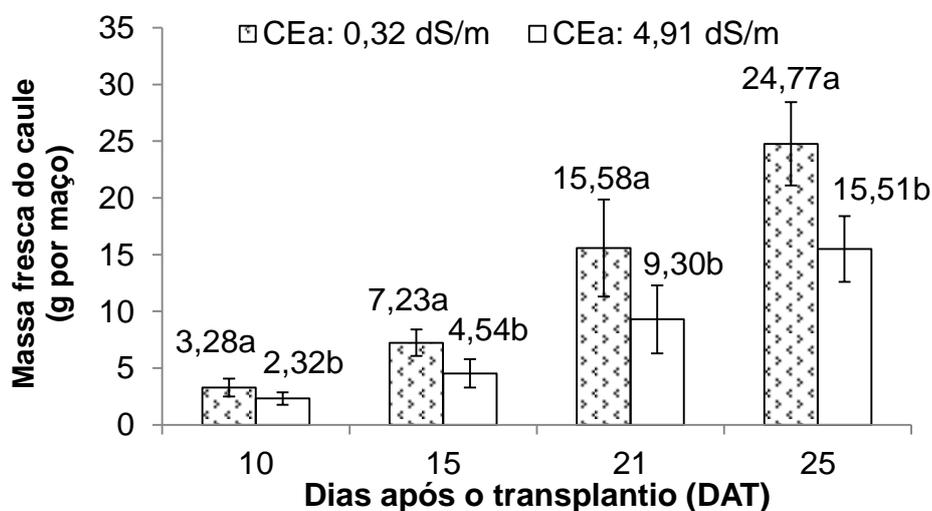
Os resultados do presente trabalho corroboram com os apresentados por Hell et al. (2012), Passos et al. (2012) e Hell et al. (2013) no cultivo de alface em hidroponia NFT. No estudo de Hell et al. (2012) os tratamentos consistiram de irrigações de 15 min a intervalos de 15 e 120 min, sendo o maior acúmulo de massa de matéria fresca das folhas (MFF) promovido com o maior intervalo (120 min). Diante disso, o acréscimo em produtividade com o aumento do intervalo de irrigação pode permitir ao produtor reduzir os custos com energia elétrica, sem comprometer a produtividade das plantas de alface. No estudo de Hell et al. (2013), os tratamentos consistiram de irrigações de 15 min a intervalos de 15, 30, 60, 90, 120 e 150 min; houve decréscimo para MFF de alface com o intervalo de 60 min, sendo que, após este intervalo, ocorreu acréscimo no acúmulo de MFF. Já no estudo Passos et al. (2012) as irrigações foram de 15 min a intervalos de 30, 75 e 135 min, sendo o maior acúmulo de MFF promovido com os intervalos entre irrigações de 30 e 75 min.



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 21. Médias da massa de matéria fresca das folhas (MFF) do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplântio (DAT).

Como constatado para as variáveis $MFP_{\text{maço}}$ e MFF, o maior acúmulo de massa de matéria fresca do caule (MFC) também foi promovido quando foi utilizada água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) para preparo da solução nutritiva e reposição do consumo evapotranspirado. Os valores médios de MFC foram da ordem de 3,28; 7,23; 15,58 e 24,77 g por maço, aos 10, 15, 21 e 25 DAT respectivamente. Já quando foi utilizada água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) para reposição, ocorreu redução na MFC em 29,27; 37,21; 40,31 e 37,38% respectivamente nesses mesmos períodos de tempo (Figura 22).



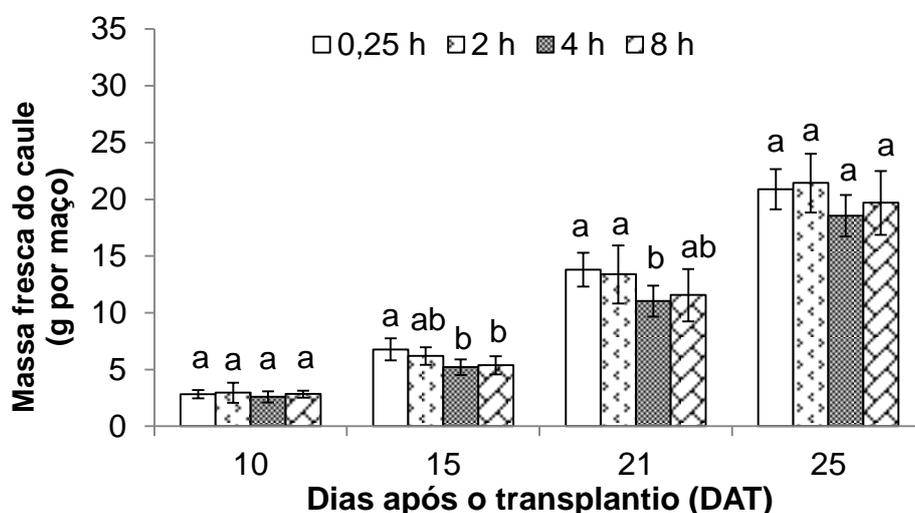
Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 22. Médias da massa de matéria fresca do caule (MFC) do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplântio (DAT).

Quanto ao efeito das frequências de recirculação da solução nutritiva, na primeira (10 DAT) e última (25 DAT) avaliação as mesmas não diferenciaram no acúmulo de MFC. Já aos 15 DAT as frequências de 4 e 8 horas promoveram

menor acúmulo de MFC em relação a frequência-controle (0,25 h) e aos 21 DAT apenas a frequência de 4 horas ficou para trás em relação à frequência-controle e de 2 horas (Figura 23).

Assim, como verificado no presente trabalho, em que os intervalos de recirculação da solução nutritiva foram capazes de atender as exigências hídricas das plantas, nos trabalhos de Passos et al. (2012) e Hell et al. (2013) o aumento no intervalo de irrigações mostrou-se adequado para produção de massa de matéria fresca do caule de alface em hidroponia NFT.



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

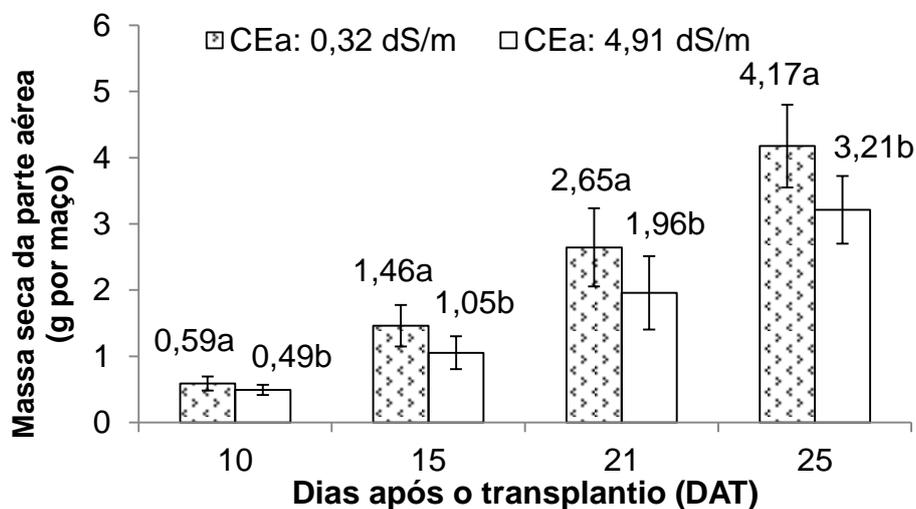
Figura 23. Médias da massa de matéria fresca do caule (MFC) do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplante (DAT).

A respeito da massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas ($MSPA_{\text{maço}}$) do coentro hidropônico, o maior acúmulo foi obtido com a utilização de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$). Os valores médios de $MSPA_{\text{maço}}$ com esse mesmo tipo de água foram da ordem de 0,59; 1,46; 2,65 e 4,17 g por maço, aos 10, 15, 21 e 25 DAT respectivamente (Figura 24). Resultado da ordem de 7,15 g para um maço de 8 plantas foi reportado por Cazuza Neto et al. (2014a) em hidroponia NFT aos 26 DAT, com o tratamento controle ($CE=0,30 \text{ dS m}^{-1}$). Essa superioridade na produção de matéria seca entre os trabalhos é atribuída às

características do sistema hidropônico e também à densidade de plantas, pois a densidade de plantas por unidade de cultivo e o espaçamento das plantas nos canais de cultivo foram diferentes, o que pode ter causado maior competição entre as plantas no presente estudo, conseqüentemente reduzindo a produção unitária no presente trabalho. Outro fator que pode ter contribuído foi à época de cultivo (de agosto a setembro), enquanto que no presente trabalho o cultivo foi conduzido de setembro a outubro, nas mesmas condições climáticas.

Quando foi utilizada água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) para reposição do volume consumido ocorreu redução na $MSPA_{\text{maço}}$ da ordem de 16,95; 28,08; 26,04 e 23,02%, aos 10, 15, 21 e 25 DAT respectivamente. Segundo Sá et al. (2013), elevadas concentrações de sais interagem negativamente na fisiologia das plantas por promoverem interações iônicas, osmóticas e nutricionais deletérias às plantas, embora o efeito ocorra em diferentes intensidades conforme a tolerância das espécies vegetais com reflexo sobre a produção de massa das plantas.

Nos estudos de Lima (2008) e Aymen & Cherif (2013) o aumento da salinidade da água reduziu a massa de matéria seca da parte aérea das plantas de coentro. Já no estudo do desenvolvimento inicial do coentro (aos 20 dias após a semeadura), às águas salinas produzidas pela adição de NaCl ($CE=0,17; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5$ e $5,5 \text{ dS m}^{-1}$) não influenciaram na massa de matéria seca da parte aérea (SALES et al., 2014). A não observância de diferença significativa entre os níveis de salinidade da água pode ter sido em decorrência do pouco período de exposição das plantas sob as condições salinas.



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

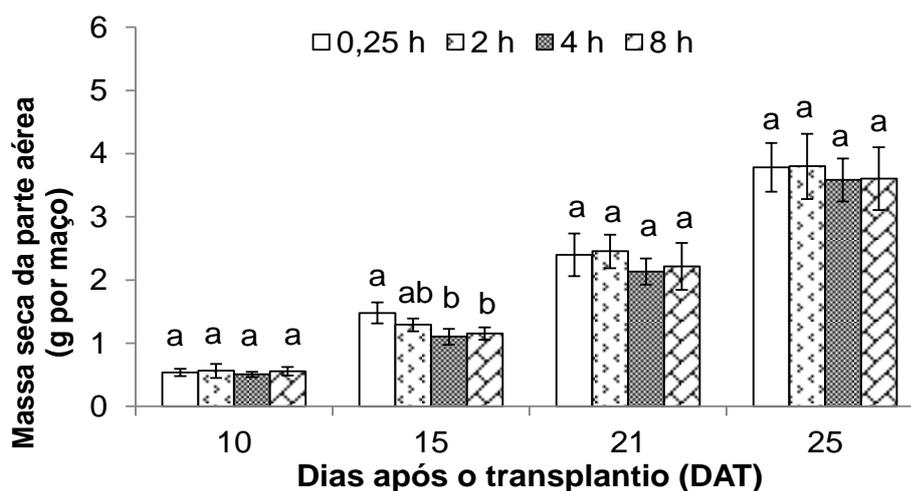
Figura 24. Médias da massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas ($MSPA_{\text{maço}}$) do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplântio (DAT).

No que diz respeito às frequências de recirculação da solução nutritiva, o acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas ($MSPA_{\text{maço}}$) do coentro hidropônico foi uniforme nos períodos dos 10, 21 e 25 DAT, ou seja, tanto em alta frequência de recirculação (controle) quanto em baixa frequência (8 horas) a produção de $MSPA_{\text{maço}}$ do coentro foi no mesmo patamar (Figura 25). Isso demonstra que os intervalos para recirculação da solução nutritiva utilizados no presente trabalho foram capazes de atender às exigências hídricas da cultura. Os resultados corroboram com os apresentados por Luz et al. (2008) no cultivo de alface em hidroponia NFT com irrigações de 15 min a intervalos de 15, 30 e 45 min; de acordo com os autores, os intervalos entre irrigações não promoveram diferenças significativas no rendimento da massa de matéria seca da parte aérea das plantas de alface. Ainda segundo os mesmos autores, as plantas submetidas à menor frequência de irrigação apresentaram maior crescimento do sistema radicular, o que pode ter promovido maior retenção da solução nutritiva, permitindo a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas por um período maior que os 15 min de intervalo comumente aplicados em cultivos comerciais. Portanto, o aumento da retenção da solução nutritiva decorrente do acréscimo da massa e do volume radicular evitou um possível déficit hídrico significativo para a cultura.

Por outro lado, os resultados do presente estudo diferem do que foi reportado por Zanella et al. (2008) com alface em hidroponia NFT submetida a 15 min de irrigação a intervalos de 5, 15 e 30 min; naquele trabalho o maior acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea das plantas foi promovido quando foi utilizado maior número de eventos de irrigação durante o dia.

Aos 15 DAT o acúmulo de $MSPA_{\text{maço}}$ foi reduzido com as frequências de recirculação de 4 e 8 horas em relação à frequência-controle (0,25 h). No estudo conduzido por Fagan et al. (2006b) em hidroponia NFT, o meloeiro foi submetido

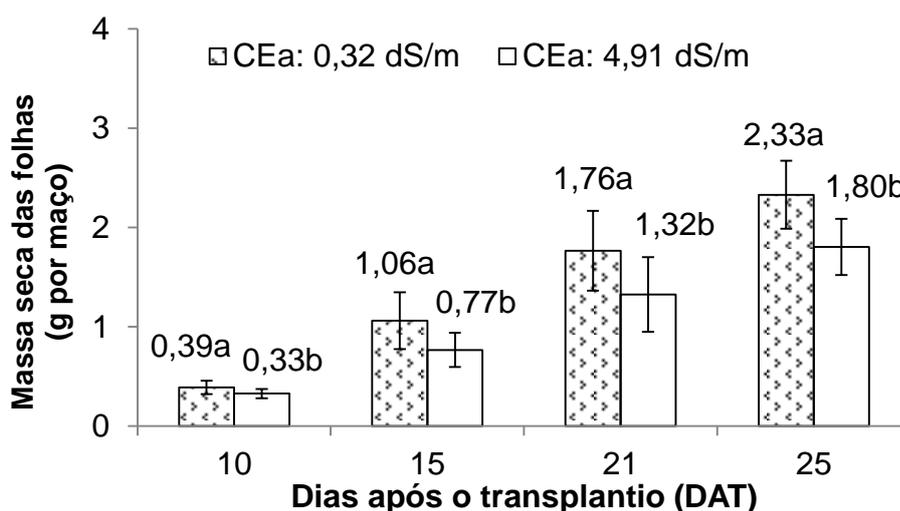
a irrigações de 15 min em dois intervalos de irrigação: 15 e 30 min. De acordo com os autores, o aumento no intervalo entre irrigações de 15 min para 30 min não afetou a produtividade dos frutos. Mostrando que se pode reduzir o número de eventos de irrigação sem consequências na produção do meloeiro, trazendo o benefício de menor gasto com energia. A redução no número de eventos de irrigação também beneficiou o menor consumo de energia no estudo de Lago et al. (2008), Luz et al. (2008) e Torres et al. (2008). De acordo com os resultados apresentados pelos autores, os intervalos entre irrigações não promoveram diferenças significativas quanto ao rendimento com base em massa de matéria seca das plantas de alface em hidroponia NFT. Nos trabalhos de Lago et al. (2008) e Torres et al. (2008), os tratamentos consistiram de quatro intervalos entre irrigações: 15, 30 e 45 e 60 min, cada irrigação de 15 min; de acordo com Torres et al. (2008), o intervalo de 60 min foi o mais adequado, por permitir uma economia de energia elétrica de até 53,57% sem prejuízos à produtividade da cultura de alface. Luz et al. (2008) adotou os intervalos entre irrigações de 15, 30 e 45 min, cada evento de irrigação de 15 min; quando a irrigação foi realizada a intervalos de 45 min, apresentou-se mais vantajoso por proporcionar menor consumo de energia elétrica (42,1%).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 25. Médias da massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas ($MSPA_{\text{maço}}$) do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplântio (DAT).

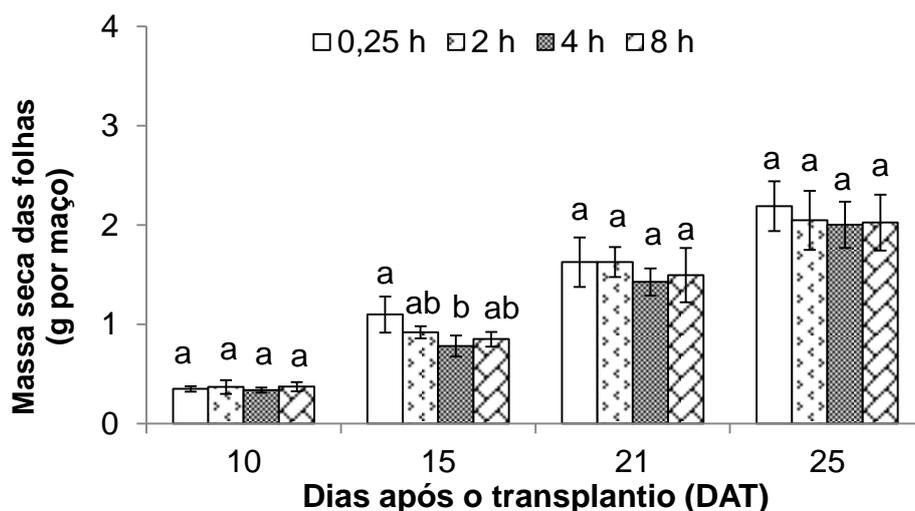
Assim, como reportado para variável massa de matéria seca do maço de plantas, o uso de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) promoveu maior acúmulo de massa de matéria seca das folhas (MSF) em todos os períodos de tempo. Os valores médios foram da ordem de 0,39; 1,06; 1,76 e 2,33 g por maço, aos 10, 15, 21 e 25 DAT respectivamente. Já quando foi utilizada água considerada salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) para reposição, ocorreu redução na MSF em 15,38; 27,36; 25,0 e 22,75%, respectivamente nesses mesmos períodos de tempo (Figura 26). Diferente do presente trabalho, Rebouças et al. (2013) reportaram que a salinidade da solução nutritiva não promoveu diferença significativa para variável massa de matéria seca das folhas.



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 26. Médias da massa de matéria seca das folhas (MSF) do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplante (DAT).

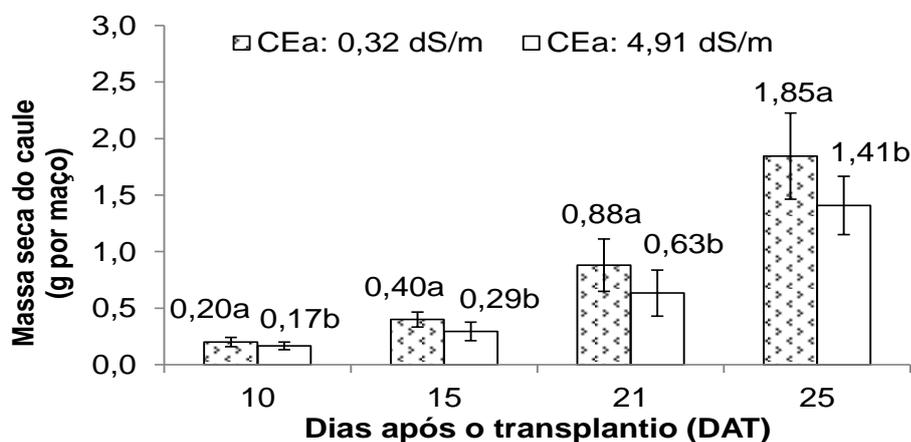
Quanto ao acúmulo de massa de matéria seca das folhas (MSF) do coentro em função das frequências de recirculação, seguiu o mesmo comportamento da variável $MSPA_{\text{maço}}$, ou seja, apenas aos 15 DAT a MSF foi influenciada pelas frequências de recirculação. O acúmulo de MSF foi reduzido apenas quando utilizou-se da frequência de 4 horas em relação à frequência-controle (Figura 27).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 27. Médias da massa de matéria seca das folhas (MSF) do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplântio (DAT).

O maior acúmulo de massa de matéria seca do caule (MSC) do coentro, assim como já verificado para as variáveis $MSPA_{\text{maço}}$ e MSF foi promovido quando foi utilizada água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$). Já quando foi utilizada água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$), ocorreu redução na MSF da ordem de 15,0; 27,5; 28,41 e 23,78 aos 10, 15, 21 e 25 DAT, respectivamente (Figura 28). Diferentemente do presente trabalho, a salinidade da solução nutritiva não interferiu na massa de matéria seca do caule das plantas de alface e coentro nos estudos conduzidos por Andriolo et al. (2005) e Rebouças et al. (2013), respectivamente.

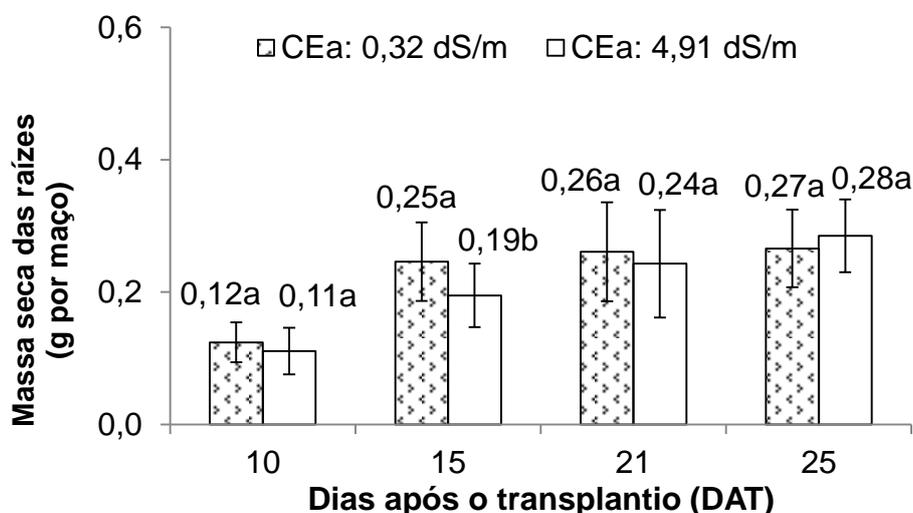


Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 28. Médias da massa de matéria seca do caule (MSC) do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplante (DAT).

Já para variável massa de matéria seca das raízes (MSR), o uso de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) também promoveu maior acúmulo de MSR, apenas aos 15 DAT, pois nos demais períodos os tipos de água promoveram acúmulo de MSR no mesmo patamar (Figura 29).

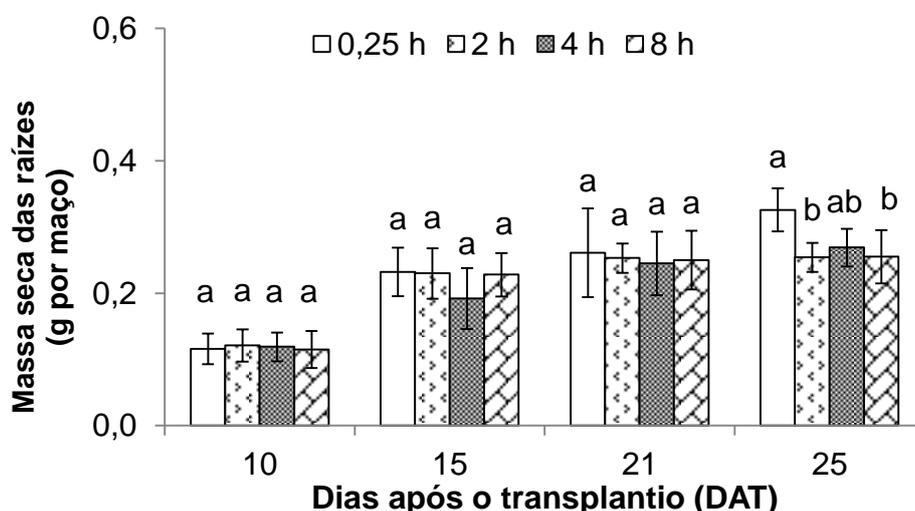
No estudo de Bonifácio et al. (2014) com coentro Verdão cultivado em vasos, a biomassa seca das raízes foi no mesmo patamar quando a solução nutritiva foi preparada com água nas concentrações de 0 e 50 mM de NaCl ($CE \approx 0$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$), já quando foi submetido a maior concentração de 100 mM de NaCl ($CE \approx 10,0 \text{ dS m}^{-1}$) ocorreu redução na biomassa seca das raízes da ordem de 34,62% em relação ao tratamento controle. Já no estudo de Ferreira Neto et al. (2014), o rendimento de matéria seca das raízes do coentro foi reduzido em 60% da maior salinidade ($CE=8,0 \text{ dS m}^{-1}$) em relação ao tratamento controle ($CE=0,8 \text{ dS m}^{-1}$). As águas salinas não influenciaram na massa de matéria seca das raízes do coentro aos 20 dias após a semeadura, conforme resultados de Sales et al. (2014).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 29. Médias da massa de matéria seca das raízes (MSR) do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplântio (DAT).

Quanto ao acúmulo de massa de matéria seca das raízes (MSR) do coentro, aos 10, 15 e 21 DAT, independentemente das frequências de recirculação da solução nutritiva ocorreu acúmulo de MSR no mesmo patamar. Aos 25 DAT, o acúmulo de MSR com as frequências de 2 e 8 horas foi inferior em relação à frequência-controle (Figura 30). Os resultados do presente trabalho corroboram com os reportados por Luz et al. (2008), em que no cultivo de alface em hidroponia NFT submetida a intervalos de irrigação de 15, 30 e 45 min, aos 6, 9 e 16 DAT não houve diferenças significativas no acúmulo de massa de matéria seca das raízes; já no final do ciclo (aos 20 e 23 DAT) o maior acúmulo de MSR foi obtido quando submetido aos intervalos de irrigação de 30 e 45 min.



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 30. Médias da massa de matéria seca das raízes (MSR) do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplântio (DAT).

Posição das plantas nos canais de cultivo

A posição das plantas nos canais de cultivo não promoveu diferenças significativas na altura das plantas e comprimento das raízes do coentro hidropônico, aos 21 DAT (Tabela 10). Logo, estas variáveis mostraram-se menos sensíveis a possíveis gradientes de esgotamento de nutrientes e oxigênio no mesmo canal de cultivo. Assim como presenciado no presente trabalho, no cultivo de rúcula em hidroponia NFT com perfis de 4,0 m de comprimento, Luz et al. (2011) observaram que as posições inicial, intermediária e final nos canais de cultivo não influenciaram no crescimento em altura das plantas. Já no estudo de Luz et al. (2012), as posições inicial e intermediária promoveram maior altura das plantas de coentro em hidroponia NFT com canais de cultivo de 4,5 m de comprimento.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para altura das plantas (AP) e comprimento das raízes (CR) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa), frequências de recirculação da solução nutritiva (FR) e posições das plantas nos perfis hidropônicos (PPH), aos 21 dias após o transplantio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio	
		-----AP-----	-----CR-----
Bloco	4	0,0006 ^{ns}	0,0058 ^{**}
CEa	1	0,1704 ^{**}	0,005 [*]
FR	3	0,0037 [*]	0,0152 ^{**}
CEa x FR	3	0,0007 ^{ns}	0,003 [*]
PPH	2	0,0022 ^{ns}	0,0021 ^{ns}
CEa x PPH	2	0,001 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
FR x PPH	6	0,0002 ^{ns}	0,0013 ^{ns}
CEa x FR x PPH	6	0,0004 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Erro	92	0,0011	0,0011
CV (%)		10,26	21,70

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

As massas da parte aérea do maço de plantas e das folhas com base em matéria fresca e seca foram influenciadas pela posição das plantas nos canais de

cultivo (Tabela 11). As massas de matéria seca do caule e das raízes também diferenciaram estatisticamente (Tabela 12).

Tabela 11. Resumo da análise de variância para as massas de matéria fresca (MFPA_{maço}) e seca da parte aérea do maço de plantas (MSPA_{maço}), fresca (MFF) e seca das folhas (MSF) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa), frequências de recirculação da solução nutritiva (FR) e posições das plantas nos perfis hidropônicos (PPH), aos 21 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		MFPA _{maço}	MSPA _{maço}	MFF	MSF
Bloco	4	51,7453 ^{ns}	0,2117 ^{ns}	4,3108 ^{ns}	0,0651 ^{ns}
CEa	1	5932,3359 ^{**}	14,1934 ^{**}	1813,348 ^{**}	5,817 ^{**}
FR	3	314,8806 ^{**}	0,6814 ^{ns}	109,2447 ^{**}	0,2983 ^{ns}
CEa x FR	3	36,7598 ^{ns}	0,0557 ^{ns}	9,9783 ^{ns}	0,0073 ^{ns}
PPH	2	213,209 [*]	2,4782 ^{**}	117,1286 ^{**}	1,3574 ^{**}
CEa x PPH	2	5,831 ^{ns}	0,093 ^{ns}	7,8116 ^{ns}	0,0824 ^{ns}
FR x PPH	6	84,845 ^{ns}	0,5542 ^{ns}	31,3657 ^{ns}	0,2228 ^{ns}
CEa x FR x PPH	6	19,5811 ^{ns}	0,1273 ^{ns}	9,8887 ^{ns}	0,0876 ^{ns}
Erro	92	57,3257	0,2889	20,5893	0,1304
CV (%)		24,52	23,36	24,60	23,38

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

Tabela 12. Resumo da análise de variância para as massas de matéria fresca (MFC) e seca do caule (MSC) e seca das raízes (MSR) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa), frequências de recirculação da solução nutritiva (FR) e posições das plantas nos perfis hidropônicos (PPH), aos 21 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio		
		MFC	MSC	MSR
Bloco	4	34,1579 [*]	0,0668 ^{ns}	0,0253 ^{**}
CEa	1	1185,9923 ^{**}	1,8377 ^{**}	0,0090 ^{ns}

FR	3	54,9047**	0,0884 ^{ns}	0,0013 ^{ns}
CEa x FR	3	10,8581 ^{ns}	0,0356 ^{ns}	0,0019 ^{ns}
PPH	2	23,2222 ^{ns}	0,1759*	0,0656**
CEa x PPH	2	0,5103 ^{ns}	0,0854 ^{ns}	0,0023 ^{ns}
FR x PPH	6	15,8139 ^{ns}	0,0120 ^{ns}	0,0019 ^{ns}
CEa x FR x PPH	6	5,2888 ^{ns}	0,0179 ^{ns}	0,0069 ^{ns}
Erro	92	11,8813	0,0428	0,0042
CV (%)		27,71	27,34	25,82

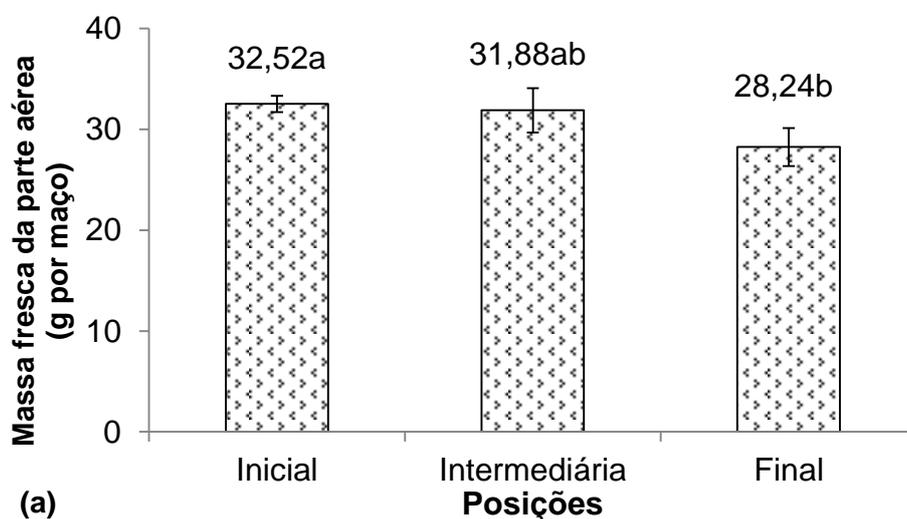
** , * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

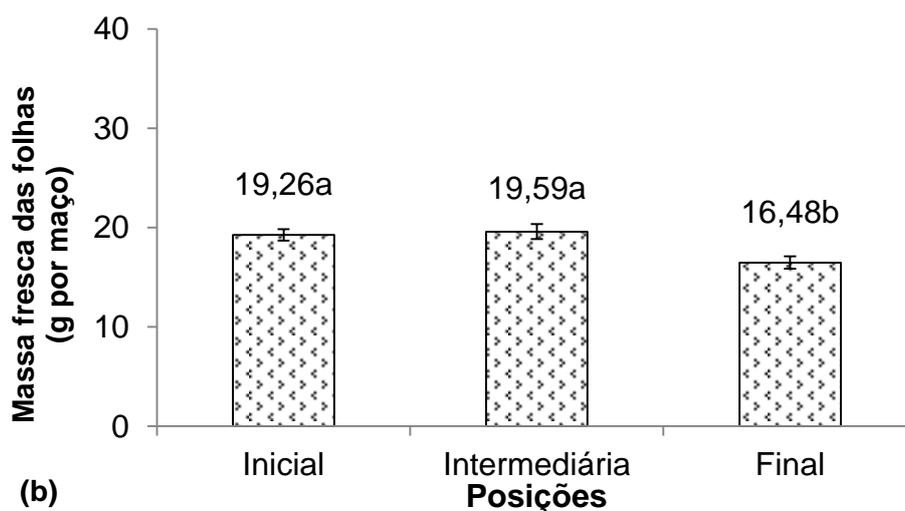
As posições inicial e intermediária promoveram maior rendimento da parte aérea do maço de plantas (MFPA_{maço}) e das folhas (MFF) com base na massa de matéria fresca do coentro hidropônico. Os valores médios da MFPA_{maço} foram da ordem de 32,52 e 31,88 g por maço, nas posições inicial e intermediária, respectivamente. A produção de MFPA_{maço} do coentro na posição final foi reduzida em relação à posição inicial em 13,16% (Figura 31a). Os valores médios do rendimento das folhas com base em matéria fresca foram da ordem de 19,6 e 19,56 g por maço, respectivamente nas posições inicial e intermediária (Figura 31b). Esse melhor desenvolvimento das plantas nas posições iniciais dos perfis hidropônicos pode estar associado principalmente à maior disponibilidade de nutrientes nessas posições, pois a entrada da solução se dá no início do perfil, o que pode ocasionar menor disponibilidade de nutrientes incluindo oxigênio dissolvido no final dos perfis. Em investigações futuras, pode-se trabalhar com uma densidade de plantas maior por unidade de cultivo na posição final para compensar as perdas em relação à posição inicial. Outra opção seria avaliar a injeção multipontual de solução nutritiva ao longo do canal de cultivo.

Em contraste ao presente trabalho, nos estudos com couve-chinesa (LIMA et al., 2005), agrião da terra e orégano (SANTOS et al., 2008) e com rúcula (GUERRA et al., 2004; LUZ et al., 2011) conduzidos em hidroponia NFT com canais de cultivo de 4,0 m de comprimento; as posições das plantas nos perfis hidropônicos não promoveram diferenças significativas na massa fresca da parte aérea das plantas. De acordo com os autores, a não observância de diferença significativa foi atribuída ao pequeno comprimento dos canais de cultivo, não

promovendo desuniformidade na aplicação da solução. O sistema NFT, em comparação ao DFT utilizado no presente estudo, permite maior oxigenação da solução nutritiva. Já nos estudos com alface cerbiatta (COSTA et al., 2008) e alface mimosa (LUZ et al., 2010) cultivadas em hidroponia NFT com canais de 4,0 m; as posições intermediária e final promoveram maior acúmulo de massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA). Diferentemente do que foi reportado no estudo de Luz et al. (2012) com o coentro e salsa crespa em hidroponia NFT com canais de cultivo de 4,5 m, sendo que o maior acúmulo de MFPA de coentro foi obtido na posição inicial dos perfis hidropônicos, seguida da posição intermediária e por fim, a menor produção na posição final; já o maior acúmulo de MFPA de salsa crespa foi promovido a posição intermediária.

Ainda de acordo com Luz et al. (2012), a diferença entre as posições pode estar relacionada a não uniformidade ocorrida na circulação da solução nutritiva ao longo do perfil hidropônico. Assim, o mais esperado é que a posição final tenha um maior desequilíbrio entre os nutrientes levando a reflexos desvantajosos no desenvolvimento e produção de plantas.





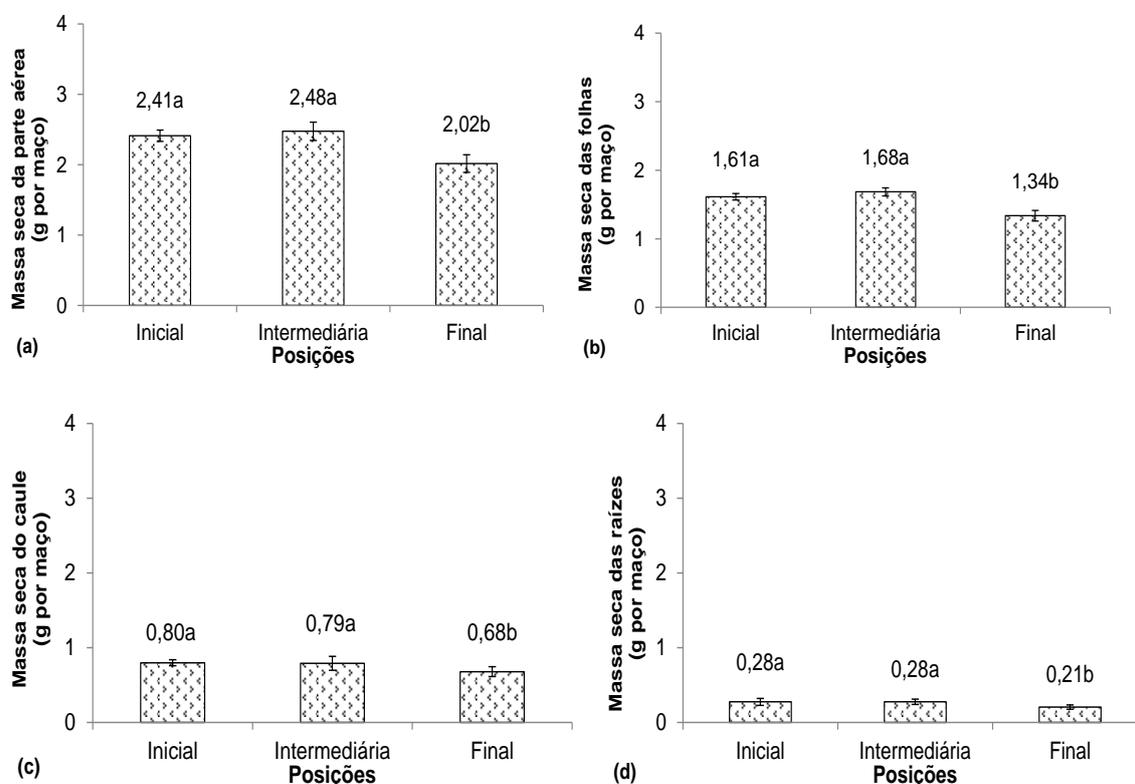
Letras diferentes indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 31. Médias das massas de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas ($MFPA_{\text{maço}}$) (a) e das folhas (MFF) (b) do coentro hidropônico em função da posição das plantas nos perfis hidropônicos, aos 21 dias após o transplântio (DAT).

Assim, como reportado para as variáveis $MFPA_{\text{maço}}$ e MFF, o maior rendimento para estas mesmas variáveis com base em massa de matéria seca também foi promovido nas posições inicial e intermediária dos canais de cultivo. Os valores médios da $MSPA_{\text{maço}}$ foram da ordem de 2,41 e 2,48 g por maço, nessas mesmas posições, respectivamente (Figura 32a). O rendimento da $MSPA_{\text{maço}}$ do coentro na posição final foi reduzida em relação à posição inicial em 16,18%. Os valores médios de MSF foram da ordem de 1,61 e 1,68 g por maço, nas posições inicial e intermediária, respectivamente (Figura 32b).

O maior rendimento do caule e raízes com base em massa de matéria seca também foi promovido nas posições inicial e intermediária dos canais de cultivo. Nessas mesmas posições os valores médios de MSC foram da ordem de 0,80 e 0,79 g por maço, respectivamente, sendo o acúmulo na posição final reduzido em 15% em relação à posição inicial (Figura 32c). Os valores médios de MSR foram da ordem de 0,28 g por maço, respectivamente nas posições inicial e intermediária, superando significativamente a média da posição final (0,21 g por maço) (Figura 32d).

Diferentemente do presente trabalho, as posições das plantas nos perfis hidropônicos em sistema NFT não apresentaram diferenças significativas na massa de matéria seca da parte aérea das plantas de orégano e agrião da terra (SANTOS et al., 2008), de rúcula (GUERRA et al., 2004; LUZ et al., 2011) e de alface cerbiatta (COSTA et al., 2008) e alface mimosa (LUZ et al., 2010). Já Luz et al. (2012) reportaram os maiores valores das massas de matéria seca da parte aérea e das raízes do coentro hidropônico na posição inicial dos canais de cultivo. No estudo de Santos et al. (2008), o maior acúmulo de massa de matéria seca das raízes também foi promovido na posição inicial do canal de cultivo.



Letras diferentes indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 32. Médias das massas de matéria seca da parte aérea do maço de plantas ($MSPA_{maço}$) (a), das folhas (MSF) (b), do caule (MSC) (c) e das raízes (MSR) (d) do coentro hidropônico em função da posição das plantas nos perfis hidropônicos, aos 21 dias após o transplante (DAT).

Taxa de crescimento absoluto e relativo

A CEa promoveu efeito significativo na taxa de crescimento absoluto (TCA) da altura das plantas (Tabela 13) e na massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas (Tabela 14), no período dos 10 aos 25 DAT; na taxa de crescimento relativo (TCR) da altura das plantas e massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas dos 10 aos 15 DAT (TCR₁₀₋₁₅); na TCR da altura das plantas dos 20 aos 25 DAT. A TCR da altura das plantas foi influenciada pelas frequências de recirculação da solução nutritiva dos 10 aos 15 DAT.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) na interação entre CEa e frequências de recirculação da solução nutritiva na TCA dos 10 aos 25 DAT e na TCR da altura das plantas dos 20 aos 25 DAT.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para a taxa de crescimento absoluto (TCA) no período dos 10-25 dias após o transplântio (DAT) e taxa de crescimento relativo (TCR) no período dos 10-25, 10-15, 15-20 e dos 20-25 DAT da altura das plantas do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR)

FV	GL	Quadrado Médio				
		TCA ₁₀₋₂₅	TCR ₁₀₋₂₅	TCR ₁₀₋₁₅	TCR ₁₅₋₂₀	TCR ₂₀₋₂₅
Bloco	4	0,02384 ^{ns}	0,000036 ^{ns}	0,00043 ^{ns}	0,00091 ^{ns}	0,00047 ^{ns}
CEa	1	0,26569 ^{**}	0,000029 ^{ns}	0,002 [*]	0,0004 ^{ns}	0,00168 ^{**}
FR	3	0,03506 ^{ns}	0,000036 ^{ns}	0,00154 [*]	0,00072 ^{ns}	0,00003 ^{ns}
CEa x FR	3	0,07488 [*]	0,000045 ^{ns}	0,00043 ^{ns}	0,00033 ^{ns}	0,00068 [*]
Erro	28	0,01952	0,000032	0,00044	0,00045	0,0002
CV (%)		8,54	8,13	23,38	24,83	42,34

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para a taxa de crescimento absoluto (TCA) no período dos 10-25 dias após o transplântio (DAT) e taxa de crescimento relativo (TCR) no período dos 10-25, 10-15, 15-20 e dos 20-25 DAT da massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR)

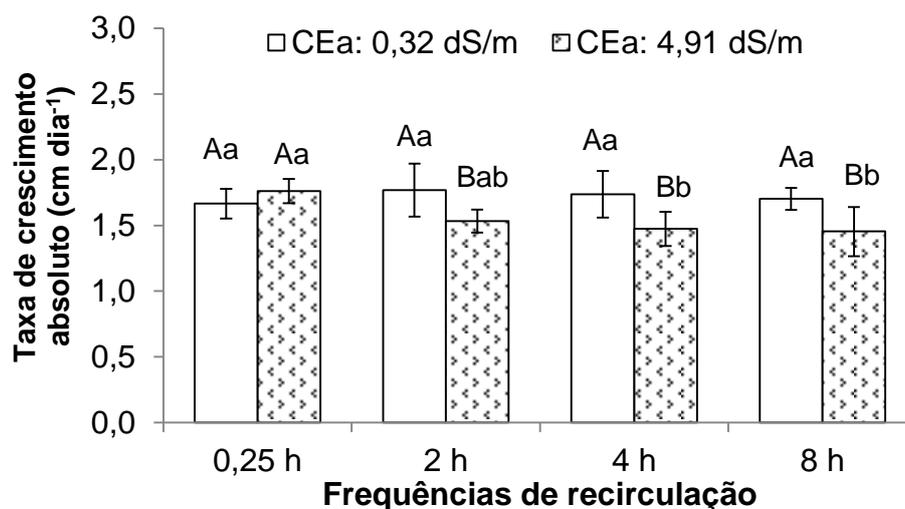
FV	GL	Quadrado Médio				
		TCA ₁₀₋₂₅	TCR ₁₀₋₂₅	TCR ₁₀₋₁₅	TCR ₁₅₋₂₀	TCR ₂₀₋₂₅

Bloco	4	0,00332*	0,00006 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	0,00288 ^{ns}	0,00301 ^{ns}
CEa	1	0,03318**	0,00035 ^{ns}	0,01040*	0,00660 ^{ns}	0,00117 ^{ns}
FR	3	0,00046 ^{ns}	0,00009 ^{ns}	0,0060 ^{ns}	0,00226 ^{ns}	0,00057 ^{ns}
CEa x FR	3	0,00129 ^{ns}	0,00010 ^{ns}	0,00046 ^{ns}	0,00008 ^{ns}	0,00152 ^{ns}
Erro	28	0,00104	0,00016	0,00218	0,00161	0,00146
CV (%)		15,33	10,05	28,30	28,53	48,72

**; * - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

No período dos 10-25 DAT, no que se refere ao desdobramento da interação CEa dentro das frequências de recirculação da solução nutritiva, a água não salobra (CE=0,32 dS m⁻¹) utilizada para o preparo da solução nutritiva e reposição do volume consumido e a água salobra (CE=4,91 dS m⁻¹) utilizada para reposição não diferenciaram entre si na taxa de crescimento absoluto (TCA₁₀₋₂₅) da altura das plantas, quando a recirculação da solução foi realizada com a frequência-controle (0,25 h). Quando a recirculação foi realizada a cada 2, 4 e 8 horas a água não salobra (CE=0,32 dS m⁻¹) promoveu maior TCA₁₀₋₂₅, com valores médios da ordem de 1,768; 1,737 e 1,702 cm dia⁻¹ respectivamente; quando foi utilizada água salobra (CE=4,91 dS m⁻¹) a TCA₁₀₋₂₅ da altura das plantas reduziu em 13,30; 15,20 e 14,62%, respectivamente (Figura 33).

No desdobramento da interação entre frequências de recirculação da solução nutritiva dentro dos tipos de água (não salobra e salobra), as frequências de 0,25; 2; 4 e 8 h não influenciaram na TCA₁₀₋₂₅ da altura das plantas quando foi utilizada água não salobra (CE=0,32 dS m⁻¹). Já quando foi utilizada água salobra (CE=4,91 dS m⁻¹), a frequência-controle (0,25 h) promoveu maior TCA₁₀₋₂₅ da altura das plantas em relação às frequências de 4 e 8 horas.



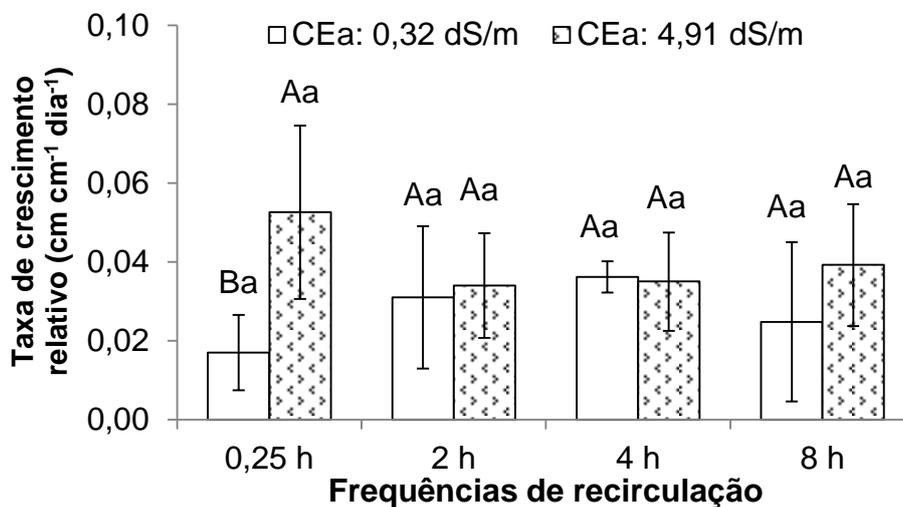
Letras maiúsculas diferentes explicam o efeito da CEa dentro de cada frequência de recirculação e letras minúsculas diferentes explicam o efeito das frequências de recirculação dentro de cada CEa, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 33. Desdobramento entre a condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva na taxa de crescimento absoluto da altura das plantas do coentro hidropônico, no período de 10 aos 25 dias após o transplante (DAT).

A respeito do desdobramento da interação entre CEa dentro das frequências de recirculação no período dos 20 aos 25 DAT, apenas dentro da frequência-controle (0,25 h) o uso de água salobra (CE=4,91 dS m⁻¹) promoveu maior taxa de crescimento relativo (TCR₂₀₋₂₅) da altura de plantas do coentro hidropônico. Isso pode ser explicado pelo fato de que nesse período as plantas já não crescem mais em altura quando submetidas ao uso de água não salobra, e possivelmente a alta frequência de recirculação minimizou o efeito quando foi utilizada água salobra, favorecendo o crescimento das plantas em ritmo mais acelerado capaz de alcançar o crescimento das plantas produzidas com água não salobra. Dentro das frequências de recirculação de 2, 4 e 8 horas a taxa de crescimento foi semelhante, independentemente da salinidade das águas (Figura 34).

Já no desdobramento das frequências de recirculação dentro da CEa, todas as frequências promoveram a mesma TCR₂₀₋₂₅, tanto com o uso de água não salobra quanto com água salobra. A não observância de diferenças na taxa de crescimento relativo com as frequências de recirculação nesse período final do

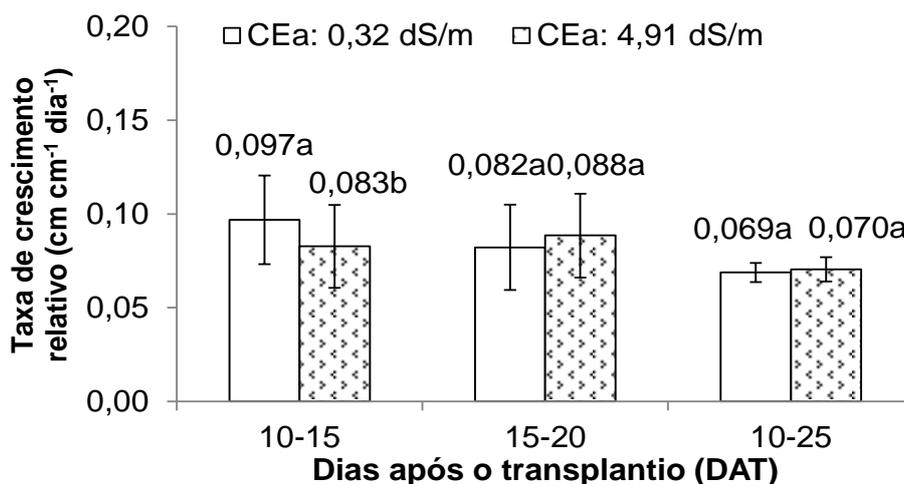
ciclo pode estar associada à adaptação nas condições de cultivo e também ao fato de que as plantas já não cresciam mais em altura.



Letras maiúsculas diferentes explicam o efeito da CEa dentro de cada frequência de recirculação e letras minúsculas diferentes explicam o efeito das frequências de recirculação dentro de cada CEa, a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 34. Desdobramento da interação entre a condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva na taxa de crescimento relativo da altura das plantas do coentro hidropônico, no período dos 20 aos 25 DAT.

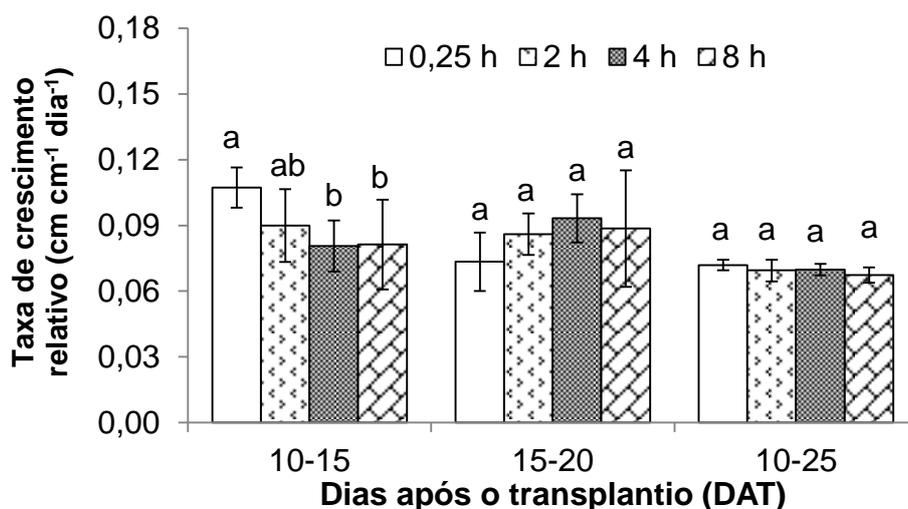
Quanto ao efeito do fator isolado CEa, entre a primeira e segunda avaliação (dos 10 aos 15 DAT) a maior taxa de crescimento relativo (TCR_{10-15}) da altura das plantas foi promovida com o uso de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$), com média da ordem de $0,097 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Quando foi utilizada água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) para reposição do volume consumido, a média da TCR_{10-15} reduziu em 14,43%. Já nos períodos dos 15-20 DAT e dos 10-25 DAT, a TCR não foi influenciada pela CEa, ou seja, as plantas conseguiram crescer em altura tanto com água não salobra como com água salobra (Figura 35).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 35. Médias da taxa de crescimento relativo da altura das plantas do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), no período dos 10-15, dos 15-20 e dos 10-25 dias após o transplante (DAT).

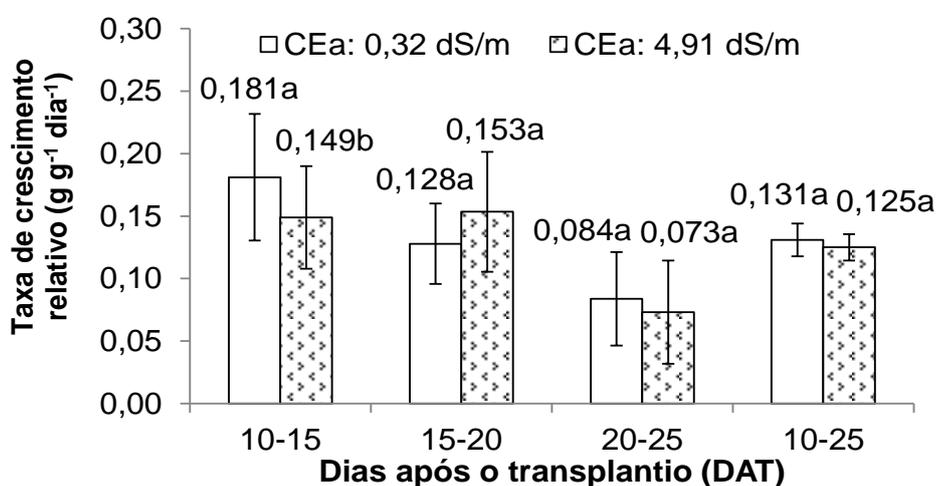
Já quanto ao efeito do fator isolado das frequências de recirculação da solução nutritiva, no período dos 10-15 DAT a frequência-controle (0,25 h) promoveu maior taxa de crescimento relativo (TCR) da altura das plantas em relação às frequências de 4 e 8 horas, com média de $0,107 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Assim como já comentado, esse melhor desempenho com a frequência-controle foi favorecido devido ao grande número de eventos de recirculação, que promoveu nesse período maior crescimento em altura, pois a partir dos 15 DAT possivelmente o crescimento se deu principalmente para os lados. Como prova disso, é que a TCR no período de 15-20 DAT não foi influenciada pelas frequências, bem como no período entre a primeira e última avaliação (dos 10 aos 25 DAT) (Figura 36).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 36. Médias da taxa de crescimento relativo da altura das plantas do coentro hidropônico em função das frequências de recirculação da solução nutritiva, no período dos 10-15, 15-20 e dos 10-25 dias após o transplântio (DAT).

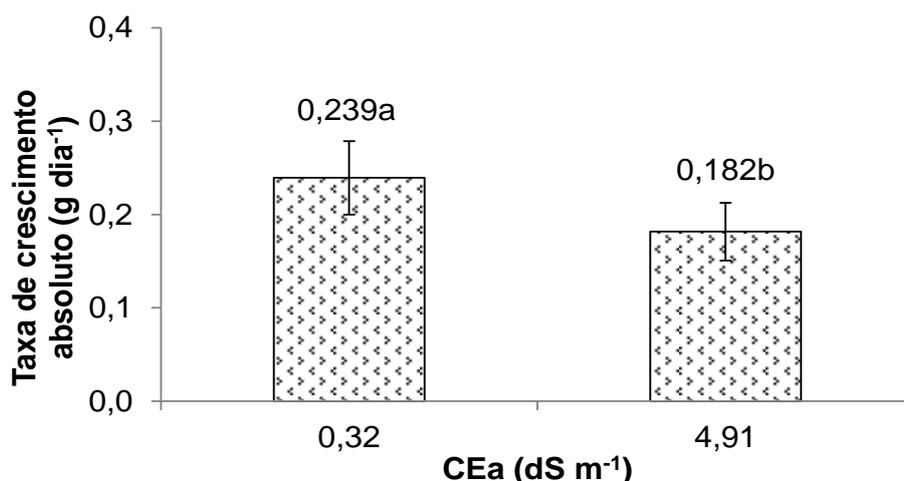
Assim, como reportado para taxa de crescimento relativo (TCR) da altura das plantas no período dos 10-15 DAT, nesse mesmo intervalo de tempo o uso de água não salobra ($\text{CE}=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) também promoveu maior TCR da massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas ($\text{MSPA}_{\text{maço}}$), com média da ordem de $0,181 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. A TCR da $\text{MSPA}_{\text{maço}}$ foi reduzida em 17,68% quando utilizou-se água salobra ($\text{CE}=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) para reposição. Nos períodos dos 15-20, 20-25 e dos 10-25 DAT as plantas conseguiram produzir $\text{MSPA}_{\text{maço}}$ no mesmo patamar (Figura 37).



Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 37. Médias da taxa de crescimento relativo da massa de matéria seca do maço de plantas do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), no período dos 10-15, 15-20, 20-25 e dos 10-25 dias após o transplântio (DAT).

No período dos 10-25 DAT, a maior taxa de crescimento absoluto (TCA) da massa de matéria seca do maço de plantas (MSPA_{maço}) do coentro hidropônico também foi promovida quando foi utilizada água não salobra (CE=0,32 dS m⁻¹) para preparo da solução nutritiva e reposição do volume consumido, com valor médio da ordem de 0,239 g dia⁻¹. Redução da ordem de 23,85% na TCA da MSPA_{maço} foi registrada quando utilizou-se de água salobra (CE=4,91 dS m⁻¹) (Figura 38).



Letras diferentes indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 38. Médias da taxa de crescimento absoluto da massa de matéria seca do maço de plantas do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), no período de 10-25 dias após o transplântio (DAT).

Relação MSR/MSPA e teor de água da parte aérea, das folhas e do caule

A condutividade elétrica da água (CEa) promoveu efeito altamente significativo ($p < 0,01$) na relação entre as massas de matéria seca das raízes e da parte aérea (MSR/MSPA), aos 21 (Tabela 17) e 25 DAT (Tabela 15). Por outro

lado, a frequência de recirculação não interferiu na partição da massa de matéria seca.

Aos 10, 21 e 25 DAT o teor de água da parte aérea do maço de plantas (U_{PA}) (Tabelas 15 e 17) e o teor de água das folhas (U_{Folhas}) (Tabelas 16 e 17) do coentro hidropônico foi influenciado significativamente pela CEa, já o teor de água do caule (U_{Caule}) foi influenciado em todos os períodos de avaliação (Tabelas 16 e 17). Aos 21 DAT, as frequências de recirculação da solução nutritiva promoveram efeito significativo ($p < 0,01$) no teor de água da parte aérea do maço de plantas (U_{PA}), das folhas (U_{Folhas}) e do caule (U_{Caule}) (Tabela 17).

As posições das plantas nos perfis hidropônicos diferenciaram significativamente ($p < 0,01$) no teor de água do caule, aos 21 DAT (Tabela 17).

Tabela 15. Resumo da análise de variância para relação entre as massas de matéria seca das raízes e parte aérea (MSR/MSPA) e teor de água da parte aérea do maço de plantas (U_{PA}) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR), aos 10, 15 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio					
		-----MSR/MSPA-----			----- U_{PA} -----		
		10 DAT	15 DAT	25 DAT	10 DAT	15 DAT	25 DAT
Bloco	4	0,0054 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	0,00028 ^{ns}	0,869 ^{ns}	1,611 ^{ns}	1,331 ^{ns}
CEa	1	0,0012 ^{ns}	0,0029 ^{ns}	0,0064 ^{**}	10,463 ^{**}	4,910 ^{ns}	23,522 ^{**}
FR	3	0,0012 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,511 ^{ns}	0,540 ^{ns}	1,595 ^{ns}
CEa x FR	3	0,0033 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,833 ^{ns}	0,795 ^{ns}	1,064 ^{ns}
Erro	28	0,0032	0,0011	0,0002	0,551	1,329	0,799
CV (%)		25,76	18,29	18,50	0,82	1,26	0,98

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

Tabela 16. Resumo da análise de variância para o teor de água das folhas (U_{Folhas}) e do caule (U_{Caule}) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa) e frequências de recirculação da solução nutritiva (FR), aos 10, 15 e 25 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		----- U_{Folhas} -----		----- U_{Caule} -----	
		10 DAT	15 DAT	10 DAT	15 DAT

		10 DAT	15 DAT	25 DAT	10 DAT	15 DAT	25 DAT
Bloco	4	1,366 ^{ns}	5,005 ^{ns}	2,108 ^{ns}	0,331 ^{ns}	0,461 ^{ns}	1,407 ^{ns}
CEa	1	3,820*	2,621 ^{ns}	18,306**	12,411**	8,781**	27,834**
FR	3	1,415 ^{ns}	1,641 ^{ns}	1,923 ^{ns}	0,190 ^{ns}	0,453 ^{ns}	1,412 ^{ns}
CEa x FR	3	0,580 ^{ns}	2,693 ^{ns}	0,822 ^{ns}	0,943 ^{ns}	0,101 ^{ns}	1,619 ^{ns}
Erro	28	0,592	3,616	1,026	0,853	0,221	1,071
CV (%)		0,87	2,12	1,12	0,99	0,50	1,13

**,* - significativo pelo teste F a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 17. Resumo da análise de variância para relação entre as massas de matéria seca das raízes e parte aérea (MSR/MSPA) e do teor de água da parte aérea do maço de plantas (U_{PA}), das folhas (U_{Folhas}) e do caule (U_{Caule}) do coentro hidropônico, em função da condutividade elétrica da água (CEa), frequências de recirculação da solução nutritiva (FR) e posições das plantas nos perfis hidropônicos (PPH), aos 21 dias após o transplântio (DAT)

FV	GL	Quadrado Médio			
		MSR/MSPA	U_{PA}	U_{Folhas}	U_{Caule}
Bloco	4	0,0040**	0,6145 ^{ns}	0,1051 ^{ns}	1,9646 ^{ns}
CEa	1	0,0226**	79,30**	45,5717**	40,8683**
FR	3	0,0007 ^{ns}	11,9872**	4,3228**	3,5899**
CEa x FR	3	0,0002 ^{ns}	5,4226 ^{ns}	1,2508 ^{ns}	1,0399 ^{ns}
PPH	2	0,0021 ^{ns}	1,2674 ^{ns}	1,8921 ^{ns}	4,7298**
CEa x PPH	2	0,0004 ^{ns}	2,2121 ^{ns}	0,8601 ^{ns}	0,7661 ^{ns}
FR x PPH	6	0,0002 ^{ns}	1,8315 ^{ns}	0,4444 ^{ns}	0,5860 ^{ns}
CEa x FR x PPH	6	0,0007 ^{ns}	2,2089 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,3811 ^{ns}
Erro	92	0,0010	2,2249	0,5756	0,4157
CV (%)		27,33	1,71	1,10	0,69

** - significativo pelo teste F a 0,01 de probabilidade, ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

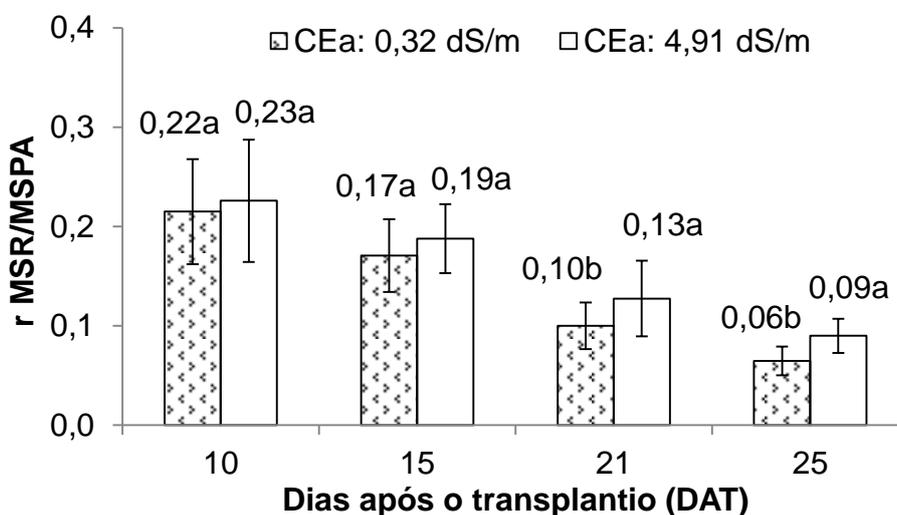
No que se refere a razão entre as massas de matéria seca das raízes e parte aérea (r MSR/MSPA) do coentro hidropônico, aos 10 e 15 DAT essa relação foi estatisticamente uniforme, independentemente do tipo de uso das águas (não

salobra e salobra). Já aos 21 e 25 DAT o uso de água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) promoveu aumento da ordem de 21,05 e 25% na relação MSR/MSPA em relação ao uso de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 39). Esse comportamento foi em função da parte aérea ter sido mais afetada pela salinidade que as raízes, o que denota sua maior sensibilidade aos sais. Esse mesmo tipo de comportamento do aumento da relação MSR/MSPA com o incremento da salinidade das águas tem sido reportado em outros estudos (MACIEL et al., 2012; SILVA et al., 2013; BIONE et al., 2014). No estudo de Maciel et al. (2012) com o girassol ornamental em hidroponia NFT, os autores reportaram aumento de 12,26% na razão MSR/MSPA por incremento unitário na salinidade da água (em dS m^{-1}). No trabalho conduzido por Silva et al. (2013) com rúcula em hidroponia NFT, o aumento da relação MSR/MSPA foi da ordem de 20% com a maior salinidade ($CE=10,5 \text{ dS m}^{-1}$) em relação à salinidade de $CE=1,8 \text{ dS m}^{-1}$ (controle), confirmando que a raiz foi afetada de forma menos severa que a parte aérea. Ainda de acordo com os autores, essa medida de relação é um parâmetro indicativo do grau de sensibilidade fisiológica das partes vegetais ao estresse salino. No experimento conduzido por Bione et al. (2014) com o manjeriço em hidroponia NFT, houve incremento na razão MSR/MSPA de 8,94% por cada acréscimo unitário na condutividade elétrica da água (em dS m^{-1}).

No estudo conduzido por Paulus et al. (2010) em hidroponia NFT com as cultivares de alface Pira Roxa e Verônica, a salinidade da água afetou a relação raiz/parte aérea, com efeito quadrático para as cultivares analisadas, sendo que o efeito da salinidade sobre as raízes foi menor que sobre a parte aérea da alface. Já nos trabalhos conduzidos por Travassos et al. (2011) com o girassol e por Sá et al. (2013) com o mamoeiro cultivados em vasos, e por Silva Filho (2014) com hortelã nos sistemas hidropônicos NFT e Floating, o incremento da salinidade das águas produzidas artificialmente pela adição de NaCl não influenciou na razão MSR/MSPA.

Por meio dos resultados reportados por Bonifácio et al. (2014) e Ferreira Neto et al. (2014) para as massas de matéria seca das raízes (MSR) e parte aérea (MSPA) do coentro cultivado em condições salinas, estimou-se a relação MSR/MSPA. No estudo de Bonifácio et al. (2014) o coentro foi submetido aos níveis de 0, 50 e 100 mM de NaCl ($CE \approx 0; 5,0 \text{ e } 10,0 \text{ dS m}^{-1}$), sendo verificado

comportamento da relação MSR/MSPA visualmente crescente com o aumento da salinidade, da ordem de 20,54% com a maior salinidade ($CE \approx 10,0 \text{ dS m}^{-1}$) em relação ao controle ($CE \approx 0 \text{ dS m}^{-1}$). Já Ferreira Neto et al. (2014) submeteram-se o coentro aos níveis de salinidade ($CE=0,8; 4,0 \text{ e } 8,0 \text{ dS m}^{-1}$), foi verificado comportamento visualmente quadrático. O aumento da relação MSR/MSPA com a salinidade ($CE=4,0 \text{ dS m}^{-1}$) em relação à salinidade controle ($CE=0,8 \text{ dS m}^{-1}$) foi da ordem de 19,42%; já o maior nível de salinidade ($CE=8,0 \text{ dS m}^{-1}$) promoveu redução na relação MSR/MSPA da ordem de 43,70% em relação à salinidade de $CE=4,0 \text{ dS m}^{-1}$.

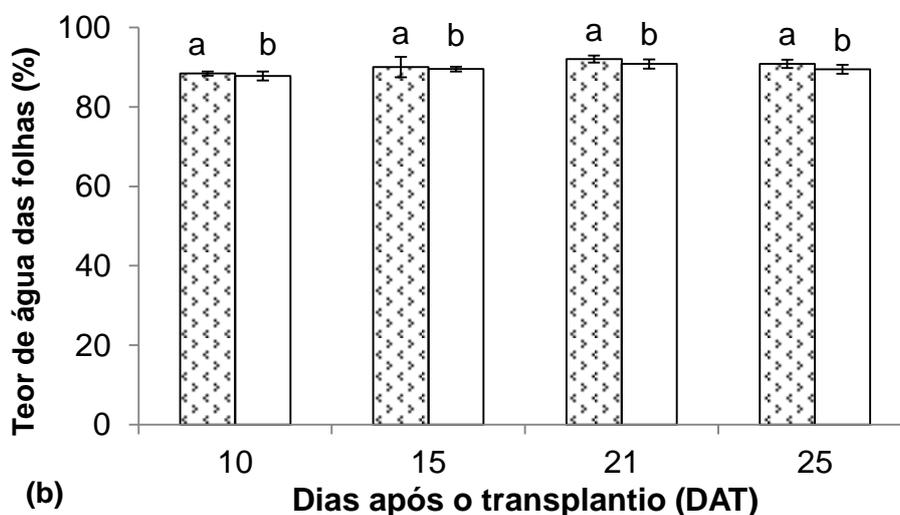
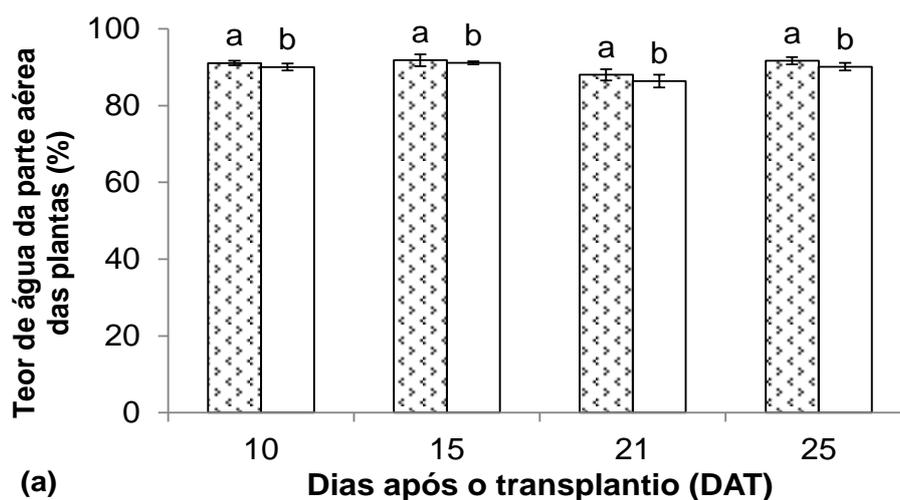


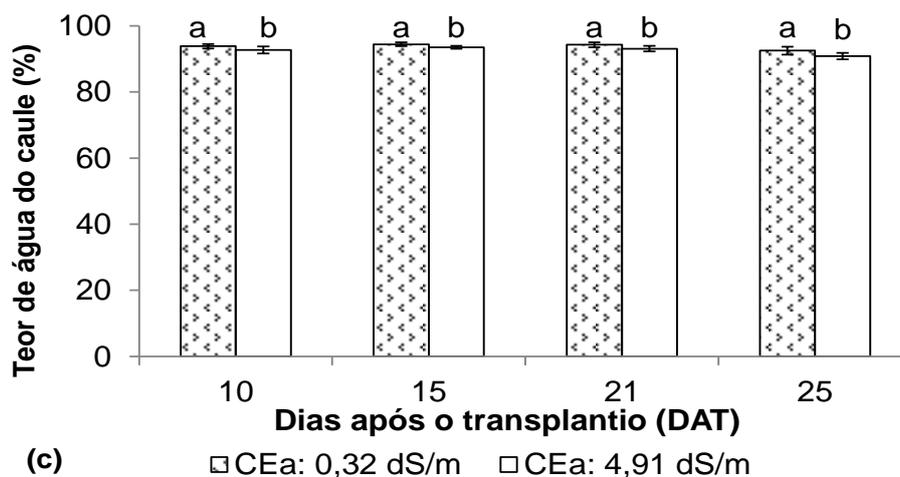
Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 39. Médias da relação entre as massas de matéria seca das raízes e da parte aérea ($r \text{ MSR/MSPA}$) do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplante (DAT).

Quando se testou água considerada salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) as reduções em relação ao uso de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) no teor de água da parte aérea (Figura 40a), das folhas (Figura 40b) e do caule (Figura 40c) cultivo hidropônico do coentro não ultrapassaram de 2%. Reduções na umidade da parte aérea dessa magnitude foram reportadas por Silva et al. (2013) no cultivo da rúcula em hidroponia NFT; a redução foi de 1,88% com o nível mais extremo de salinidade ($10,5 \text{ dS m}^{-1}$) em relação à menor salinidade ($1,8 \text{ dS m}^{-1}$). A salinidade

das águas também provocou reduções na umidade da parte aérea de alface (PAULUS, 2008; SANTOS et al., 2010a; SOARES et al., 2010b; ALVES et al., 2011); coentro (CAZUZA NETO et al., 2014b) e manjerição (BIONE et al., 2014) em hidroponia NFT. Já no estudo conduzido por Santos et al. (2011) as combinações entre água salobra natural de poço ($2,47 \text{ dS m}^{-1}$), água não salobra ($0,11 \text{ dS m}^{-1}$) produzida por dessalinização por osmose inversa e o rejeito salino ($5,15 \text{ dS m}^{-1}$) do processo de dessalinização, não apresentaram diferenças significativas no teor de água da parte aérea da alface em hidroponia NFT e Floating. Assim como também reportado por Silva et al. (2012) no cultivo da rúcula em sistema NFT e por Silva Filho et al. (2014) com hortelã em hidroponia NFT; o aumento da salinidade da água não influenciou na umidade da parte aérea.

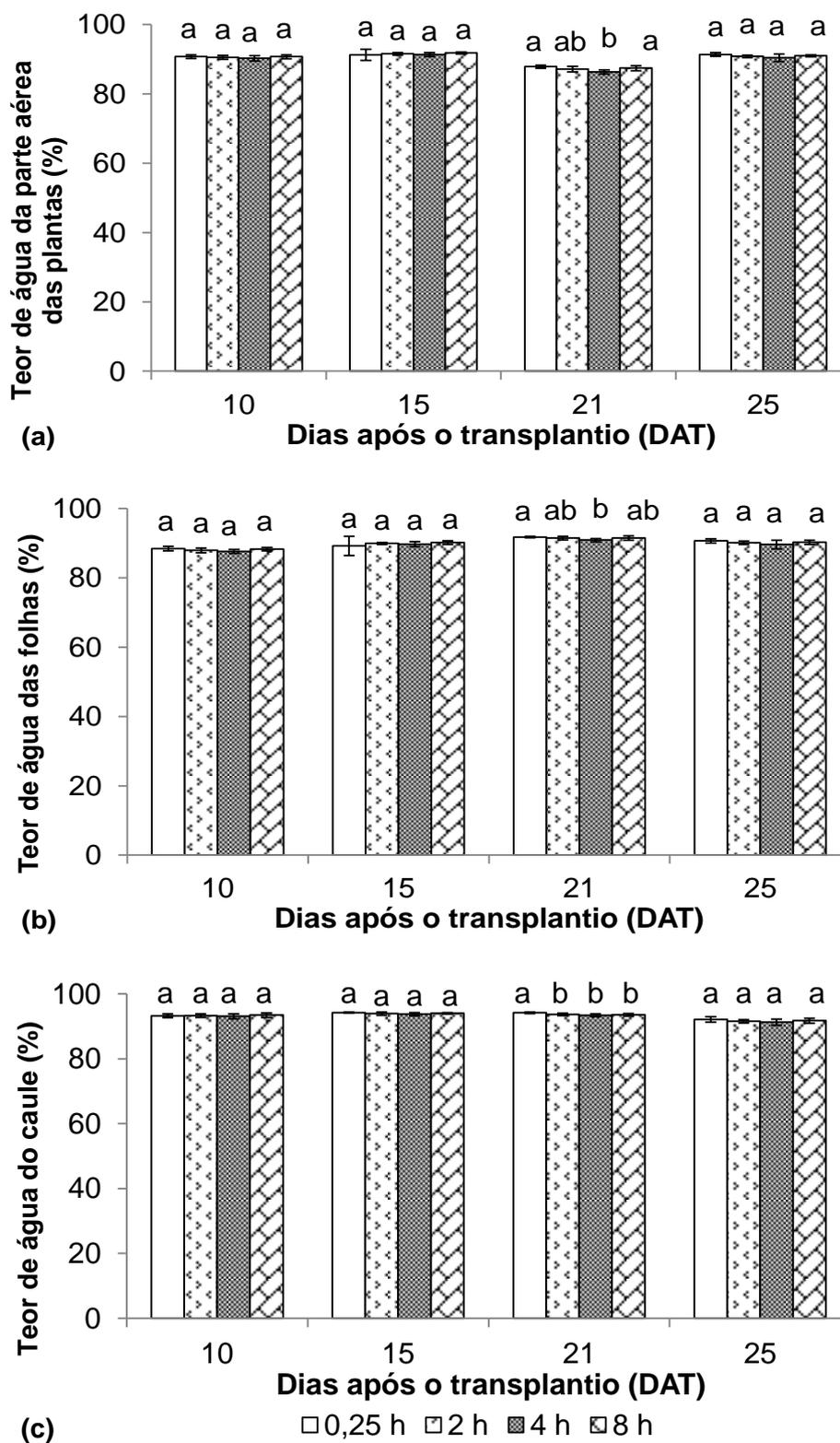




Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 40. Médias do teor de água da parte aérea do maço de plantas (U_{PA}) (a), das folhas (U_{Folhas}) (b) e do caule (U_{Caule}) (c) do coentro hidropônico em função da condutividade elétrica da água (CEa), aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplântio (DAT).

Quanto ao fator frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10, 15 e 25 DAT estas promoveram teor de água da parte aérea (Figura 41a), das folhas (Figura 41b) e do caule (Figura 41c) no mesmo patamar. Já aos 21 DAT, os teores de água da parte aérea e das folhas foram menores com frequência de 4 horas em relação à frequência-controle (0,25 h); o teor de água do caule foi menor com as frequências de 2, 4 e 8 horas em relação à frequência-controle. A redução nos teores de água da parte aérea, das folhas e do caule não ultrapassou 2% com a baixa frequência (8 horas) em relação à alta frequência de recirculação da solução nutritiva (0,25 h).

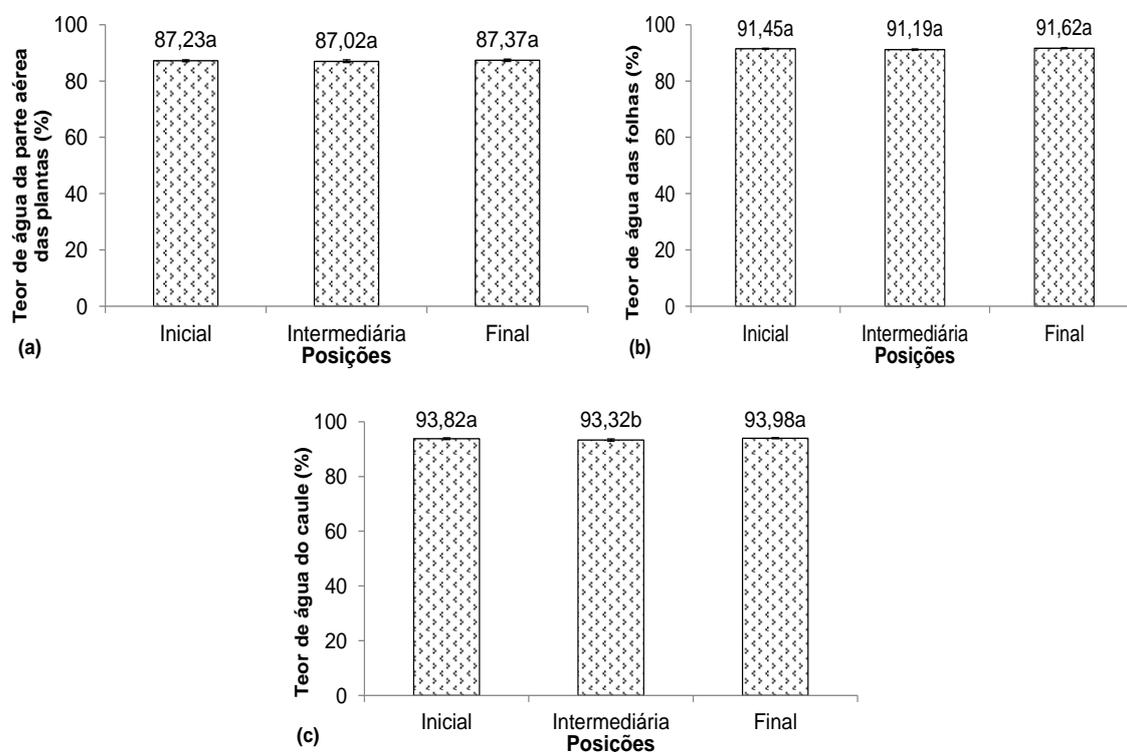


Letras diferentes apenas dentro do período indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 41. Médias do teor de água da parte aérea do maço de plantas (U_{PA}) (a), das folhas (U_{Folhas}) (b) e do caule (U_{Caule}) (c) do coentro hidropônico em função

das frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 10, 15, 21 e 25 dias após o transplante (DAT).

Quanto às posições inicial, intermediária e final das plantas nos canais de cultivo, promoveram estatisticamente o mesmo teor de água da parte aérea do maço de plantas (Figura 42a) e das folhas (Figura 42b) do coentro hidropônico. O teor de água do caule foi inferior na posição intermediária, porém a redução não ultrapassou de 1% em relação à posição inicial (Figura 42c).



Letras diferentes indicam diferenças significativas a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 42. Médias do teor de água da parte aérea do maço de plantas (U_{PA}) (a), das folhas (U_{Folhas}) (b) e do caule (U_{Caule}) (c) do coentro hidropônico em função das posições das plantas nos perfis hidropônicos, aos 21 dias após o transplante (DAT).

CONCLUSÕES

O uso de água não salobra ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) promoveu maior crescimento e acúmulo das massas de matéria fresca e seca da parte aérea do maço de plantas, das folhas e do caule, além de resultar em maior massa de matéria seca das raízes, em relação á água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$).

O uso de água salobra ($CE=4,91 \text{ dS m}^{-1}$) promoveu maior relação entre as massas de matéria das raízes/parte aérea e eficiência do uso de água com base na massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas.

A exceção da altura das plantas, comprimento das raízes e massa de matéria fresca do caule, as melhores respostas nas variáveis de crescimento e produção do coentro foram promovidas nas posições inicial e intermediária dos canais de cultivo, revelando gradiente mesmo com pequeno comprimento (6 m).

No final do ciclo da cultura (25 dias após o transplântio), a alta frequência de recirculação da solução nutritiva de 0,25 h (controle) promoveu produção de matéria fresca da parte aérea de 44,88 g por maço de 12 plantas, contra 40,72 g em baixa frequência (8 horas).

O volume consumido para produzir um maço de 12 plantas de coentro foi da ordem de 1,45 L com a água não salobra e de 0,97 L com o uso de água salobra.

Em alta frequência (0,25 h) de recirculação da solução nutritiva o volume consumido foi de 1,36 L; contra 1,18 L em baixa frequência (8 horas).

Tanto em alta frequência (0,25 h) quanto em baixa frequência (8 horas) de recirculação da solução nutritiva, a eficiência do uso de água da parte aérea com base nas massas de matéria fresca e seca foi no mesmo patamar.

Não foi constatado sintomas de toxidez ou deficiência mineral que pudessem ser atribuídos à salinidade e à falta de oxigenação da solução nutritiva ou que levassem ao comprometimento da qualidade do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE FILHO, J. C. A.; LIMA, V. L. A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SILVA JÚNIOR, J. G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n. 6, p. 671-679, 2009.

AL-MASKRI, A.; AL-KHARUSI, L.; AL-MIQBALI, H.; KHAN, M. M. Effects of salinity stress on growth of lettuce (*Lactuca sativa*) under closed-recycle nutrient film technique. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 12, n. 3, p. 377-380, 2010.

ALMEIDA, O. A. **Informações meteorológicas do CNP-Mandioca Fruticultura Tropical**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA - CNPMF. 1991. 35p. EMBRAPA - CNPMF. Documentos, 34.

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/Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 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.

ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, I.; SCHMITT, O J.; VAZ, M. A. B.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 684-690, 2009.

ANDRIOLO, J. L.; LUZ, G. L.; WITTER, M. H.; GODOI, R. S.; BARROS, G. T.; BORTOLOTTI, O. C. Growth and yield of lettuce plants under salinity. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 931-934, 2005.

AYMEN, E. M.; CHERIF, H. Influence of seed priming on emergence and growth of coriander (*Coriandrum sativum* L.) seedlings grown under salt stress. **Acta**

agriculturae Slovenica, v. 101, n. 1, p. 41-47, 2013.

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. In: IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009, Recife, PE. **Anais... IX JEPEX**, Recife, PE, 2009.

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

BONIFÁCIO, A.; SILVA JÚNIOR, G. S.; SILVA, L. E.; RODRIGUES, A. C.; WILLADINO, L. G.; CAMARA, T. J. R. Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro submetidas à salinidade. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014**. p. 5482-5489.

CAZUZA NETO, A.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A.; FREITAS, F. T. O.; MELO, D. M.; SILVA FILHO, J. A. Qualidade do molho de coentro produzido em água salobra em sistema hidropônico NFT. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014a**. p. 3678-3684.

CAZUZA NETO, A.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A.; FREITAS, F. T. O.; MELO, D. M.; SILVA FILHO, J. A. Efeito da salinidade no consumo hídrico do molho de coentro produzido em sistema hidropônico NFT. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014b**. p. 3685-3693.

CORRÊA, R. M.; PINTO, S. I. C.; REIS, E. S.; CARVALHO, V. A. M. Hydroponic production of fruit tree seedlings in Brazil. In: ASAO, T. (ed.). **Hydroponics - A**

standard methodology for plant biological researches. Croatia: InTech, 2012. p. 225-244.

COSTA, L. B. O.; LUZ, J. M. Q.; SALGADO, D. D.; CAMILO, J. S. Produção hidropônica de alface cerbiatta e estragão russo em diferentes concentrações de solução nutritiva. In: 48º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2008, Maringá, PR. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2 (Suplemento - CD Rom), p. 379-383, 2008.

DAFLON, D. S. G.; FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C.; MONNERAT, P. H.; PRINS, C. L. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 28-34, 2014.

DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; SOUSA NETO, O. N. Boas práticas na irrigação: Manejo integrado da irrigação, solo e a aplicação de fertilizantes. In: LIMA, S. C. R. V.; SOUZA, F.; VALNIR JUNIOR, M.; FRIZZONE, J. A.; GHEYI, H. R. (eds.). **Technological innovations in irrigation engineering: Impact on climate change, water quality and transfer of technology**. Fortaleza, CE: INOVAGRI, 2014. p. 57-76.

DONEGÁ, M. A. **Relação K:Ca e aplicação de silício na solução nutritiva para o cultivo hidropônica de coentro**. 2009. 62p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

EWASE, A. EL-DIN. S. S.; OMRAN, S.; EL-SHERIF, S.; TAWFIK, N. Effect of salinity stress on coriander (*Coriandrum sativum*) seeds germination and plant growth. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2013.

FAGAN, E. B.; GIEHL, R. F. H.; EISERMANN, A. C.; MEDEIROS, S. L. P.; BRACKMANN, A.; SIMON, J.; JASNIEWICZ, L. R.; SANTOS, O. S. Expansão de frutos de meloeiro hidropônico em dois intervalos entre irrigações. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 3, p. 287-293, 2006a.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; SIMON, J.; LUZ, G. L.; BORCIONI, E.; JASNIEWICZ, L. R.; CASAROLI, D.; MANFRON, P. A. Evolução e partição de fitomassa seca do meloeiro em hidroponia. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 165-172, 2006b.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA NETO, M.; MIRANDA, R. S.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Changes in growth parameters and biochemical mechanisms of coriander plants irrigated with saline water. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014.** p. 3843-3850.

FREITAS, F. T. O.; SOARES, T. M.; MELO, D. M.; CAZUZA NETO, A.; SILVA, M. G.; BIONE, M. A. A. Crescimento da alface americana cultivada em sistema hidroponico NFT com a utilização de águas salobras. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014b.** p. 4878-4885.

FREITAS, F. T. O.; SOARES, T. M.; MELO, D. M.; RAFAEL, M. R. S.; SILVA, M. G.; SILVA FILHO, J. A. Consumo hídrico de alface americana cultivada em sistema hidropônico NFT com águas salobras. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014a.** p. 4870-4877.

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

GUERRA, G. M. P.; LUZ, J. M. Q.; HABER, L. L.; SILVA, M. A. D. Cultivo hidropônico de rúcula em diferentes concentrações de solução nutritiva, em

sistema NFT. In: 44^o Congresso Brasileiro de Olericultura, 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** 44^o Congresso Brasileiro de Olericultura, Campo Grande, MS, 2004.

HELL, L. R.; CUNHA JUNIOR, J. O.; ZANOTELLI, M. F.; BREMENKAMP, D. M. Temporização ideal para irrigação da solução nutritiva no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) hidropônica no período noturno. In: VIII Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do IFES, 2013, Serra, ES. **Anais...** VIII Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do IFES, Serra, ES, 2013.

HELL, L. R.; ZANOTELLI, M. F.; CUNHA JUNIOR, J. O.; BREMENKAMP, D. M.; PASSOS, G.; CAZAROTI, E. P. F. Frequência de irrigação no cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambiente tropical no período noturno. In: VII Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do IFES, 2012, Serra, ES. **Anais...** VII Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do IFES, Serra, ES, 2012.

JESUS, C. G. **Estresse salino em rúcula (*Eruca sativa* Mill.) hidropônica: Aspectos fisiológicos, bioquímicos e nutricionais.** 2011. 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2011.

LAGO, B. C.; MEDEIROS, S. L. P.; LUZ, G. L.; PIVOTO, D.; TORRES, M. G.; AMARAL, A. D.; BORCIONI, E. Intervalos entre irrigações na fitomassa seca da alface cultivada em hidroponia no inverno. In: 48^o Congresso Brasileiro de Olericultura, 2008, Maringá, PR. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2 (Suplemento - CD Rom), p. 1181-1185, 2008.

LEAL, F. R. R.; BEZERRA, F. C.; SOARES, I.; CORDÃO TERCEIRO NETO, C. P. Efeito da concentração da solução nutritiva no cultivo do coentro e cebolinha em pó de coco. In: 45^o Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005, Fortaleza, CE. **Anais...** 45^o Congresso Brasileiro de Olericultura, Fortaleza, CE, 2005.

LIMA, A. B. **Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) submetidas ao estresse salino**. 2008. 55p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Biologia, Recife, 2008.

LIMA, I. A.; LUZ, J. M. Q.; SODRÉ, A. C. B.; SANTOS, V. B.; BITTAR, C. A. Produção hidropônica de couve-chinesa (*Brassica pekinensis*), em sistema NFT, com diferentes concentrações de solução nutritiva. In: 45º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005, Fortaleza, CE. **Anais...** 45º Congresso Brasileiro de Olericultura, Fortaleza, CE, 2005.

LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; BORCIONI, E.; MÜLLER, L.; AMARAL, A. D.; MORAIS, K. P. Consumo de energia elétrica e produção de alface hidropônica com três intervalos entre irrigações. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 815-818, 2008.

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

LUZ, J. M. Q.; COSTA, C. C.; GUERRA, G. M. P.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L. Efeito da variação da solução nutritiva no cultivo hidropônico de rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 76-82, 2011.

LUZ, J. M. Q.; FAGUNDES, N. S.; SILVA, M. A. D. Produção hidropônica de alface dos tipos mimosa e romana em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 195-201, 2010.

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.

MAGALHÃES, A. G.; MENEZES, D.; RESENDE, L. V.; BEZERRA NETO, E. Desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico sob dois níveis de condutividade elétrica. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 316-320, 2010.

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

MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 248-255, 2007.

MELO, D. M.; SOARES, T. M.; PÁTRIA, F. M. F.; SILVA FILHO, J. A.; BIONE, M. A. A.; BATISTA, L. S. Viabilidade e comparação técnica de duas variedades de agrião cultivadas hidroponicamente com águas salobras. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting**: Fortaleza, CE, 2014. p. 2360-2367.

MHADHBI, H. Plant hydroponic cultivation: A support for biology research in the field of plant-microbe-environment interactions. In: ASAO, T. (ed.). **Hydroponics - A standard methodology for plant biological researches**. Croatia: InTech, 2012. p. 101-112.

OLIVEIRA, F. A.; CARRILHO, M. J. S. O.; MEDEIROS, J. F.; MARACAJÁ, P. B.; OLIVEIRA, M. K. T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 771-777, 2011.

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

OLIVEIRA, F. N.; TORRES, S. B.; BENEDITO, C. P.; MARINHO, J. C. Comportamento de três cultivares de maxixe sob condições salinas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2753-2762, 2013a.

OLIVEIRA, K. P.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; PRAXEDES, S. C.; OLIVEIRA, F. N. Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de coentro cv. Verdão. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 201-208, 2010.

PASSOS, G.; ZANOTELLI, M. F.; CORONA, A. R.; BREMENKAMP, D. M.; CAZAROTI, E. P. F.; HELL, L. R. Influência da frequência de irrigação em alface hidropônico (*Lactuca sativa* L.). In: VII Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do IFES, 2012, Serra, ES. **Anais... VII Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do IFES**, Serra, ES, 2012.

PAULUS, D. **Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas**. 2008. 105p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 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, 29-35, 2010.

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

PIVOTO, D.; MEDEIROS, S. L. P.; LUZ, G. L.; TORRES, M. G.; LAGO, B. C.; AMARAL, A. D.; BORCIONI, E. Ampliação dos Intervalos entre irrigações na produção de alface hidropônica no inverno. In: 48º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2008, Maringá, PR. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2 (Suplemento - CD Rom), p.1188-1191, 2008.

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

RONQUE, E. R. V.; VENTURA, M. U.; SOARES JÚNIOR, D.; MACEDO, R. B.; CAMPOS, B. R. S. Viabilidade da cultura do morangueiro no Paraná - BR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1032-1041, 2013.

SÁ, F. V. S.; PEREIRA, F. H. F.; LACERDA, F. H. D.; SILVA, A. B. Crescimento inicial e acúmulo de massa seca de cultivares de mamoeiro submetidas à salinidade da água em cultivo hidropônico. **Agrária: Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 435-440, 2013.

SALES, M. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; ELOI, W. M.; RIBEIRO, A. A.; SALES, F. A. L.; SALES, M. L. M. Efeito da salinidade da água na germinação do coentro (*Coriandrum sativum* L.). In: I Inovagri International Meeting & IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Agricultura - Winotec, 2012, Fortaleza, CE. **Anais...** Instituto Inovagri: Fortaleza, CE, 2012.

SALES, M. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; RIBEIRO, A. A.; SILVA, M. C. B.; TAVARES, M. K. N. Desenvolvimento inicial do coentro irrigado com água com diferentes concentrações de NaCl. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais...** II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014. p. 366-370.

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

SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; 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, 2010a.

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

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

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, R. S. S.; DIAS, N. S.; SOUSA NETO, O. N.; GURGEL, M. T. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico NFT. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 983-989, 2010b.

SANTOS, V. B.; LUZ, J. M. Q.; SUGUIMOTO, J. C. R.; ACCIOLY, L.; DIAS, P. A. A.; SODRÉ, A. C. B. Produção hidropônica de orégano (*Origanum vulgare*) e agrião da terra (*Barbarea verna*), em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Horizonte Científico**, v. 2, n.1, p. 1-20, 2008.

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 FILHO, J. A. **Produção e consumo hídrico da hortelã utilizando águas salobras nos sistemas hidropônicos NFT e Floating**. 2014. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, 2014.

SILVA FILHO, J. A.; SOARES, T. M.; SILVA, M. G.; BATISTA, L. S.; RAFAEL, M. R. S.; MELO, D. M. Consumo hídrico da hortelã utilizando águas salobras em sistema hidropônico NFT. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting**: Fortaleza, CE, 2014. p. 891-900.

SILVA, F. V. **Cultivo hidropônico de rúcula (*Eruca sativa* Mill) utilizando águas salinas**. 2009. 69p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SILVA, F. V.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, R. S. S.; MEDEIROS, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Agrária: Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 476-482, 2013.

SILVA, J. A.; SILVA, G. N.; SOARES, C. S. Utilização de diferentes canais de cultivo hidropônico para o coentro. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II

Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. **Anais... II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE, 2014.** p. 3516-3522.

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

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; PAZ, V. P. S.; BARCELOS-OLIVEIRA, J. L. Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza, CE: INCTSal, 2010a. p. 337-366.

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

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

TORRES, M. G.; MEDEIROS, S. L. P.; PIVOTO, D.; LUZ, G. L.; LAGO, B. C.; AMARAL, A. D.; BORCIONI, E. Frequência de irrigação na produtividade e no consumo de energia elétrica da alface hidropônica. In: 48º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2008, Maringá, PR. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2 (Suplemento - CD Rom), p. 1195-1999, 2008.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S.; DIAS, N. S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2011.

TREJO-TÉLLEZ, L. I.; GÓMEZ-MERINO, F. C. Nutrient solutions for hydroponic systems. In: ASAO, T. (ed.). **Hydroponics - A standard methodology for plant biological researches**. Croatia: InTech, 2012. p. 1-22.

VASCONCELOS, L. S. B. **Desenvolvimento de plantas de coentro em função da força iônica da solução nutritiva**. 2008. 42p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Agronomia, Recife, 2008.

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

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos próximos experimentos recomenda-se utilizar maior espaçamento entre os recipientes de cultivo, de no mínimo 10 cm.

Em muitas condições de cultivo, os agricultores só tem acesso ao uso de águas com concentrações de sais elevadas e que muita das vezes desconhecida pelos mesmos, devido à falta de assistência e/ou a falta de conhecimento, gerando impacto na perda da produção agrícola. Logo, a técnica da hidroponia pode ser mais condizente para o uso dessas águas, pois com o nível de salinidade da água utilizada no presente trabalho conseguiu-se produzir sem grandes perdas e sem efeitos deletérios na cultura.

Quando se dispuser de águas salobras a alta frequência de recirculação da solução nutritiva pode ser condizente para minimizar o efeito do estresse salina nas plantas de coentro.

Nos próximos experimentos pode-se trabalhar com a hipótese de aumentar a quantidade de sementes por unidade de cultivo com o objetivo de atenuar o efeito das águas salobras sobre a redução na produção do maço de plantas.