

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

**COENTRO HIDROPÔNICO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE
CULTIVO RELACIONADAS À SOLUÇÃO NUTRITIVA:
TEMPERATURA, SALINIDADE E RECIRCULAÇÃO**

Mairton Gomes da Silva

**CRUZ DAS ALMAS-BAHIA
2019**

**COENTRO HIDROPÔNICO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE
CULTIVO RELACIONADAS À SOLUÇÃO NUTRITIVA:
TEMPERATURA, SALINIDADE E RECIRCULAÇÃO**

Mairton Gomes da Silva

Tecnólogo em Irrigação e Drenagem

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

Mestre em Engenharia Agrícola

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014

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

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Coorientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

CRUZ DAS ALMAS-BAHIA

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

S586c

Silva, Mairton Gomes da

Coentro hidropônico sob diferentes condições de cultivo relacionadas à solução nutritiva: temperatura, salinidade e recirculação / Mairton Gomes da Silva._ Cruz das Almas, BA, 2019.

137.; il.

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Co-Orientador: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Doutorado em Engenharia Agrícola.

1. Hidroponia 2. Cultivo Hidropônico - Coentro 3. Recursos Hídricos. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 631.585

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.
Responsável pela Elaboração - Neubler Nilo Ribeiro da Cunha (*Bibliotecário - CRB5/1578*)
(os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico)

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

**COENTRO HIDROPÔNICO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE
CULTIVO RELACIONADAS À SOLUÇÃO NUTRITIVA:
TEMPERATURA, SALINIDADE E RECIRCULAÇÃO**

Comissão Examinadora da Defesa de Tese de
Mairton Gomes da Silva

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2019

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

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

Prof. Dr. Lucas Melo Vellame
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
(Examinador Interno)

Profa. Dra. Patrícia dos Santos Nascimento
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
(Examinador Externo)

Dra. Alide Mitsue Watanabe Cova
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB (PNPD/CAPES)
(Examinador Interno)

DEDICATÓRIA

Dedico essa conquista ao meu **Pai** Antonio Sirilo da Silva (*in memoriam*) e minha **Mãe** Maria Sebastiana da Silva, dois **grandes** guerreiros e batalhadores.

Às lindinhas da minha **vida**, minha esposa Estela e minhas filhas Catarina e Elisa.

AGRADECIMENTOS

Aos meus **pais, esposa e filhas, irmãos**, sobrinhos e demais familiares.

Aos **grandes profissionais**, os professores Dr. Tales Miler Soares e Dr. Hans Raj Gheyi. Não são apenas orientadores, mas sim, verdadeiros companheiros.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (PPGEA/UFRB). Gratidão e respeito a todos os integrantes do PPGEA, pois se não fosse a dedicação dos mesmos não teria oportunidade de realizar essa etapa acadêmica. Sinto-me honrado em fazer parte da história do PPGEA, pois fui o primeiro discente a concluir um trabalho de Dissertação e agora concluir na sequência Mestrado e Doutorado.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de estudo, pedido Nº 1299/2015: Termo de Outorga de Bolsa (T.O.B.) - Nº BOL0371/2015 e pelo apoio financeiro mediante Edital de infraestrutura (010/2013), pedido Nº 1513/2013.

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSal) pelo apoio para realização da pesquisa.

A todos os colaboradores que contribuíram para realização desse trabalho: Edilson (Boi), Islan, Rafael, Mateus, Caroline, Petterson, Lucylia, Maria Augusta (Guga), Lucas, Fábio e Maria Raphaela.

A todos os colegas da Pós-Graduação e Graduação.

COENTRO HIDROPÔNICO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO RELACIONADAS À SOLUÇÃO NUTRITIVA: TEMPERATURA, SALINIDADE E RECIRCULAÇÃO

RESUMO: Nas regiões áridas e semiáridas a água é um recurso cada vez mais escasso, sendo o cultivo hidropônico apontado como técnica mitigadora para essa realidade, especialmente, quando se dispõe de águas salobras, pois na hidroponia a resposta das plantas à salinidade pode ser melhor do que no solo. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento e a produção do coentro quando: cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução nutritiva em interação com diferentes intervalos de recirculações; e também o cultivo em condições com e sem estresse salino em interação com diferentes temperaturas da solução nutritiva. A pesquisa foi composta de quatro experimentos, os dois primeiros foram conduzidos entre maio e junho de 2016 (outono) e março e abril de 2017 (verão-outono), em um esquema fatorial $2 \times 3 \times 2$ em parcelas subdivididas: duas lâminas de solução nutritiva (0,02 e 0,03 m) e três intervalos de recirculação da solução nutritiva (0,25; 12 e 24 h), com duas cultivares de coentro ('Tabocas' e 'Verdão') nas subparcelas, cultivadas no mesmo canal hidropônico. Os outros dois experimentos foram conduzidos entre janeiro e fevereiro (verão) e junho e julho (outono-inverno) de 2018. No verão foi utilizado o esquema fatorial 5×2 em parcelas subdivididas, que consistiu em: temperaturas das soluções ambiente e constante a 32 °C com o uso de água doce com condutividade elétrica (CEa) de 0,3 dS m⁻¹; temperaturas ambiente, a 30 e 32 °C com o uso de água salobra (CEa 6,5 dS m⁻¹), com duas cultivares de coentro ('Tabocas' e 'Verdão') nas subparcelas, cultivadas dentro do mesmo canal hidropônico. No outono-inverno foi cultivada apenas a cv. 'Verdão', em esquema fatorial 2×2 : a temperatura ambiente e a 30 °C e CEa de 0,3 e 6,5 dS m⁻¹. Em geral, o coentro cv. 'Verdão' mostrou-se mais tolerante às condições climáticas de outono e verão-outono, sobretudo, quando as plantas foram cultivadas em canais com lâmina de 0,02 m e soluções recirculadas a cada 0,25 h, com maior crescimento e produção. Sob os intervalos de 12 e 24 h houve reduções nas variáveis avaliadas, no entanto, essas reduções foram mais drásticas no experimento de verão-outono, afetando nesse caso a qualidade das plantas, principalmente da cv. 'Tabocas'. Apenas no experimento de verão registraram-se nas plantas das duas cultivares de coentro sintomas de toxidez pela salinidade. Em condição de cultivo com e/ou sem estresse salino foi possível cultivar coentro em solução nutritiva com temperatura até 30 °C.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L.; Cultivo sem solo; Recursos hídricos; Salinidade

HYDROPONIC CORIANDER UNDER DIFFERENT CONDITIONS CULTIVATION RELATED TO NUTRIENT SOLUTION: TEMPERATURE, SALINITY AND RECIRCULATION

ABSTRACT: Water is an increasingly scarce resource in arid and semiarid regions. Hydroponics a recommended technique for these regions, especially when it has brackish waters are available, because in this system the response of plants to salinity is better than in the soil. Given the above, the study aimed was to evaluate the growth and production of the coriander when: cultivated in hydroponic channels with different nutrient solution depths in interaction with recirculation intervals, and also the cultivation under conditions with and without saline stress in interaction with different temperatures of the nutrient solution. The research was composed of four experiments, the first two experiments were carried out from May to June 2016 (autumn) and from March to April 2017 (summer-autumn). A 2 x 3 x 2 factorial arrangement in split-plot was used, which consisted of two nutrient solution depths (0.02 and 0.03 m) and three recirculation intervals of the nutrient solution (0.25, 12 and 24 h), with two coriander cultivars ('Tabocas' and 'Verdão') in the sub-plots, which were cultivated in the same hydroponic channel. The other two experiments were carried out from January to February (summer) and from June to July (autumn-winter) 2018. In the summer experiment, a 5 x 2 factorial arrangement in split-plot was used, which consisted of five combinations: ambient temperature and constant temperature at 32 °C of the nutrient solution using fresh water, with electrical conductivity (EC_w) of 0.3 dS m⁻¹, and ambient temperature and constant temperatures at 30 and 32 °C of the nutrient solution using brackish water (EC_w 6.5 dS m⁻¹), with two coriander cultivars ('Tabocas' and 'Verdão') in the sub-plots, which were cultivated in the same hydroponic channel. Only cv. 'Verdão' in the autumn-winter experiment was cultivated, a 2 x 2 factorial arrangement was used, which consisted of two temperatures (ambient and 30 °C) and two levels of EC_w (0.3 and 6.5 dS m⁻¹). The coriander cv. 'Verdão' was more tolerant to climatic variations, especially when plants were cultivated in channels with nutrient solution depth of 0.02 m, and recirculation of the nutrient solution every 0.25 h, presenting higher growth and production. The recirculation intervals of the nutrient solution of 12 and 24 h had a negative effect on the variables evaluated. However, this effect was more significant in the summer-autumn experiment, affecting the quality of the plants evaluated, especially those of the cv. 'Tabocas'. Only in the summer experiment, the plants of the two coriander cultivars showed toxic symptoms under salinity. It was viable to cultivation the coriander at solution temperature up to 30 °C with and/or without saline stress.

Key-words: *Coriandrum sativum* L.; Soilless cultivation; Water resources; Salinity

LISTA DE ABREVIATURAS

AP - Altura de planta
CE - Condutividade elétrica
CEa - Condutividade elétrica da água
CEsol - Condutividade elétrica da solução nutritiva
CH - Consumo hídrico
Cl⁻ - Cloreto
DAT - Dias após o transplântio
DC - Diâmetro do caule
DFT - Técnica do fluxo profundo
EUA - Eficiência do uso da água
K⁺ - Potássio
MFPA_{maço} - Massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas
MSPA_{maço} - Massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas
Na⁺ - Sódio
NaCl - Cloreto de sódio
NFT - Técnica do fluxo laminar de nutrientes
OD - Oxigênio dissolvido

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Dados instantâneos de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa da vegetação, nos experimentos de outono (A e C) e verão-outono (B e D)....43
- Figura 2.** Estrutura experimental, experimento de verão-outono.44
- Figura 3.** Componentes de cada unidade experimental: (1) eletrobomba para recalcar a solução nutritiva até o canal de cultivo; (2) dreno para retorno da solução excedente no canal para o reservatório (3); registro para controlar o fluxo de água (4) do reservatório de abastecimento (5) para o reservatório com solução.45
- Figura 4.** Aspecto visual do coentro cv. 'Tabocas' (T) e cv. 'Verdão' (V) cultivado em canais de cultivo sob lâminas de 0,02 m (A) e 0,03 m (B) e diferentes intervalos de recirculações da solução nutritiva aos 25 dias após o transplântio (DAT), no experimento de outono.....49
- Figura 5.** Aspecto visual do coentro cv. 'Tabocas' (T) e cv. 'Verdão' (V) cultivado em canais de cultivo sob lâminas de 0,02 m (A) e 0,03 m (B) e diferentes intervalos de recirculações da solução nutritiva aos 25 dias após o transplântio (DAT), no experimento de verão-outono.....50
- Figura 6.** Concentrações de oxigênio dissolvido nas soluções nutritivas no cultivo do coentro sob diferentes lâminas de solução nutritiva nos canais hidropônicos e diferentes intervalos de recirculação nos horários da manhã (A) e tarde (B), no experimento de verão-outono.....52
- Figura 7.** Temperaturas das soluções nutritivas ao longo de 24 h no cultivo do coentro sob diferentes lâminas de solução nutritiva nos canais hidropônicos e diferentes intervalos de recirculação, nos experimentos de outono (A e B) e verão-outono (C e D).....54
- Figura 8.** Valores médios de altura de planta do coentro cultivado em sistema hidropônico DFT: desdobramentos dos intervalos de recirculações e das lâminas de soluções com as cultivares (A), efeitos isolados dos intervalos de recirculações (B), cultivares (C) e lâminas (D).58
- Figura 9.** Valores médios da massa de matéria fresca da parte aérea do coentro cultivado em sistema hidropônico DFT: desdobramentos dos intervalos de recirculações e cultivares (A) e das lâminas de solução e cultivares (D); efeito isolado dos intervalos de recirculações (B) e das cultivares e lâminas (C).61
- Figura 10.** Valores médios da massa de matéria seca da parte aérea do coentro cultivado em sistema hidropônico DFT: desdobramentos das interações das cultivares com os intervalos de recirculações (A) e lâminas de solução (B); efeito isolado das lâminas de solução (B) e intervalos de recirculações e cultivares (C)....63
- Figura 11.** Valores médios do consumo hídrico (A e B) e eficiência do uso da água da massa de matéria fresca da parte aérea (C e D) do coentro cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução e intervalos de recirculações aos 20 e 25 dias após o transplântio (DAT), nos experimentos de outono e verão-outono. .65

CAPÍTULO 2

Figura 1. Dados instantâneos de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa da vegetação, nos experimentos de verão (A e C) e outono-inverno (B e D)...	79
Figura 2. Estrutura experimental utilizada no cultivo hidropônico do coentro em ambos os experimentos de verão e outono-inverno.	80
Figura 3. Aspecto visual do coentro cultivado em sistema hidropônico NFT com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas, nos experimentos de verão (A) e outono-inverno (B).	87
Figura 4. Temperaturas médias diárias das soluções nutritivas nos experimentos de verão (A) e outono-inverno (B).	89
Figura 5. Valores das condutividades elétricas das soluções nutritivas parametrizados à 25 °C ($CE_{sol_{25\text{ }^{\circ}C}}$) e reais ($CE_{sol_{real}}$), temperaturas do ar (T_{ar}) e das soluções nutritivas (T_{sol}) ao longo de 24 h.	92
Figura 6. Valores das condutividades elétricas das soluções parametrizados à 25 °C ($CE_{sol_{25\text{ }^{\circ}C}}$) e reais ($CE_{sol_{real}}$) e das temperaturas das soluções (T_{sol}) registrados às 8 h da manhã ao longo do experimento de verão, na condição de cultivo sob temperatura ambiente e sem estresse salino (Am/NS).	93
Figura 7. Médias do diâmetro do caule do coentro em hidroponia NFT cultivado em condições com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas.	97
Figura 8. Médias da altura de planta do coentro em hidroponia NFT cultivado em condições com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas.	98
Figura 9. Médias da massa de matéria fresca da parte aérea do coentro em hidroponia NFT cultivado em condições com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas.	102
Figura 10. Médias da massa de matéria seca da parte aérea do coentro em hidroponia NFT cultivado em condições com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas.	103
Figura 11. Consumo hídrico acumulado (25 DAT) do coentro em condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas em sistema hidropônico NFT, nos experimentos de verão (A) e outono-inverno (B).	106

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Resumo das análises de variância para as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) nos canais de cultivo com o coentro sob diferentes lâminas de soluções, intervalos de recirculações e horários de medições, em diferentes períodos no experimento de verão-outono.51

Tabela 2. Resumo das análises de variância para a altura de planta (AP) e massas de matéria fresca (MFPA_{maço}) e seca da parte aérea do maço de plantas (MSPA_{maço}) do coentro cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução e intervalos de recirculações aos 20 e 25 dias após o transplântio (DAT), no experimento de outono.....56

Tabela 3. Resumo das análises de variância para a altura de planta (AP) e massas de matéria fresca (MFPA_{maço}) e seca da parte aérea do maço de plantas (MSPA_{maço}) do coentro cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução e intervalos de recirculações aos 20 e 25 dias após o transplântio (DAT), no experimento de verão-outono.....57

Tabela 4. Resumo das análises de variância para o consumo hídrico (CH) e a eficiência do uso da água (EUA) do coentro cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução e intervalos de recirculações, nos experimentos de outono e verão-outono.64

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados no cultivo hidropônico do coentro. .80

Tabela 2. Descrição dos componentes utilizados na construção do sistema automático de aquecimento das soluções nutritivas fornecidas no cultivo hidropônico do coentro.82

Tabela 3. Temperaturas das soluções desejadas e observadas no cultivo do coentro em hidroponia NFT ao longo dos experimentos de verão e outono-inverno, nos horários entre 10 e 17 h.90

Tabela 4. Resumo das análises de variância para o diâmetro do caule e altura de planta do coentro em condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas em sistema hidropônico NFT aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT), nos experimentos de verão e outono-inverno. ...95

Tabela 5. Resumo das análises de variância para as massas de matéria fresca (MFPA_{maço}) e seca da parte aérea do maço (MSPA_{maço}) do coentro em condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas em sistema hidropônico NFT aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT), nos experimentos de verão e outono-inverno.96

Tabela 6. Resumo das análises de variância para temperatura foliar do coentro (cv. 'Tabocas' e cv. 'Verdão') em condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas em diferentes horários, no experimento de verão.....107

Tabela 7. Desdobramentos para temperatura foliar das cultivares de coentro em condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas em diferentes horários, no experimento de verão.....	108
--	-----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo geral	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. HIPÓTESES	4
4. REVISÃO DE LITERATURA	5
4.1. Uso de águas salobras na produção agrícola	5
4.2. Cultivo hidropônico	7
4.2.1. Vantagens e desvantagens	7
4.2.2. Sistemas hidropônicos e manejo da solução nutritiva	8
4.2.3. Solução nutritiva: aspectos relacionados ao pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura	10
4.2.4. Automação no cultivo hidropônico	12
4.3. Experiência brasileira na produção hidropônica com águas salobras	12
4.4. Adaptação do sistema DFT em tubos para o Semiárido brasileiro	15
4.5. Cultivo do coentro	16
4.5.1. Caracterização e comercialização do coentro	16
4.5.2. Sazonalidade do cultivo	16
4.5.3. Consumo hídrico do coentro em solo e hidroponia	17
CAPÍTULO 1	38
1. INTRODUÇÃO	41
2. MATERIAL E MÉTODOS	42
2.1. Caracterização do local do estudo	42
2.2. Delineamento experimental e tratamentos	43
2.3. Estrutura experimental	44
2.4. Condução da cultura	46
2.5. Preparo das soluções nutritivas e manejo dos experimentos	46
2.6. Variáveis avaliadas	47
2.6.1. Análise de sintomas visuais	47
2.6.2. Concentrações de oxigênio dissolvido nas soluções	47
2.6.3. Temperaturas das soluções nutritivas	47
2.6.4. Crescimento e produção do coentro	47
2.6.5. Consumo hídrico e eficiência do uso de água do coentro	48
2.7. Análise estatística	48
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
3.1. Análise de sintomas visuais	49
3.2. Oxigênio dissolvido (OD) e temperaturas das soluções nutritivas	51
3.3. Crescimento e produção do coentro	55
3.3.1. Altura de planta	57
3.3.2. Massas de matéria fresca e seca da parte aérea	60
3.4. Consumo hídrico e eficiência do uso da água do coentro	64
4. CONCLUSÕES	67
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
CAPÍTULO 2	74
1. INTRODUÇÃO	77
2. MATERIAL E MÉTODOS	78
2.1. Caracterização do local do estudo	78

2.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	79
2.3. Estrutura experimental.....	80
2.4. Sistema de aquecimento das temperaturas das soluções	81
2.5. Condução da cultura.....	82
2.6. Preparo das soluções nutritivas e condução dos experimentos	83
2.7. Variáveis avaliadas.....	84
2.7.1. Análise de sintomas visuais.....	84
2.7.2. Temperaturas e condutividades elétricas da solução nutritiva	85
2.7.3. Crescimento e produção.....	85
2.7.4. Consumo hídrico	85
2.7.5. Temperatura foliar	86
2.8. Análise estatística.....	86
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	86
3.1. Análise de sintomas visuais	86
3.2. Temperaturas e condutividades elétricas das soluções nutritivas	88
3.3. Crescimento e produção do coentro	94
3.3.1. Diâmetro do caule e altura de planta do coentro.....	97
3.3.2. Massas de matéria fresca e seca da parte aérea do coentro.....	101
3.4. Consumo hídrico do coentro	105
3.5. Temperatura foliar	106
4. CONCLUSÕES	109
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
CONSIDERAÇÕES FINAIS	123

1. INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas, historicamente, são caracterizadas por longos períodos de estiagem. Nessas regiões são comuns práticas da agricultura de sequeiro e subsistência, ou seja, a produção fica à mercê das chuvas. Para mitigar as irregularidades das chuvas, o uso da irrigação é necessário para tornar as áreas produtivas, assegurando, assim, a permanência dos agricultores no campo.

Apesar da técnica da irrigação ser amplamente difundida por seus inúmeros benefícios, no atual cenário de escassez hídrica em várias regiões, o uso da água tem sido restringido para irrigação. Conforme as diretrizes da Política Nacional dos Recursos Hídricos Art. 1º da Lei 9433/97, em condições de escassez hídrica, as prioridades do uso da água são para o abastecimento humano e a dessedentação de animais (ANA, 2018).

Esse cenário de escassez hídrica contrasta negativamente com o aumento da população, ou seja, enquanto ocorre diminuição na disponibilidade de água em termos de qualidade e quantidade, a demanda de alimentos é cada vez maior (SUTHAR et al., 2018a). Atualmente, os desafios da agricultura são aumentar a competitividade e qualidade dos produtos associado à preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente (ALY et al., 2015; FUENTES-CASTAÑEDA et al., 2016).

Para mitigar a falta de água em comunidades rurais, a abertura de poços profundos tem se tornado cada vez mais recorrente. Em muitos casos, sobretudo no Nordeste do Brasil, por causa da hidrogeologia da região, as águas extraídas se caracterizam por elevadas concentrações de sais. Essas águas nem sempre são indicadas para irrigação, principalmente de hortaliças, que geralmente são sensíveis à salinidade. Além de afetar o rendimento das culturas, quando estas águas não são manejadas adequadamente, pode-se acarretar problemas de salinização dos solos, tornando-se as áreas improdutivas e até sujeitas à desertificação.

Nessas comunidades rurais, o cultivo de hortaliças como o coentro, cebolinha e alface, tem sido a principal fonte de renda para os pequenos agricultores familiares. As práticas de cultivo são passadas de geração a geração, sendo a própria família

responsável por todo processo de produção e venda (em feiras livres e/ou porta a porta). A qualidade da produção é muito variável em função da época do ano, o que implica na renda familiar.

Especificamente para cultura em estudo, o coentro é de clima quente e não tolera baixas temperaturas. Em regiões de clima quente e baixa altitude, o coentro pode ser semeado durante todo o ano e sua colheita pode ser realizada de três a cinco semanas após a semeadura (SILVA et al., 2018a).

Para assegurar a regularidade da produção, as técnicas de cultivo tradicionais precisam passar por mudanças, visando principalmente, a otimização do uso da água. A utilização de técnicas de cultivo como a hidroponia é uma maneira de mitigar os problemas de escassez de água, podendo ser implantada em locais com pouca disponibilidade hídrica, onde não é possível a implantação de projetos tradicionais de irrigação, além da possibilidade do uso de águas salobras proibitivas no plantio convencional.

Em sistemas hidropônicos do tipo fechado, o contato direto do efluente salino com o meio ambiente é suprimido, evitando a salinização de áreas adjacentes (LIRA et al., 2018a). Diferentes estratégias são utilizadas para o descarte da solução nutritiva após a renovação, como por exemplo, na semana de colheita os produtores não repõem o volume consumido pelas plantas, e assim, o volume do rejeito salino é reduzido, podendo posteriormente ser aplicado em culturas em torno da área de produção.

Apesar desses benefícios do cultivo hidropônico, a migração para tal técnica não é tão simples. Os principais entraves dizem respeito ao alto custo de implantação da estrutura e a dependência de eletricidade para recirculação da solução nutritiva nos canais de cultivo, quando a técnica empregada é do tipo fluxo laminar de nutrientes (NFT).

No sistema NFT uma delgada lâmina de solução escoar por gravidade nos canais de cultivo, irrigando-se as raízes das plantas, geralmente em intervalos alternados de 15 min (LUZ et al., 2008; ZANELLA et al., 2008). Nesse sistema o próprio escoamento da solução contribui para a oxigenação da mesma, e ainda, as raízes ficam em parte submersas na solução, enquanto que a outra parte fica em contato com o ar, do qual também as plantas retiram o oxigênio (ANDREAU et al., 2015).

Para mitigar a dependência energética no sistema NFT, têm-se utilizado a técnica do fluxo profundo (DFT) em canais dispostos em nível, com destaque para o cultivo do coentro (SANTOS JÚNIOR et al., 2015; SILVA et al., 2016ab; 2018b; CAVALCANTE et al., 2016).

Diferentemente do sistema NFT, em que toda a solução nutritiva é drenada após o desligamento da bomba, no sistema DFT permanece uma lâmina de solução nos canais, e com isso as raízes ficam submersas continuamente nessa solução. Por essa vantagem, pode-se aumentar os intervalos entre recirculações, pois a solução contida nos canais pode manter as plantas sem restrição hídrica até o próximo acionamento da bomba. No entanto, algumas lacunas ainda precisam ser investigadas, principalmente no que dizem respeito às variações das lâminas de solução nos canais e o momento de recirculação da solução, pois nessas condições de cultivo o oxigênio dissolvido pode se tornar restritivo para as raízes das plantas.

No Semiárido brasileiro as temperaturas do ar são elevadas em grande parte do ano, o que pode limitar o crescimento e o desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2018c). As altas temperaturas do ar aumentam as temperaturas na zona radicular das plantas. Tal efeito se torna ainda mais grave quando o cultivo é realizado em condições hidropônicas, pois as raízes estão em contato direto com a solução nutritiva. Conforme Rodrigues (2002), alterações relativamente pequenas na temperatura do ambiente radicular podem causar um impacto significativo no desenvolvimento das raízes, dependendo do estágio fenológico e da duração do estresse de temperatura.

Apesar do grande número de trabalhos conduzidos com salinidade em hidroponia, são poucos os estudos que buscam avaliar a interação da salinidade e a temperatura da solução (MOZAFAR & OERTLI, 1992; FRITIOFF et al., 2005; TAZUKE & KINOSHITA, 2013), principalmente em regiões de clima quente. Em muitos locais as temperaturas da solução podem facilmente chegar aos 30 °C nos horários mais quentes do dia (BARBIERI et al., 2010; SANTOS et al., 2010a; 2011; COMETTI et al., 2013; SILVA et al., 2018d). Assim, entender a dinâmica da interação entre temperaturas e os teor de sais dissolvidos na solução nutritiva é um passo importante para o êxito na produção em condições hidropônicas quando se utilizam águas salobras.

Em estudos já realizados na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia para várias culturas submetidas ao estresse salino, o coentro tem se mostrado mais tolerante às elevadas temperaturas da solução nutritiva nas épocas mais quente do ano, como na primavera em sistema NFT (SILVA et al., 2015) e no verão em sistema DFT em tubos (SILVA et al., 2018b). Isso também justifica o interesse em estudar essa cultura em condições hidropônicas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o cultivo do coentro (*Coriandrum sativum* L.) hidropônico sob diferentes condições de cultivo relacionadas à temperatura, salinidade e disponibilidade de solução nutritiva.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar o crescimento e a produção de duas cultivares de coentro ('Tabocas' e 'Verdão') em duas épocas de cultivo.

Avaliar o crescimento, produção, consumo hídrico, eficiência do uso de água e qualidade do coentro (cv. 'Tabocas' e cv. 'Verdão') cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução nutritiva e diferentes intervalos de recirculação.

Quantificar as concentrações de oxigênio dissolvido da solução nutritiva em canais hidropônicos com diferentes lâminas e intervalos de recirculação.

Avaliar o crescimento, produção e qualidade do coentro em condições hidropônicas com o uso de águas doce e salobra com diferentes temperaturas da solução nutritiva.

3. HIPÓTESES

O aumento da lâmina de solução nutritiva nos canais hidropônicos (sistema DFT em tubos) proporciona melhores respostas das plantas de coentro em crescimento e qualidade.

Comercialmente é possível cultivar coentro em solução nutritiva com recirculação apenas uma vez ao dia.

O cultivo com água salobra em condições de alta temperatura da solução nutritiva pode ser restritivo para o coentro.

É possível cultivar coentro em solução nutritiva com alta temperatura, desde que não se use água salobra.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Uso de águas salobras na produção agrícola

A disponibilidade de água, em grande parte, depende do clima e de suas variações em diversas escalas de tempo. O Semiárido brasileiro é caracterizado pela escassez de água (PAULUS et al., 2012a), o que torna a prática da irrigação imprescindível para garantir a produção agrícola (LIMA et al., 2014).

O Semiárido brasileiro estende-se por 1,03 milhão de km² (12% da área do País), com uma população com cerca de 27 milhões de pessoas (12% da população brasileira) vivendo em 1.262 municípios, sendo aproximadamente 61,97% na área urbana e 38,03% no espaço rural. A maior parte do Semiárido situa-se no Nordeste do país e também se estende pela parte setentrional de Minas Gerais (Norte mineiro e o Vale do Jequitinhonha), ocupando cerca de 18% do território do estado. No Nordeste, dos seus nove estados, metade tem mais de 85% de sua área caracterizada como semiárida. O Maranhão passou a fazer parte do Semiárido em 2017, com a inclusão de seus primeiros municípios dentro da área. Em 2017, 73 novos municípios nos Estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco e Piauí passaram a fazer parte do Semiárido (BRASIL, 2018).

Com a restrição de água doce (baixa salinidade), as águas salobras têm sido a principal fonte hídrica para irrigação (MACHADO & SERRALHEIRO, 2017; DAKLO-KEREN et al., 2018; SILVA et al., 2018e; SUTHAR et al., 2018b). Essas águas devem ser utilizadas com restrição, pois além da queda de produção da maioria das culturas (REZAEI et al., 2017; PULAVARTY & SARANGI, 2018), as altas concentrações de sais nessas águas acumulam-se no solo, tornando as áreas improdutivas.

Além da salinidade, que expressa a concentração de sais solúveis no solo ou na água (BREŠ et al., 2016), em condições naturais, as plantas são expostas a complexas interações que envolvem inúmeros estresses abióticos (REJEB et al.,

2014; ZRIBI et al., 2017; HERNÁNDEZ et al., 2018; ORSINI et al., 2018a), tais como déficit hídrico, temperatura, entre outros (SHRIVASTAVA & KUMAR, 2015; SZARESKI et al., 2018).

As várias espécies vegetais respondem diferenciadamente ao estresse salino (TABATABAEI & EHSANZADEH, 2016). Algumas plantas são capazes de produzir rendimentos satisfatórios sob condições salinas, enquanto outras não produzem (ZRIG et al., 2016; QRUNFLEH et al., 2017). Em muitos casos, é difícil quantificar diferenças na tolerância aos sais entre espécies intimamente relacionadas, uma vez que a redução do crescimento e produção depende do tempo em que as plantas cresceram sob condições salinas (MUNNS, 2002).

As repostas das plantas ao estresse salino são variáveis entre os diferentes órgãos, entre espécies/cultivares, entre as etapas de desenvolvimento e a duração de exposição aos sais (PARVAIZ & SATYAWATI, 2008; ABBAS et al., 2015), refletindo geralmente em reduções na produção de biomassa, rendimento ou taxas de sobrevivência (MUNNS & TESTER, 2008). O decréscimo no crescimento é um efeito imediato após a exposição das raízes aos sais (MUNNS, 2002; WILLADINO & CAMARA, 2010).

O estresse salino afeta o crescimento das plantas em duas fases, primeiramente, com o efeito negativo do potencial osmótico na absorção de água, tendo como consequências mudanças nas relações da água a nível celular (GARCÍA-CAPARRÓS & LAO, 2018). Em uma segunda fase, ao acúmulo de íons em excesso (predominantes Na^+ e Cl^-) a níveis tóxicos nas plantas (RADY et al., 2018). A severidade do estresse salino depende de outros fatores, como do tipo e das concentrações de sais que as plantas são submetidas (ARSHI et al., 2010; TARCHOUNE et al., 2012), além de fatores ambientais, como temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa (HASANUZZAMAN et al., 2013).

Especificamente para a cultura em estudo, o coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma espécie moderadamente tolerante à salinidade (AYMEN & CHERIF, 2013; OKKAOĞLU et al., 2015; ULLAH et al., 2018). O coentro tem sido submetido a diferentes níveis de salinidade da água para avaliar o rendimento de óleo essencial (NEFFATI & MARZOUK, 2008; 2009; 2010; OKKAOĞLU et al., 2015), germinação, crescimento, rendimento e/ou composição mineral (OLIVEIRA et al., 2010; AYMEN & CHERIF, 2013; EWASE et al., 2013; RAJABI & FETRI, 2013; BONIFACIO et al.,

2014; CAZUZA NETO et al., 2014ab; FERREIRA NETO et al., 2014; MERIEM et al., 2014; LIRA et al., 2015a; SALES et al., 2015; SILVA et al., 2015; 2016b; 2017ab; 2018b; KAUR & KUMAR, 2016; 2017; SÁ et al., 2016; MAIA, 2017).

4.2. Cultivo hidropônico

4.2.1. Vantagens e desvantagens

Nos últimos anos têm sido crescente a busca por técnicas de cultivo mais eficientes para o uso da água, destacando-se a hidroponia (GARCÍA-GAYTÁN et al., 2017). Nesse sistema de produção é utilizado um volume menor de água, estimando-se uma redução de aproximadamente 80% quando comparado ao plantio convencional (ORSINI et al., 2018b).

Na hidroponia as plantas são cultivadas na ausência de solo, de forma que os nutrientes são fornecidos às plantas por meio de uma solução nutritiva balanceada, atendendo as necessidades nutricionais das mesmas (SAKAMOTO & SUZUKI, 2015a; DUYAR & KILIÇ, 2016). Em meio hidropônico não há obstáculos para o crescimento das raízes das plantas, o que torna mais fácil a acessibilidade aos diferentes nutrientes de forma homogênea (MHADHBI, 2012), enquanto que, no solo a disponibilidade de nutrientes muda ao longo da sua matriz, à medida que os nutrientes se retêm nas partículas do solo (NGUYEN et al., 2016).

Em escala comercial, em vários países, o cultivo hidropônico tem se expandido, principalmente em função da restrição de solos agricultáveis. Uma vez seguindo todos os cuidados que essa atividade requer, pode-se gerar elevado rendimento econômico para uma gama de espécies vegetais (ORSINI et al., 2010; WATTANAPREECHANON & SUKPRASERT, 2012; SAMSUDDIN et al., 2014).

Diversas outras vantagens são atribuídas ao cultivo hidropônico, tais como o uso eficiente de fertilizantes químicos; ocupação de pequenas áreas; isolamento da cultura de solos adjacentes, evitando assim a presença de patógenos (MANZOCCO et al., 2011; WAHOME et al., 2011; TREFTZ et al., 2015); redução do ciclo de cultivo e maior uniformidade na produção; maior produtividade por área; redução da mão de obra; produtos mais higiênicos e de qualidade (RODRIGUES, 2002; SOUZA et al., 2011) e quando o ambiente de cultivo é protegido, permite o controle ambiental e possibilita a produção em épocas de climas desfavoráveis às culturas (SETHIA & SHARMAB, 2007; STORY et al., 2010; MURPHY et al., 2011).

Apesar das inúmeras vantagens, no cultivo hidropônico tem-se algumas desvantagens que podem limitar a expansão dessa técnica de cultivo, como o custo elevado para construção da estrutura; dependência de energia elétrica; necessidade de mão de obra especializada (HUSSAIN et al., 2014); poluição ambiental, caso a solução nutritiva seja descartada no solo (RODRIGUES, 2002). Acrescenta-se ainda como uma desvantagem, o maior risco de disseminação de patógenos por meio da solução nutritiva em contato com as raízes das plantas (MARTÍNEZ et al., 2013), comprometendo o rendimento das culturas. Para mitigar esse problema, é estratégico o uso de reservatórios individualizados por bancada de cultivo e/ou por setores, assim, evita-se, por exemplo, que uma solução nutritiva contaminada circule por todos os canais hidropônicos na área de produção (CORRÊA et al., 2012).

4.2.2. Sistemas hidropônicos e manejo da solução nutritiva

Os sistemas hidropônicos são divididos em dois grupos, os passivos (a solução nutritiva permanece estática) e os ativos. Nos sistemas ativos, necessita-se da utilização de bomba para a circulação da solução. Existem centenas de sistemas hidropônicos, mas todos eles são derivados ou da junção dos seguintes sistemas básicos: sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), sistema de leito flutuante ou DFT (técnica do fluxo profundo), sistema de pavio, sistema de subirrigação, sistema de gotejamento e sistema aeropônico (MURALI et al., 2011; GOENKA, 2018; PUTRA et al., 2018; GÓMEZ-CHABLA et al., 2019). Os sistemas hidropônicos ainda são classificados como abertos (a solução que não é utilizada pelas plantas não é reutilizada) e fechados (a solução que não é utilizada pelas plantas retorna a um reservatório por drenagem) (HUSSAIN et al., 2014).

O sistema NFT é o mais utilizado comercialmente. Esse sistema é altamente dependente de energia elétrica para circulação da solução nutritiva nos canais hidropônicos (MURALI et al., 2011). Nesse sentido, seu uso pode ser limitado em localidades onde ocorrem inconsistências no fornecimento de energia elétrica (SANTOS JÚNIOR et al., 2015; SILVA et al., 2016ab), pois as raízes das plantas secam rapidamente quando o fluxo da solução nutritiva é interrompido (HUSSAIN et al., 2014), podendo levar à perda total da produção (FECONDINI et al., 2010).

Outro sistema utilizado em escala comercial é o DFT. Diferentemente do sistema NFT, no DFT as plantas não passam por restrição hídrica, pois as raízes

ficam continuamente em contato com a solução nutritiva (VIMOLMANGKANG et al., 2010). Por essa vantagem, o DFT é muito útil em locais onde o fornecimento de energia elétrica é precário (PUTRA et al., 2018).

Em geral, a estrutura do DFT consiste de tanques com solução nutritiva com lâminas que pode chegar até 30 cm de profundidade (LJUNGQUIST, 2012; BLOK & van OS, 2016), enquanto que no sistema NFT uma fina lâmina de solução percorre os canais, que não excede 2 cm (van OS et al., 2008; BLOK et al., 2017). No DFT a maior disponibilidade de solução nutritiva evita grandes flutuações de pH, bem como flutuações de temperatura, o que favorece seu uso em regiões com grandes mudanças de temperatura (van OS et al., 2008).

Do ponto de vista de ergonomia no trabalho, as estruturas utilizadas no DFT convencional são de grande porte e pesadas, dificultando o manuseio dentro do ambiente de cultivo (van OS et al., 2008). Como solução, tal sistema tem sido adaptado em canais de cultivo (ROBERTO, 2000; HUSSAIN et al., 2014), similarmente ao sistema NFT, com exceção da declividade dos canais, pois no DFT a declividade é nula, formando assim, uma lâmina de solução nos canais.

Não recomenda-se a utilização de canais hidropônicos extensos (máximo de 24 m de comprimento) (PARKS & LINDHOUT, 2008; SILVA et al., 2016b), pois pode causar alterações nas proporções iônicas da solução nutritiva (HERRERO et al., 2014), com menor disponibilidade de nutrientes para as plantas localizadas no final do canal, incluindo oxigênio dissolvido (SILVA et al., 2016b). Nos estudos de Luz et al. (2012) e Silva et al. (2016b) com o coentro cv. 'Verdão' cultivado em canais hidropônicos com apenas 4,5 e 6,0 m, reportaram reduções na produção de massa fresca da parte aérea de aproximadamente 27 e 25% quando as plantas foram colhidas no final dos canais em relação àquelas colhidas no primeiro terço dos canais.

No estudo de Silva et al. (2017b) com o coentro 'Verdão' em canais de 6,0 m em condições de estresse salino, reportaram reduções na massa fresca da parte aérea de aproximadamente 21 e 18% sob os níveis de salinidade de 0,26 e 2,47 dS m⁻¹ para as plantas no final dos canais em relação às colhidas no segundo terço do canal, enquanto que, sob os maiores níveis de salinidade (4,91 e 7,00 dS m⁻¹) não houve diferença significativa entre as médias obtidas nas diferentes posições do canal.

4.2.3. Solução nutritiva: aspectos relacionados ao pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura

Na produção hidropônica é importante a escolha correta da solução nutritiva, bem como seu manejo (DOMINGUES et al., 2012; FAN et al., 2012), principalmente no que diz respeito ao monitoramento da temperatura, pois esta influencia negativamente outros parâmetros, como o oxigênio dissolvido (OD), a condutividade elétrica (CE) e o pH (DOMINGUES et al., 2012).

As altas temperaturas da solução nutritiva têm efeito direto sobre a integridade das raízes e seu crescimento (FALAH et al., 2010), que é condicionado pela redução da disponibilidade de OD (NXAWE et al., 2010), surgindo um dos complicadores do cultivo hidropônico, o *Pythium* (WATANABE et al., 2008; GONÇALVES et al., 2016; PATEKOSKI & PIRES-ZOTTARELLI, 2016).

Em estudos com alface, Qin et al. (2007) registraram reduções nas concentrações de OD ($8,64 \pm 0,06$; $7,82 \pm 0,01$; $7,21 \pm 0,00$ e $6,54 \pm 0,01$ mg L⁻¹) com o incremento das temperaturas das soluções ($21,9 \pm 0,1$; $26,2 \pm 0,0$; $29,7 \pm 0,0$ e $34,0 \pm 0,1$ °C). Nos relatos de Bremenkamp et al. (2012), as temperaturas das soluções (24, 26, 28, 30 e 32 °C) não alteraram as concentrações de OD (7,5; 7,4; 7,5; 7,6 e 7,4 mg L⁻¹). Conesa et al. (2015) registraram mudanças nas concentrações de OD em função da época do ano e intensidade de oxigenação da solução. Em experimento conduzido no outono os valores de OD foram de 5,2; 6,2 e 8,1 mg L⁻¹ em solução sem aeração, com baixa aeração e alta aeração. No verão as médias de OD foram de 3,3; 5,4 e 6,9 mg L⁻¹, respectivamente.

A concentração de OD na solução nutritiva sofre com as flutuações das temperaturas em função da época do ano (NIÑIROLA et al., 2014), como registrado por Lara et al. (2011) e Lenzi et al. (2011), onde o OD diminuiu mais rapidamente no verão, devido às temperaturas mais elevadas da solução. No estudo de Jitsuyama (2013), nas épocas do ano com menor (15,3 °C) e maior (25,3 °C) temperatura da solução as concentrações de OD foram de 6,5 e 5,7 mg L⁻¹ sob solução aerada.

Considera-se a temperatura ideal da solução nutritiva entre 15 e 25 °C para maioria das espécies cultivadas em condições hidropônicas (CARRIJO et al., 2000; ECHEVERRIA, 2008). Na literatura encontram-se várias pesquisas, nas quais buscaram-se avaliar a temperatura ideal da solução em condições hidropônicas para

o cultivo de diferentes espécies vegetais. Villela Júnior et al. (2004) reportaram que as temperaturas das soluções em condições ambiente (sem controle) e a 12 °C não afetaram as variáveis de produção e qualidade do morangueiro (cv. 'Campinas') em hidroponia NFT. Sakamoto et al. (2016) reportaram maior número de frutos e peso de frutos de morango em hidroponia DFT sob temperatura da solução a 10 °C em relação à temperatura a 30 °C.

No estudo de Nxawe et al. (2009) houve aumento na produção de espinafre sob temperatura a 28 °C em comparação à temperatura a 10 °C. Em estudo com alface em hidroponia NFT, Cometti et al. (2013) reportaram aumento na produção sob temperatura da solução a 26 °C em relação à temperatura em condições ambiente. Silva et al. (2016c) não verificaram diferença significativa no rendimento de massa fresca de alface em hidroponia NFT sob temperatura a 25 °C em relação à ambiente (21,8 °C). Também no cultivo de alface em hidroponia DFT, Sakamoto & Suzuki (2015b) registraram maior produção quando as plantas foram cultivadas sob temperatura da solução a 30 °C em relação à temperatura a 10 °C.

A CE da solução é dependente da temperatura de tal forma que, se essa aumenta, a resistência da solução à passagem de corrente diminui, resultando em acréscimo na CE. Para fins de padronização, ao fazer referência sobre a CE de uma solução, deve-se sempre reportar à temperatura de 25 °C (STEIDLE NETO et al., 2005).

Por outro lado, não se pode esquecer que a cultura responde à realidade da rizosfera, ou seja, à CE se altera ao longo do dia pelo aquecimento ou resfriamento da solução. Essa relação entre a CE e temperatura da solução nutritiva precisa ser considerada sob clima mais quente, principalmente quando se trabalha com perfis hidropônicos constituídos de materiais de pouco isolamento térmico (MATTOS et al., 2001; SCHMIDT et al., 2017).

Para evitar o aquecimento da solução nutritiva deve-se evitar a incidência de luz na mesma, mantendo em local sombreado e ventilado. Salienta-se, ainda, que a incidência de luz na solução contribui para proliferação de algas na solução (PRADO, 2008). Várias outras estratégias são utilizadas para diminuir a temperatura da solução, como enterrar o reservatório da solução (CORRÊA et al., 2012), bem como todas as tubulações de recalque da solução até os canais; pintar os canais

quando são utilizadas tubulações diferentes daquelas desenvolvidas especificamente para hidroponia (SCHMIDT et al., 2017).

4.2.4. Automação no cultivo hidropônico

O cultivo em ambiente protegido possibilita um maior grau de controle sobre as condições de crescimento das plantas em comparação com uma situação de campo (EHRET et al., 2013; ELZOPY et al., 2017), podendo-se alcançar inúmeros benefícios, tais como: colheita fora de época e/ou precoce, controle de pragas e doenças, economia de insumos e de água e aumento da produção (PURQUERIO & TIVELLI, 2006).

Quando no ambiente protegido é praticado o cultivo hidropônico, torna-se imprescindível o adequado manejo da solução nutritiva, principalmente no que diz respeito ao monitoramento da temperatura da solução, pois esta influencia diretamente nas concentrações de OD, CE e pH. Apesar de existir no mercado sistemas automatizados para o controle desses parâmetros, normalmente, os produtores hidropônicos utilizam-se de equipamentos portáteis, onde são feitas medições pontuais, de uma e/ou duas vezes ao dia.

A plataforma Arduino possibilita um usuário comum criar seus próprios projetos. É um sistema de baixo custo de aquisição e manutenção e de fácil operação por usuários comuns (CORREIA et al., 2016). O Arduino tem sido empregada em diferentes pesquisas na área de hidroponia para o monitoramento de diferentes parâmetros da solução nutritiva, como CE (IBRAHIM et al., 2015); pH (MONTROYA et al., 2017; NALWADE & MOTE, 2017) e temperatura (HELMY et al., 2016; SILVA et al., 2017c).

4.3. Experiência brasileira na produção hidropônica com águas salobras

Como já reportado e amplamente discutido na literatura, os solos salinos e/ou o uso de águas salinas podem restringir a exploração da maioria das culturas, tornando a atividade agrícola economicamente inviável. Estudos realizados sobre a tolerância de várias espécies à salinidade em sistemas hidropônicos de cultivo têm demonstrado que, mediante manejo adequado da água e das práticas de cultivo, pode-se produzir comercialmente com águas salobras (SANTOS et al., 2010b; DIAS et al., 2011a; SIGNORE et al., 2016). Neste sentido, espera-se que em sistemas

hidropônicos com culturas de ciclo curto se proporcione o uso sustentável de águas salinas (SOARES et al., 2007).

No cultivo hidropônico as respostas das plantas à salinidade são melhores do que no solo quando irrigadas com a mesma água, visto que o potencial mátrico tende a zero na hidroponia. No solo, o potencial matricial é uma das causas da diminuição da energia livre da água (SOARES et al., 2007; DIAS et al., 2011a).

Tratando dessa linha de pesquisa, cita-se o estudo de Soares (2007) na ESALQ/USP em Piracicaba-SP, o qual buscou encontrar resultados mais pragmáticos para o agricultor ao utilizar um sistema hidropônico comercial, do tipo NFT. Posteriormente, nessa mesma estrutura foram conduzidos outros experimentos (PAULUS et al., 2010; 2012ab; SILVA et al., 2013a). A partir dos resultados desses trabalhos, têm fomentado o ingresso de mais pesquisadores na temática, disseminando para várias instituições do Nordeste brasileiro, como na UFRPE em Recife-PE, na UFERSA em Mossoró-RN e na UFCG e UEPB em Campina Grande-PB.

Esses primeiros estudos, seguidos de outros (SOARES et al., 2010; SOARES et al., 2015; 2016; 2019; ALVES et al., 2011; LIRA et al., 2015b; 2018ab; SILVA et al., 2013a; 2015; 2017ab; COVA et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2017; SANTOS et al., 2018), foram conduzidos com águas salobras preparadas em laboratório, no entanto, outras estratégias têm sido utilizadas para o uso de águas salobras, como as naturais de origem subterrânea e/ou rejeito da dessalinização ou a combinação de dois ou mais tipos dessas águas (SANTOS et al., 2010ac; 2011; DIAS et al., 2011ab; SILVA et al., 2011; 2018d).

No estudo de Paulus et al. (2010) verificaram que, comercialmente as cultivares de alface ‘Pira Roxa’ e ‘Verônica’ não apresentaram injúrias severas que pudessem afetar o preço de venda, considerando-se toda a massa fresca como produtividade comercial. Quando utilizou-se água com maior salinidade de 7,43 dS m⁻¹, houve perdas de produtividade de 69 e 64% para as cultivares ‘Pira Roxa’ e ‘Verônica’, respectivamente.

Soares et al. (2010) utilizaram duas estratégias para o uso de águas salobras, sendo apenas no preparo da solução ou na reposição do volume consumido. Toda a massa de matéria fresca da alface cv. ‘Verônica’ foi avaliada como comercial. Quando as águas salobras foram usadas apenas no preparo da solução,

observaram-se nanismo em plantas e maior intensidade na coloração verde-escuro e no aspecto coriáceo das folhas de alface submetida aos maiores níveis de salinidade.

Sob estresse salino, Paulus et al. (2012b) não reportaram injúrias em plantas de alface cv. 'Verônica' que pudessem afetar o preço de venda, considerando-se toda a massa de matéria fresca como produtividade comercial. Santos et al. (2010c) ao utilizarem rejeito da dessalinização reportaram redução de 94,83% no peso de matéria fresca de alface em relação à nutrição com a solução preparada com água de abastecimento, impossibilitando o cultivo comercial da cultura com este tipo de água. Alves et al. (2011) registraram sob os níveis mais elevados de salinidade folhas coriáceas e tonalidade de verde escuro em plantas de alface, porém, esses sintomas não depreciaram a qualidade do produto.

Em estudos com o coentro, Cazuza Neto et al. (2014a) utilizaram águas com CEa de 0,30; 1,88; 2,6; 4,0; 5,34; 6,69 e 7,73 dS m⁻¹, Silva et al. (2016b) com os níveis de 0,32 e 4,91 dS m⁻¹ e Silva et al. (2018b) de 0,26; 2,47; 4,91 e 7,0 dS m⁻¹. Estas águas foram utilizadas tanto para o preparo da solução como para reposição do volume consumido. Já Silva et al. (2015) utilizaram águas com CEa de 0,43; 3,09; 6,87 e 8,53 dS m⁻¹ apenas na reposição do volume consumido. Nesses estudos, em geral, as plantas não exibiram sintomas de toxidez pelo estresse salino que pudessem comprometer a comercialização, com exceção do trabalho de Cazuza Neto et al. (2014a) sob o maior nível de salinidade (CEa 7,73 dS m⁻¹), que ocasionou em folhas velhas sintomáticas (queima nos bordos foliares).

Tais sintomas registrados por Cazuza Neto et al. (2014a) são clássicos de toxicidade por altas concentrações de Na⁺ e/ou Cl⁻ no interior da planta, resultando em necrose das folhas mais velhas (PARVAIZ & SATYAWATI, 2008). Isso porque, a planta por transpiração perde quase na totalidade somente água, ocorrendo nessa região o acúmulo desses íons (ACOSTA-MOTOS et al., 2017; ISMAIL & HORIE, 2017).

Para a maioria das espécies o Na⁺ aparenta atingir uma concentração tóxica antes do Cl⁻. O tempo para o dano de toxidez ser manifestado depende da taxa de acumulação de Na⁺ e/ou Cl⁻ nas folhas e da efetividade da compartimentação desses íons nos tecidos e células das folhas (PARVAIZ & SATYAWATI, 2008). A toxidez iônica por NaCl pode desestabilizar membranas e proteínas, afetando

negativamente os processos celulares e fisiológicos fundamentais, como a divisão e expansão (PARIDA & DAS, 2005), o metabolismo primário e secundário e homeostase de nutrientes minerais (MUNNS & TESTER, 2008).

4.4. Adaptação do sistema DFT em tubos para o Semiárido brasileiro

A hidroponia pode ser uma técnica de cultivo alternativa para os pequenos produtores de comunidades rurais do Semiárido brasileiro, pois o cultivo pode ser praticado em pequenas áreas. Com isso, facilita-se o trabalho e permite-se que uma só pessoa cuide de grande número de plantas. Além disso, a técnica viabiliza a produção de qualidade o ano inteiro e precocemente, o que possibilita o retorno do capital investido mais rapidamente, aumento da produção, melhoria na qualidade e diferenciação do preço de venda.

Na busca por sistemas hidropônicos condizentes com a realidade dessas comunidades, destaca-se o sistema DFT adaptado em tubos. Várias pesquisas com resultados promissores vêm sendo realizadas nesse sistema para diferentes culturas, com o coentro (SANTOS JÚNIOR et al., 2015; CAVALCANTE et al., 2016; SILVA et al., 2016ab; 2017b; 2018b), girassol ornamental (SANTOS JÚNIOR et al., 2016ab; SOUZA et al., 2018a), cebolinha (SOUZA et al., 2016; SILVA JUNIOR, 2017), alface (COVA et al., 2017), pimentão (FURTADO et al., 2017; SOUZA et al., 2018b; CAVALCANTE et al., 2019), manjerição (ALVES, 2017; GONDIM FILHO et al., 2018; SANTOS et al., 2019) e rúcula (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018ab).

Em tais estudos as lâminas de solução nutritiva variaram de 0,04 m em tubos de 100 mm (SANTOS JÚNIOR et al., 2015; 2016ab; CAVALCANTE et al., 2016; 2019; CAMPOS JÚNIOR et al., 2018ab; FURTADO et al., 2017; SILVA JUNIOR, 2017; SOUZA et al., 2018b), 0,02 m (ALVES, 2017; GONDIM FILHO et al., 2018), 0,03 m (COVA et al., 2017; SOUZA et al., 2018a) e 0,045 m em tubos de 75 mm (SILVA et al., 2016ab; 2017b; 2018b; SOUZA et al., 2016).

Silva et al. (2016a) inicialmente testaram o cultivo em tubos com os diâmetros de 50 e 75 mm e adotaram intervalos de recirculações da solução nutritiva a cada duas horas. Concluíram que não era viável utilizar tubos de 50 mm, pois com o grande número de plantas no canal de cultivo o sistema radicular obstruiu a passagem da solução, podendo ocorrer transbordamento da mesma. Posteriormente, Silva et al. (2016b) utilizaram apenas tubos de 75 mm para avaliar o

efeito de diferentes intervalos de recirculação da solução (0,25; 2; 4 e 8 h). Sob o maior intervalo de recirculação (a cada 8 h) a produção de coentro se equiparou com a produção obtida com o menor intervalo entre recirculações (a cada 0,25 h), o que representou uma redução no consumo energético de até 90%. Posteriormente, Souza et al. (2016) investigaram os mesmos intervalos de recirculação, os quais não influenciaram na produção de cebolinha cv. 'Todo Ano'.

4.5. Cultivo do coentro

4.5.1. Caracterização e comercialização do coentro

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma espécie anual da família Apiaceae com origem no Mediterrâneo (KUMAR et al., 2008). As folhas e sementes são apreciadas na culinária em diversos pratos. Além de condimento, o coentro é utilizado nas indústrias alimentícias e farmacêuticas devido suas propriedades medicinais (AĆIMOVIĆ, 2013).

No Brasil, o coentro é largamente explorado no Nordeste brasileiro (NASCIMENTO et al., 2006). O cultivo tem sido realizado por pequenos e médios produtores, especialmente para a produção de massa verde (LINHARES et al., 2015). Geralmente nos municípios distantes dos grandes centros, a comercialização do coentro é informal, ocorrendo diariamente entre produtores, intermediários e consumidor final, restringindo-se aos mercados e feiras locais (SILVA & COSTA, 2010). A forma de comercialização é diferenciada de um município para outro, em alguns locais o coentro é vendido em conjunto com a cebolinha, denominado de 'cheiro verde' (FRANCILINO et al., 2014).

Em condições hidropônicas, as informações da produção de coentro são escassas. Em levantamento realizado por Albuquerque & Mesquita (2016) da produção hidropônica para diferentes culturas nos Estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, apresentaram dados de produção de coentro apenas para o Estado de Pernambuco, com uma produção mensal de 87.500 maços.

4.5.2. Sazonalidade do cultivo

Um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores de coentro diz respeito à sazonalidade da produção ao longo do ano. Em períodos de seca a produção é comprometida por falta de água. Para avaliar tais consequências da

sazonalidade na produção, Lima et al. (2007) cultivaram coentro cv. 'Verdão' em duas épocas diferentes nas condições de Mossoró-RN, com produtividades de 5.000 e 3.390 kg ha⁻¹ nos períodos de junho-julho e novembro-dezembro, respectivamente. Tavares (2016) conduziu experimentos com o coentro cv. 'Tabocas' no município de Itabaiana-SE, obtendo-se produtividades de 3.597,00; 5.500,00; 2.715,17 e 8.103,33 kg ha⁻¹ nas estações de inverno, primavera, verão e outono, respectivamente. Tais resultados mostraram claramente o efeito do clima no rendimento do coentro ao longo das estações do ano.

Devido à sazonalidade no rendimento do coentro, deve-se selecionar cultivares mais indicadas para determinada época do ano. Nos pequenos municípios distantes dos grandes centros, a oferta de sementes de coentro limita-se a venda de uma e/ou duas cultivares, forçando os produtores a utilizarem a mesma cultivar durante o ano todo. Nos Estados da Paraíba (OLIVEIRA et al., 2003), Pernambuco (OLIVEIRA et al., 2015) e Rio Grande do Norte (JALES et al., 2006; PEREIRA et al., 2011; 2015) a cultivar 'Verdão' é uma das mais plantadas, por ter ciclo curto (SILVA et al., 2016d) e apresentar resistência a doenças de folhagens (OLIVEIRA et al., 2016).

4.5.3. Consumo hídrico do coentro em solo e hidroponia

Em estudo conduzido por Silva et al. (2013b) em Itabaiana-SE entre os meses de agosto e outubro (inverno-primavera), registraram-se consumo hídrico (ciclo de 72 dias) do coentro de 332,0 e 348,7 mm pelos métodos do balanço hídrico no solo e do coeficiente de cultivo dual, respectivamente. No mesmo município, em diferentes épocas: inverno (julho-agosto), primavera (novembro-dezembro), primavera-verão (novembro-janeiro) e outono (abril-maio), Tavares (2016) determinou o consumo hídrico (método do balanço hídrico no solo) do coentro de 81,28; 133,26; 203,47 e 141,06 mm correspondentes aos períodos de 39, 38, 40 e 43 dias de plantio, respectivamente. Apesar dos trabalhos serem conduzidos no mesmo município, verifica-se uma discrepância entre os valores de consumo hídrico do coentro, isso se deve aos períodos de tempo de cultivo.

Em estudos com o coentro cultivado em solo em ambiente protegido, aplicaram-se lâminas de irrigação referentes a 25, 50, 75, 100 e 125% da irrigação real requerida (IRR) (ANGELI et al., 2016) e 40, 60, 80, 100 e 120% da ETc (por lisimetria) (ZAMORA, 2018). Conforme os resultados do primeiro estudo, a lâmina de

irrigação de 63 mm (115% da IRR) promoveu maior rendimento (29 t ha⁻¹) e número de maços de plantas por m² (29 maços, cada um com 100 g). No segundo estudo, a máxima produção de massa de matéria fresca da parte aérea foi de aproximadamente 16,22 t ha⁻¹ quando as irrigações foram realizadas por pulso, correspondente a aplicação de 88,42% da ETc (≈ 97 mm).

No cultivo do coentro em Arapiraca-AL, Cavalcante et al. (2017) aplicaram lâminas de irrigação de 50, 75, 100, 125 e 150% da irrigação necessária (por lisimetria), entre os meses de abril-junho (cultivo por 32 dias) e Barbosa Júnior et al. (2017) aplicaram lâminas de 50, 75, 100, 125, 150 e 175% da ETc (por lisimetria), nos meses de janeiro-fevereiro (por 30 dias). As maiores produções foram obtidas com a lâmina referente a 150% da irrigação necessária (no primeiro experimento) e a lâmina referente a 125% da ETc (no segundo experimento).

Em experimentos conduzidos nas condições climáticas de Cruz das Almas-BA, o consumo hídrico do coentro foi determinado sob diferentes estratégias para o uso de águas salobras. Cazuza Neto et al. (2014b) em hidroponia NFT, reportaram para o período de 25 DAT, consumo hídrico de 2,59 L para produzir um maço de oito plantas sob CEa de 0,30 dS m⁻¹. Silva et al. (2016b) e Silva et al. (2018b) em sistema DFT em tubos, reportaram consumo hídrico de 1,45 L (sob CEa de 0,32 dS m⁻¹) e 0,89 L (sob CEa de 0,26 dS m⁻¹) para produzir um maço de 12 plantas, no período de 24 DAT. Também em estudo no sistema NFT, Silva et al. (2017a) reportaram consumo hídrico médio de 2,21 L para produzir um maço de 24 plantas, no período de 24 DAT.

Em estudo conduzido em Campina Grande-PB no sistema DFT em tubos, Santos Júnior et al. (2015) determinaram o consumo hídrico do coentro cultivado sob diferentes densidades de semeadura (0,5; 1,0; 1,5 e 2,5 g de semente) e maços de plantas espaçamentos nos canais de cultivo em 7, 10 e 15 cm. Em geral, o maior consumo foi registrado para o espaçamento de 15 cm, independente da quantidade de sementes, da ordem de 1,60 L maço⁻¹.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, T.; BALAL, R. M.; SHAHID, M. A.; PERVEZ, M. A.; AYYUB, C. M.; AQUEEL, M. A.; JAVAID, M. M. Silicon-induced alleviation of NaCl toxicity in okra

(*Abelmoschus esculentus*) is associated with enhanced photosynthesis, osmoprotectants and antioxidant metabolism. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 6, p. 1-15, 2015.

AĆIMOVIĆ, M. G. The influence of fertilization on yield of caraway, anise and coriander in organic agriculture. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 58, n. 2, p. 85-94, 2013.

ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNANDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. **Agronomy**, v. 7, n. 1, p. 1-38, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Lei nº 9.433/97**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 07 de ago. 2018.

ALBUQUERQUE, E. R. G. M.; MESQUITA, J. C. P. Panorama do cultivo hidropônico na região Nordeste do Brasil. In: BEZERRA NETO, E. (ed.). **Hidroponia**. Recife: Editora UFPE, 2016. p. 67-77. (Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades, 6).

ALVES, L. S. **Utilização de efluente doméstico tratado no cultivo de manjerição em sistemas hidropônicos**. 2017. 97p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.

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.

ALY, A. A.; AL-OMRAN, A. M.; KHASHA, A. A. Water management for cucumber: Greenhouse experiment in Saudi Arabia and modeling study using SALTMED model. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 70, n. 1, p. 1-11, 2015.

ANDREAU, R.; GIMÉNEZ, D. O.; BELTRANO, J. Soluciones nutritivas I. In: BELTRANO, J.; GIMENEZ, D. O. (eds.). **Cultivo en hidroponía**. 1ª ed. adaptada. La Plata, Universidad Nacional de La Plata, 2015. p. 73-90.

ANGELI, K. P.; DELAZARI, F. T.; NICK, C.; FERRERIA, M. G.; SILVA, D. J. H. Yield components and water use efficiency in coriander under irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 415-420, 2016.

ARSHI, A.; AHMAD, A.; AREF, I. M.; IQBAL, M. Effect of calcium against salinity-induced inhibition in growth, ion accumulation and proline contents in *Cichorium intybus* L. **Journal of Environmental Biology**, v. 31, n. 6, p. 939-944, 2010.

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.

BARBIERI, E.; MELO, D. J. F.; ANDRADE, L. F.; PEREIRA, E. W. L.; COMETTI, N. N. Condutividade elétrica ideal para o cultivo hidropônico de alface em ambiente tropical. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2 (Suplemento - CD Rom), p. S303-S308, 2010.

BARBOSA JÚNIOR, M. R.; SILVA, T. R. G.; SILVA, J. C.; SILVA, C. B.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Manejo de irrigação na cultura do coentro no agreste alagoano. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSal/INSTITUTO FUTURE, 2017.

BLOK, C.; JACKSON, B. E.; GUO, X.; VISSER, P. H. B.; MARCELIS, L. F. M. Maximum plant uptakes for water, nutrients, and oxygen are not always met by irrigation rate and distribution in water-based cultivation systems. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-15, 2017.

BLOK, C.; van OS, E. A. **Deep flow technique (DFT) and nutrient film technique (NFT) for the cultivation of lettuce**. Bleiswijk: Wageningen University & Research, 2016. 2p. (Technical information sheet, No. 7).

BONIFACIO, 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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014. p. 5482-5489.

BRASIL - Ministério da Integração Nacional. **Semiárido Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/semiario-brasileiro>>. Acesso em: 12 de set. 2018.

BREMENKAMP, D. M.; GALON, K.; PASSOS, G.; HELL, L. R.; CAZAROTI, E. P. F.; COMETTI, N. N. Efeito da temperatura da solução nutritiva sobre características agrônomicas da alface (*Lactuca sativa* L.) hidropônica. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2 (Suplemento), p. S588-S595, 2012.

BREŚ, W.; BANDURSKA, H.; KUPSKA, A.; NIEDZIELA, J.; FRĄSZCZAK, B. Responses of pelargonium (*Pelargonium x hortorum* L.H. Bailey) to long-term salinity stress induced by treatment with different NaCl doses. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, n. 1, p. 1-11, 2016.

CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; MARTINS, J. B.; SILVA, E. F. F.; ALMEIDA, C. D. G. C. Rocket production in a low cost hydroponic system using brackish water. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 1008-1016, 2018a.

CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, E. F. F.; MARTINS, J. B.; ROLIM, M. M. Consumption, efficiency and water content of arugula under different

management of brackish nutritional solutions. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 6, p. 885-892, 2018b.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N.; SOUZA, A. F. Princípios de nutrição mineral, formulação e manejo da solução nutritiva. In: CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. (eds.). **Princípios de hidroponia**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 28p. (Circular Técnica, 22).

CAVALCANTE, A. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; FURTADO, G. F.; CHAVES, L. H. G. Gas exchanges and photochemical efficiency of hydroponic bell pepper under salinity and plant density. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 3-8, 2019.

CAVALCANTE, A. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; PAZ, V. P. S. Produção e composição mineral do coentro em sistema hidropônico de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 685-696, 2016.

CAVALCANTE, L. S.; SANTOS, F. F.; PEREIRA, M. T. S.; OLIVEIRA, T. A.; SILVA, T. R. G.; SANTOS, M. A. L. Desempenho da cultura do coentro em função de diferentes lâminas de água. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSal/INSTITUTO FUTURE, 2017.

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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014b. p. 3685-3693.

COMETTI, N. N.; BREMENKAMP, D. M.; GALON, K.; HELL, L. R.; ZANOTELLI, M. F. Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce crop. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 287-292, 2013.

CONESA, E.; FERNÁNDEZ, J. A.; NIÑIROLA, D.; EGEA-GILABERT, C. Nutrient solution aeration and growing cycles affect quality and yield of fresh-cut baby leaf red lettuce. **Agricultural and Food Science**, v. 24, n. 4, p. 313-322, 2015.

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.

CORREIA, G. R.; ROCHA, H. R. O.; RISSINO, S. D. Automação de sistema de irrigação com monitoramento via aplicativo Web. **Engenharia na Agricultura**, v. 24, n. 4, p. 314-325, 2016.

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

DAKLO-KEREN, M.; ABU-AKLIN, W.; COHEN, O.; BERGER, V.; SIDAN, G.; BELLALOU, A.; AMIR-SEGEV, O.; HOVAV, R.; GALILI, S. The effects of several types of induced abiotic stress on *Cephalaria joppensis* germination under controlled conditions. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 7, p. 1486-1499, 2018.

DIAS, N. S.; LIMA, F. E.; SILVA, C. R.; SOUSA NETO, O. N.; GHEYI, H. R. Use of reject brine from desalination on different development stages of hydroponic lettuce. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 76-81, 2011a.

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

DOMINGUES, D. S.; TAKAHASHI, H. W.; CAMARA, C. A. P.; NIXDORF, S. L. Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 84, n. 6, p. 53-61, 2012.

DUYAR, H.; KILIÇ, C. C. A research on production of rocket and parsley in floating system. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 7, p. 54-60, 2016.

ECHEVERRIA, L. P. **Hydroponics for the home**. San Jose: Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture, 2008. 104p.

EHRET, D. L.; USHER, K.; HELMER, T.; BLOCK, G.; STEINKE, D.; FREY, B.; KUANG, T.; DIARRA, M. Tomato fruit antioxidants in relation to salinity and greenhouse climate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 5, p. 1138-1145, 2013.

ELZOPY, K. A.; BIRADAR, M. S.; CHANNAL, H. T.; MANJUNATH, M. V.; PALLED, Y. B.; RADDAR, B. M.; PATIL, P. L. NPK uptake of tomato as influenced by irrigation regimes and fertigation levels under greenhouse condition. **Asian Journal of Advances in Agricultural Research**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2017.

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.

FALAH, M. A. F.; WAJIMA, T.; YASUTAKE, D.; SAGO, Y.; KITANO, M. Responses of root uptake to high temperature of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in soil-less culture. **Journal of Agricultural Technology**, v. 6, n. 3, p. 543-558, 2010.

FAN, R.; YANG, X.; XIE, H.; REEB, M.-A. Determination of nutrients in hydroponic solutions using mid-infrared spectroscopy. **Scientia Horticulturae**, v. 144, p. 48-54, 2012.

FECONDINI, M.; De FARIA, A. C. D.; MICHELON, N.; MEZZETTI, M.; ORSINI, F.; GIANQUINTO, G. Learning the value of gardening: results from an experience of community based simplified hydroponics in north-east Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 881, p. 111-116, 2010.

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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014. p. 3843-3850.

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.

FRITIOFF, A.; KAUTSKY, L.; GREGER, M. Influence of temperature and salinity on heavy metal uptake by submersed plants. **Environmental Pollution**, v. 133, n. 2, p. 265-274, 2005.

FUENTES-CASTAÑEDA, O.; DOMÍNGUEZ-PATIÑO, M. L.; DOMÍNGUEZ-PATIÑO, J.; MELGOZA-ALEMÁN, R. M.; VILLEGAS-TORRES, O. G. Effect of electric field on the kinetics of growth of lettuce (*Lactuca sativa*) in a hydroponic system. **Journal of Agricultural Chemistry and Environment**, v. 5, n. 3, p. 113-120, 2016.

FURTADO, G. F.; CAVALCANTE, A. R.; CHAVES, L. H. G.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R. Growth and production of hydroponic pepper under salt stress and plant density. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 9, p. 2255-2267, 2017.

GARCÍA-CAPARRÓS, P.; LAO, M. T. The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 430-439, 2018.

GARCÍA-GAYTÁN, V.; TREJO-TÉLLEZ, L. I.; GÓMEZ-MERINO, F. C.; GARCÍA-MORALES, S.; TEJEDA-SARTORIUS, O.; RAMÍREZ-MARTÍNEZ, M.; DELGADILLO-MARTÍNEZ, J. Gamma radiation and osmotic potential of the nutrient solution differentially affect macronutrient concentrations, pH and EC in chilhuacle pepper fruits. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 315, n. 2, p. 145-156, 2017.

GOENKA, A. Hydroponics v/s geaponics. **International Journal of Emerging Research & Development**, v. 1, n. 5, p. 41-44, 2018.

GÓMEZ-CHABLA, R.; REAL-AVILÉS, K.; CALLE, K.; MORÁN, C.; GAVILÁNEZ, F.; ARCOS-JÁCOME, D.; CHÁVEZ, C. A monitoring system for lettuce cultivation in an NFT hydroponic system: a case study. In: VALENCIA-GARCÍA, R.; ALCARAZ-MÁRMOL, G.; CIOPPO-MORSTADT, J.; VERA-LUCIO, N.; BUCARAM-LEVERONE, M. (eds.). **Advances in Intelligent Systems and Computing**. Cham: Springer, v. 901, 2019. p. 49-58.

GONÇALVES, D. R.; JESUS, A. L.; PIRES-ZOTTARELLI, C. L. A. *Pythium* and *Phytophythium* species associated with hydroponically grown crops around the city of São Paulo, Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 41, n. 6, p. 397-405, 2016.

GONDIM FILHO, H.; SILVA, P. C. C.; SILVA, M. G.; PEREIRA, M. M.; SOARES, T. M.; AZEVEDO NETO, A. D.; VASCONCELOS, R. S.; GHEYI, H. R. Growth, production and essential oil content of basil genotypes in hydroponic conditions under salt stress. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 25, n. 1, p. 1-10, 2018.

GUIMARÃES, R. F. B.; NASCIMENTO, R.; MELO, D. F.; RAMOS, J. G.; PEREIRA, M. O.; CARDOSO, J. A. F.; LIMA, S. C. Production of hydroponic lettuce under different salt levels of nutritive solution. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 11, p. 242-252, 2017.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In: AHMAD, P.; AZOOZ, M. M.; PRASAD, M. N. V. (eds). **Ecophysiology and responses of plants under salt stress**. New York: Springer, 2013. p. 25-87.

HELMY.; NURSYAHID, A.; SETYAWAN, T. A.; HASAN, A. Nutrient film technique (NFT) hydroponic monitoring system. **Journal of Applied Information and Communication Technologies**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2016.

HERNÁNDEZ, M. A. L.; ALVAREZ-BERNAL, D.; CÁRDENAS, G. C.; ESTRADA, S. O. Improvement of saline soils with *Vicia sativa* L. from a semiarid region. **Bragantia**, v. 77, n. 3, p. 501-509, 2018.

HERRERO, B.; BLÁZQUEZ, M. E.; CRISTÓBAL, M. D. Agronomic parameters assessment in hydroponic tomato crop. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 385-390, 2014.

HUSSAIN, A.; IQBAL, K.; AZIEM, S.; MAHATO, P.; NEGI, A. K. A review on the science of growing crops without soil (soilless culture) – a novel alternative for growing crops. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 7, n. 11, p. 833-842, 2014.

IBRAHIM, M. N. R.; SOLAHUDIN, M.; WIDODO, S. Control system for nutrient solution of nutrient film technique using Fuzzy Logic. **TELKOMNIKA**, v. 13, n. 4, p. 1281-1288, 2015.

ISMAIL, A. M.; HORIE, T. Genomics, physiology, and molecular breeding approaches for improving salt tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 68, p. 405-434, 2017.

JALES, F. E. B.; CUNHA, E. M.; DINIZ FILHO, E. T.; PEREIRA, D. S.; COSTA, Y. C. S. Estudo do desenvolvimento do coentro (cv Verdão) cultivado com o húmus de minhoca vermelha da Califórnia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, n. 2, p. 34-40, 2006.

JITSUYAMA, Y. Responses of Japanese soybeans to hypoxic condition at rhizosphere were different depending upon cultivars and ambient temperatures. **American Journal of Plant Sciences**, v. 4, n. 6, p. 1297-1308, 2013.

KAUR, G.; KUMAR, A. Influence of salinity stress on germination and early seedling growth of coriander (*Coriandrum sativum* L.) cultivars. **International Journal of Scientific Research**, v. 5, n. 10, p. 564-568, 2016.

KAUR, G.; KUMAR, A. Effect of salinity stress on plant growth, chlorophyll content and carotenoids of coriander (*Coriandrum sativum* L.) cultivars. **International Journal of Current Research**, v. 9, n. 9, p. 57536-57544, 2017.

KUMAR, A.; SINGH, R.; CHHILLAR, R. K. Influence of omitting irrigation and nitrogen levels on growth, yield and water use efficiency of coriander (*Coriandrum sativum*). **Acta Agronomica Hungarica**, v. 56, n. 1, p. 69-74, 2008.

LARA, L.; EGEA-GILABERT, C.; NIÑIROLA, D.; CONESA, E.; FERNÁNDEZ, J. A. Effect of aeration of the nutrient solution on the growth and quality of purslane (*Portulaca oleracea*). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 86, n. 6, p. 603-610, 2011.

LENZI, A.; BALDI, A.; TESI, R. Growing spinach in a floating system with different volumes of aerated or non aerated nutrient solution. **Advances in Horticultural Science**, v. 25, n. 1, p. 21-25, 2011.

LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 854-866, 2014.

LIMA, J. S. S.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; FREITAS, K. K. C.; BARROS JÚNIOR, A. P. Desempenho agroeconômico 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.; MOREIRA, J. C.; PAIVA, A. C. C.; ASSIS, J. P.; SOUSA, R. P. Rendimento do coentro (*Coriandrum sativum* L.) adubado com

esterco bovino em diferentes doses e tempos de incorporação no solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 462-467, 2015.

LIRA, R. M.; SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SILVA, J. S.; BARROS, M. S.; GORDIN, L. C. Cultivo de coentro em diferentes níveis de salinidade e umidade do solo. **Revista GEAMA**, v. 2, n. 2, p. 80-94, 2015a.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 497-505, 2015b.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R.; WILLADINO, L. G. Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 13-19, 2018b.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; WILLADINO, L.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; ANDRADE, G. R. Activity of antioxidative enzymes in watercress and Chinese cabbage plants grown under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 205-210, 2018a.

LJUNGQUIST, J. **Comparison of two pilot cropping systems for vertical cultivation of lettuce**. Faculty of Landscape planning, Horticulture and Agricultural Sciences/Department of Horticulture, Alnarp. 2012. 37p.

LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L. P.; 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.

MACHADO, R. M. A.; SERRALHEIRO, R. P. Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. **Horticulturae**, v. 3, n. 30, p. 1-13, 2017.

MAIA, P. M. E. **Cultivo de hortaliças em substrato de fibra de coco sob estresse salino e aplicação foliar de ácido ascórbico**. 2017. 96p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

MANZOCCO, L.; FOSCHIA, M.; TOMASI, N.; MAIFRENI, M.; COSTA, L. D.; MARINO, M.; CORTELLAC, G.; CESCO, S. Influence of hydroponic and soil cultivation on quality and shelf life of ready-to-eat lamb's lettuce (*Valerianella locusta* L. Laterr). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 8, p. 1373-1380, 2011.

MARTÍNEZ, F.; CASTILLO, S.; BORRERO, C.; PÉREZ, S.; PALENCIA, P.; AVILÉS, M. Effect of different soilless growing systems on the biological properties of growth media in strawberry. **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 59-64, 2013.

MATTOS, K. M. C.; ANGELOCCI, L. R.; FURLANI, P. R.; NOGUEIRA, M. C. S. Temperatura do ar no interior do canal de cultivo e crescimento da alface em função do material de cobertura da mesa de cultivo hidropônico – NFT. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 253-260, 2001.

MERIEEM, B. F.; KAOUTHER, Z.; CHÉRIF, H.; TIJANI, M.; ANDRÉ, B. Effect of priming on growth, biochemical parameters and mineral composition of different cultivars of coriander (*Coriandrum sativum* L.) under salt stress. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v. 10, n. 3, p. 84-109, 2014.

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.

MONTOYA, A. P.; OBANDO, F. A.; MORALES, J. G.; VARGAS, G. Automatic aeroponic irrigation system based on Arduino's platform. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 850, p. 1-11, 2017.

MOZAFAR, A.; OERTLI, J. J. Root temperature and salinity: Interacting effects on tillering, growth, and sodium content of barley. **Plant and Soil**, v. 139, n. 1, p. 31-38, 1992.

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

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 3, p. 651-681, 2008.

MURALI, M. R.; SOUNDARIA, M.; MAHESWARI, V.; SANTHAKUMARI, P.; GOPAL, V. "Hydroponics"- a novel alternative for geponic cultivation of medicinal plants and food crops. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, v. 2, n. 2, p. 286-296, 2011.

MURPHY, M. T.; ZHANG, F.; NAKAMURA, Y. K.; Omaye, S. T. Comparison between hydroponically and conventionally and organically grown lettuces for taste, odor, visual quality and texture: a pilot study. **Food and Nutrition Sciences**, v. 2, n. 2, p. 124-127, 2011.

NALWADE, R.; MOTE, T. Smart fertigation system for hydroponics farming. **International Journal of Research Publications in Engineering and Technology**, v. 3, n. 6, p. 159-164, 2017.

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.; MARZOUK, B. Changes in essential oil and fatty acid composition in coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves under saline conditions. **Industrial Crops & Products**, v. 28, n. 2, p. 137-142, 2008.

NEFFATI, M.; MARZOUK, B. Roots volatiles and fatty acids of coriander (*Coriandrum sativum* L.) grown in saline medium. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 31, n. 3, p. 455-461, 2009.

NEFFATI, M.; MARZOUK, B. Salinity impact on growth, essential oil content and composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) stems and leaves. **Journal of Essential Oil Research**, v. 22, n. 1, p. 29-34, 2010.

NGUYEN, N. T.; McINTURF, S. A.; MENDOZA-CÓZATL, D. G. Hydroponics: a versatile system to study nutrient allocation and plant responses to nutrient availability and exposure to toxic elements. **Journal of Visualized Experiments**, v. 113, p. 1-9, 2016.

NIÑIROLA, D.; FERNÁNDEZ, J. A.; CONESA, E.; MARTÍNEZ, J. A.; EGEA-GILABERT, C. Combined effects of growth cycle and different levels of aeration in nutrient solution on productivity, quality, and shelf life of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) plants. **HortScience**, v. 49, n. 5, p. 567-573, 2014.

NXAWÉ, S.; LAUBSCHER, C. P.; NDAKIDEMI, P. A. Effect of regulated irrigation water temperature on hydroponics production of spinach (*Spinacia oleracea* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 12, p. 1442-1446, 2009.

NXAWÉ, S.; NDAKIDEMI, P. A.; LAUBSCHER, C. P. Possible effects of regulating hydroponic water temperature on plant growth, accumulation of nutrients and other metabolites. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 54, p. 9128-9134, 2010.

OKKAOĞLU, H.; SÖNMEZ, C.; ŞİMŞEK, A. O.; BAYRAM, E. Effect of salt stress on some agronomical characteristics and essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.) cultivars. **Journal of Applied Biological Sciences**, v. 9, n. 3, p. 21-24, 2015.

ORSINI, F.; FECONDINI, M.; MEZZETTI, M.; GIANQUINTO, G. Simplified hydroponic floating systems for vegetable production in Trujillo, Peru. **Acta Horticulturae**, v. 881, p. 157-162, 2010.

ORSINI, F.; MICHELON, N.; GIANQUINTO, G. P. **Simplified soilless systems for urban vegetable production**. Hortis - Horticulture in towns for inclusion and socialisation: Italy, 2018. 49p. Disponível em: <<http://www.hortis-europe.net/files/documenti/inglese/final-e-books/web-e-book-4-engl-last.pdf>>. Acesso em: 18 Jan. 2018b.

ORSINI, F.; PENNISI, G.; MANCARELLA, S.; AL NAYEF, M.; SANOUBAR, R.; NICOLA, S.; GIANQUINTO, G. Hydroponic lettuce yields are improved under salt stress by utilizing white plastic film and exogenous applications of proline. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 283-293, 2018a.

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, G. H. F.; COSTA, V. H. B.; SILVA, A. J.; CARVALHO FILHO, J. L. S. Behavior of half-sib progenies of coriander. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 5, p. 1269-1276, 2016.

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.

OLIVEIRA, N. S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SILVA, D. O.; PASTORIZA, R. J. G.; MELO, R. A.; SILVA, J. W.; MENEZES, D. Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 319-323, 2015.

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

PARKS, S.; LINDHOUT, K. **Review of pesticide residues in hydroponic lettuce**. Horticulture Australia: Sydney, 2008. 42p.

PARVAIZ, A.; SATYAWATI, S. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants - a review. **Plant, Soil and Environment**, v. 54, n. 3, p. 89-99, 2008.

PATEKOSKI, K. S.; PIRES-ZOTTARELL, C. L. A. Efeito de *Trichoderma* spp no controle de podridão de raiz causada por *Pythium aphanidermatum* e na promoção de crescimento de alface hidropônica. **Acta Scientiae Biological Research**, v. 1, n. 1, p. 59-74, 2016.

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, 2012b.

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, 2012a.

PEREIRA, M. F. S.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; MOREIRA, J. C.; GUIMARÃES, M. C. D. Desempenho agrônomo de cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) fertilizado com composto. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 235-239, 2011.

PEREIRA, M. F. S.; TORRES, S. B.; LINHARES, P. C. F. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico em sementes de coentro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 595-606, 2015.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 407p.

PULAVARTY, A.; SARANGI, B. K. Screening bamboo species for salt tolerance using growth parameters, physiological response and osmolytes accumulation as effective indicators. **Chemistry and Ecology**, v. 34, n. 4, p. 340-354, 2018.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006. 11p. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/58.pdf>. Acesso em: 19/10/2017.

PUTRA, E. S.; JAMALUDIN, J.; DJATMIKO, M. D. Comparison of hydroponic system design for rural communities in Indonesia. **Journal of Arts & Humanities**, v. 7, n. 9, p. 14-21, 2018.

QIN, L.; HE, J.; LEE, S. K.; DODD, I. C. An assessment of the role of ethylene in mediating lettuce (*Lactuca sativa*) root growth at high temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 11, p. 3017-3024, 2007.

QRUNFLEH, I. M.; AMMARI, T. G.; ABU-ROMMAN, S. 'Superior Seedless' grafted on three selected grapevine rootstocks grown on calcareous soil under diluted brackish water irrigation. I. Growth performances. **Advances in Horticultural Science**, v. 31, n. 4, p. 249-256, 2017.

RADY, M. O. A.; SEMIDA, W. M.; EL-MAGEED, T. A. A.; HEMIDA, K. A.; RADY, M. M. Up-regulation of antioxidative defense systems by glycine betaine foliar application in onion plants confer tolerance to salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 614-622, 2018.

RAJABI, M.; FETRI, M. Effect of drought and salinity stress on germination and seedling growth of coriander (*Coriandrum sativum*). **International Journal of Farming and Allied Sciences**, v. 2, n. 16, p. 510-513, 2013.

REJEB, I. B.; PASTOR, V.; MAUCH-MANI, B. Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. **Plants**, v. 3, n. 4, p. 458-475, 2014.

REZAEI, Y.; TAVAKOLI, A.; SHEKARI, F.; NIKBAKHT, J.; JUHOS, K.; ANSARI, M. Effect of salinity stress on biochemical and physiological aspects of *Brassica napus* L. cultivars. **Academia Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 8, p. 189-195, 2017.

ROBERTO, K. **How-to hydroponics**. 3rd. New York: FutureGarden Inc., 2000. 71p.

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.

SÁ, F. V. S.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; FERREIRA NETO, M.; SILVA, R. A.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; ALMEIDA, F. A.; ALVES NETO, A. Tolerance of coriander cultivars under saline stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3728-3732, 2016.

SAKAMOTO, M.; UENISHI, M.; MIYAMOTO, K.; SUZUKI, T. Effect of root-zone temperature on the growth and fruit quality of hydroponically grown strawberry plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 5, p. 122-131, 2016.

SAKAMOTO, M.; SUZUKI, T. Effect of root-zone temperature on growth and quality of hydroponically grown red leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Red Wave). **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 14, p. 2350-2360, 2015b.

SAKAMOTO, M.; SUZUKI, T. Elevated root-zone temperature modulates growth and quality of hydroponically grown carrots. **Agricultural Sciences**, v. 6, n. 8, p. 749-757, 2015a.

SALES, M. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; ELOI, W. M.; RIBEIRO, A. A.; SALES, F. A. L.; MONTEIRO, R. N. F. Germinação e crescimento inicial do coentro em substrato irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 3, p. 221-227, 2015.

SAMSUDDIN, M. F.; SAUD, H. M.; ISMAIL, M. R.; OMAR, M. H.; HABIB, S. H.; BHUIYAN, M. S. H.; KAUSAR, H. Effect of different combinations of coconut coir dust and compost on rice grown under soilless culture. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 12, n. 2, p. 1280-1283, 2014.

SANTOS, A. C.; SILVA, M. G.; BOECHAT, C. L.; CHAGAS, D. S.; MENDES, W. S. Brackish water: an option for producing hydroponic *Capsicum annuum* in laminar flows of mineral nutrients. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 1, p. 147-155, 2018.

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, J. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L.; SOARES, T. M.; CRUZ, A. M. L. Growth, water consumption and basil production in the hydroponic system under salinity. **Revista Ceres**, v. 66, n. 1, p. 45-53, 2019.

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

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; FRANCILINO, A. H.; PEREZ-MARIN, A. M. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 591-604, 2016b.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, D. B. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1152-1158, 2015.

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, 2010b.

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, 2010c.

SCHMIDT, D.; GABRIEL, V. J.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; BOSCAINI, R.; PINHEIRO, R. R.; COCCO, C. Hydroponic rocket salad growth and production according to different color profiles. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 111-118, 2017.

SETHIA, V. P.; SHARMAB, S. K. Greenhouse heating and cooling using aquifer water. **Energy**, v. 32, n. 8, p. 1414-1421, 2007.

SHRIVASTAVA, P.; KUMAR, R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 22, n. 2, p. 123-131, 2015.

SIGNORE, A.; SERIO, F.; SANTAMARIA, P. A targeted management of the nutrient solution in a soilless tomato crop according to plant needs. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-15, 2016.

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

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, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V.; OLIVEIRA, J. E.; CARDOSO, R. A. Photosynthetic and antioxidant responses of *Jatropha curcas* plants to heat stress: on the relative sensitivity of shoots and roots. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 37, n. 1, p. 255-265, 2018c.

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, 2013a.

SILVA JUNIOR, F. J. **Estratégias de uso de águas salobras no cultivo da cebolinha em hidroponia de baixo custo**. 2017. 67p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, J. M. F.; PINTO, A. A.; SANTANA, L. D.; RODRIGUES, W. A. D.; CAMARA, F. T. Produtividade do coentro verdão em função das regulagens de uma semeadora manual. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 847-854, 2016d.

SILVA, J. R. I.; JARDIM, A. L. R. F.; BARROSO NETO, J.; LEITE, M. L. M. V.; TEIXEIRA, V. I. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 11, n. 3, p. 127-139, 2018e.

SILVA, J. S.; PAZ, V. P. S.; SOARES, T. M.; ALMEIDA, W. F.; FERNANDES, J. P. Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 947-962, 2018d.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. O.; PINHO, J. S. Uso de águas salobras no cultivo hidropônico de coentro sob intervalos de recirculação da solução nutritiva. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSal/INSTITUTO FUTURE, 2017b.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. O.; PINHO, J. S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 547-552, 2018b.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; FREITAS, F. T. O.; RAFAEL, M. R. S.. Consumo hídrico do coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSal/INSTITUTO FUTURE, 2017a.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A. Crescimento e produção de coentro hidropônico sob diferentes densidades de semeadura e diâmetros dos canais de cultivo. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 312-326, 2016a.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A.; CARMO, F. F. Frequency of recirculation of the nutrient solution in the hydroponic

cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 447-454, 2016b.

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

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; VASCONCELOS, R. S.; COSTA, I. P.; GHEYI, H. R.; ALVES, L. S. Monitoramento de elementos meteorológicos e temperatura da solução nutritiva hidropônica em ambiente protegido com uso do Arduino. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSal/INSTITUTO FUTURE, 2017c.

SILVA, S.; NASCIMENTO, R.; OLIVEIRA, H.; CARDOSO, J. A. F.; XAVIER, D. A.; SILVA, S. S. Levels of nitrate, pigments and thermographic analysis of lettuce under different temperatures of nutrient solution. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 19, p. 1668-1673, 2016c.

SILVA, V. P. R.; SOUSA, I. F.; TAVARES, A. L.; SILVA, T. G. F.; SILVA, B. B.; HOLANDA, R. M.; BRITO, J. I. B.; BRAGA, C. C.; SOUZA, E. P.; SILVA, M. T. Evapotranspiration, crop coefficient and water use efficiency of coriander grown in tropical environment. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 446-452, 2018a.

SILVA, V. P. R.; TAVARES, A. L.; SOUSA, I. F. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo simples e dual do coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 255-259, 2013b.

SOARES, H. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M.; SILVA, G. F. Water and physiological relationships of lettuce cultivated in hydroponics with brackish waters. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 216-222, 2019.

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; LIRA, R. M.; BEZERRA, R. R. Mineral nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 656-664, 2016.

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

SOARES, T. M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como 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.; 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, A. G.; CHALFUN, N. N. J.; FAQUIN, V.; SOUZA, A. A. Production of peach grafts under hydroponic conditions. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 322-326, 2011.

SOUZA, D. G.; REZENDE, E. P. L.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A. A.; RAFAEL, M. R. S.; SILVA, M. G. Produção hidropônica de cebolinha com água salobra e diferentes frequências de irrigação. In: XI Encontro Brasileiro de Hidroponia e III Simpósio Brasileiro de Hidroponia, 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: LabHidro/UFSC, 2016. p. 68-72.

SOUZA, F. G.; FURTADO, G. F.; CAVALCANTE, A. R.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; SANTOS JÚNIOR, J. A. Growth of pepper under different concentration of the solutions used in the hydroponic system. **Agricultural Sciences**, v. 9, n. 8, p. 925-935, 2018b.

SOUZA, R. N.; PAZ, V. P. S.; GONÇALVES, K. S.; SOARES, T. M.; AZEVEDO NETO, A. D.; GHEYI, H. R. Treated domestic effluents: An option for cultivation of ornamental sunflower in a hydroponic system. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 24, n. 6, p. 1-11, 2018a.

STEIDLE NETO, A. J.; ZOLNIER, S.; MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A.; MARTINEZ, H. E. P. Avaliação de um circuito eletrônico para medição da condutividade elétrica de soluções nutritivas. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 427-435, 2005.

STORY, D.; KACIRA, M.; KUBOTA, C.; AKOGLU, A.; AN, L. Lettuce calcium deficiency detection with machine vision computed plant features in controlled environments. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 74, n. 2, p. 238-243, 2010.

SUTHAR, J.; RAJPAR, I.; GANJEGUNTE, G. K.; SHAH, ZIA-UL-HASSAN. Evaluation of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes performance under different irrigation water salinity levels: Growth parameters and seed yield. **Industrial Crops & Products**, v. 123, p. 247-253, 2018a.

SUTHAR, J.; RAJPAR, I.; GANJEGUNTE, G. K.; ZIA-UL-HASSAN. Comparative study of early growth stages of 25 guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under elevated salinity. **Industrial Crops & Products**, v. 123, p. 164-172, 2018b.

SZARESKI, V. J.; CARVALHO, I. R.; ROSA, T. C.; DELLAGOSTIN, S. M.; PELEGRIN, A. J.; BARBOSA, M. H.; SANTOS, O. P.; MURARO, D. S.; SOUZA, V. Q.; PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; PEGORARO, C. *Oryza* wild species: an alternative for rice breeding under abiotic stress conditions. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 6, p. 1093-1104, 2018.

TABATABAEI, S.; EHSANZADEH, P. Comparative response of a hulled and a free-threshing tetraploid wheat to plant growth promoting bacteria and saline irrigation water. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, n. 1, p. 1-17, 2016.

TARCHOUNE, I.; DEGL'INNOCENTI, E.; KADDOUR, R.; GUIDI, L.; LACHAÂL, M.; NAVARI-IZZO, F.; OUERGHI, Z. Effects of NaCl or Na₂SO₄ salinity on plant growth, ion content and photosynthetic activity in *Ocimum basilicum* L. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 34, n. 2, p. 607-615, 2012.

TAVARES, A. L. **Fenometria, produtividade e necessidades hídricas das culturas da alface e do coentro em clima tropical**. 2016. 80p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

TAZUKE, A.; KINOSHITA, T. The effects of NaCl salinity and solution temperature on the leaf wilting of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plantlets grown hydroponically. **Environmental Control in Biology**, v. 51, n. 4, p. 201-206, 2013.

TREFTZ, C.; ZHANG, F.; OMAE, S. T. Comparison between hydroponic and soil-grown strawberries: sensory attributes and correlations with nutrient content. **Food and Nutrition Sciences**, v. 6, n. 15, p. 1371-1380, 2015.

ULLAH, M. A.; RASHEED, M.; MAHMOOD, I. A. Salt tolerance of coriander (*Coriandrum sativum*) as medicinal plant under integrated salinity and sodicity conditions. **Academia Journal of Medicinal Plants**, v. 6, n. 10, p. 342-346, 2018.

van OS, E. A.; GIELING, T. H.; LIETH, J. H. Technical equipment in soilless production systems. In: RAVIV, M.; LIETH, J. H. (eds.). **Soilless culture: Theory and practice**. London: Elsevier, 2008. p. 157-207.

VILLELA JÚNIOR, L. V. E.; ARAÚJO, J. A. C.; FACTOR, T. L. Análise do resfriamento da solução nutritiva para cultivo hidropônico do morangueiro. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 338-346, 2004.

VIMOLMANGKANG, S.; SITTHITHAWORN, W.; VANNAVANICH, D.; KEATTIKUNPAIROJ, S.; CHITTASUPHO, C. Productivity and quality of volatile oil extracted from *Mentha spicata* and *M. arvensis* var. *piperascens* grown by a hydroponic system using the deep flow technique. **Journal of Natural Medicines**, v. 64, n. 1, p. 31-35, 2010.

WAHOME, P. K.; OSENI, T. O.; MASARIRAMBI, M. T.; SHONGWE, V. D. Effects of different hydroponics systems and growing media on the vegetative growth, yield and cut flower quality of gypsophila (*Gypsophila paniculata* L.). **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, n. 6, p. 692-698, 2011.

WATANABE, H.; KAGEYAMA, K.; TAGUCHI, Y.; HORINOUCI, H.; HYAKUMACHI, M. Bait method to detect *Pythium* species that grow at high temperatures in

hydroponic solutions. **Journal of General Plant Pathology**, v. 74, n. 6, p. 417-424, 2008.

WATTANAPREECHANON, E.; SUKPRASERT, P. Development of soilless culture for crop production in Thailand. **Kasetsart Journal of Social Sciences**, v. 33, n. 3, p. 475-485, 2012.

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

ZAMORA, V. R. O. **Gotejamento por pulsos sob cinco lâminas de fertirrigação na produtividade da cultura do coentro**. 2018. 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

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.

ZRIBI, O. T.; HESSINI, K.; TRABELSI, N.; ZRIBI, F.; HAMDY, A.; KSOURI, R.; ABDELLY, C. *Aeluropus littoralis* maintains adequate gas exchange, pigment composition and phenolic contents under combined effects of salinity and phosphorus deficiency. **Australian Journal of Botany**, v. 65, n. 5, p. 453-462, 2017.

ZRIG, A.; BEN MOHAMED, H.; TOUNEKT, T.; KHEMIRA, H.; SERRANO, M.; VALERO, D.; VADEL, A. M. Effect of rootstock on salinity tolerance of sweet almond (cv. Mazzetto). **South African Journal of Botany**, v. 102, p. 50-59, 2016.

CAPÍTULO 1

PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DO COENTRO SOB DIFERENTES INTERVALOS DE RECIRCULAÇÃO E LÂMINAS DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DO COENTRO SOB DIFERENTES INTERVALOS DE RECIRCULAÇÃO E LÂMINAS DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO: Nas regiões áridas e semiáridas a água é um recurso cada vez mais escasso. Diante dessa irregularidade na oferta hídrica, o cultivo hidropônico tem sido apontado como técnica mitigadora para essa realidade, pois demanda menor volume de água em comparação ao plantio convencional. Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o cultivo do coentro em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução nutritiva e intervalos de recirculações. Para isso, foram conduzidos dois experimentos em sistema hidropônico DFT (técnica do fluxo profundo) em tubos de PVC, entre maio e junho de 2016 (outono) e outro entre março e abril de 2017 (verão-outono). Utilizou-se um esquema fatorial 2 x 3 x 2 em parcelas subdivididas: duas lâminas de solução nutritiva (0,02 e 0,03 m) e três intervalos de recirculação da solução nutritiva (0,25; 12 e 24 h), com duas cultivares de coentro ('Tabocas' e 'Verdão') nas subparcelas, cultivadas no mesmo canal hidropônico. Avaliaram-se a altura de planta, massas de matéria fresca e seca da parte aérea, consumo hídrico, eficiência do uso de água e o aspecto visual da qualidade do coentro. O coentro cv. 'Verdão' mostrou-se mais tolerante às condições climáticas de outono e verão-outono, sobretudo, quando as plantas foram cultivadas em canais com lâmina de 0,02 m e soluções recirculadas a cada 0,25 h, com maior crescimento e produção. Sob os intervalos de 12 e 24 h houve reduções nas variáveis avaliadas, no entanto, essas reduções foram mais drásticas no experimento de verão-outono, afetando nesse caso a qualidade das plantas, principalmente da cv. 'Tabocas'. Foi viável o cultivo do coentro no sistema DFT em tubos, mesmo em locais com inconsistências no fornecimento de energia elétrica.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L.; Cultivo sem solo; Oxigênio dissolvido; Recursos hídricos

HYDROPONIC PRODUCTION OF CORIANDER WITH DIFFERENT RECIRCULATION INTERVALS AND NUTRIENT SOLUTION DEPTHS

ABSTRACT: Water is an increasingly scarce resource in arid and semiarid regions. The irregular precipitation makes hydroponics a recommended technique for these regions, since it demands less water compared to conventional cropping systems. Thus, the study aimed was to evaluate the cultivation of the coriander in hydroponic channels with different nutrient solution depths and recirculation intervals. For this, two experiments, one from May to June 2016 (autumn) and other from March to April 2017 (summer-autumn), were conducted in a hydroponic system in PVC pipes, using the Deep Flow Technique (DFT). A 2 x 3 x 2 factorial arrangement in split-plot was used, which consisted of two nutrient solution depths (0.02 and 0.03 m) and three recirculation intervals of the nutrient solution (0.25, 12 and 24 h), with two coriander cultivars ('Tabocas' and 'Verdão') in the sub-plots, which were cultivated in the same hydroponic channel. Plant height, shoot fresh and dry matters, water consumption, water use efficiency, and visual quality of the coriander plants were evaluated. The coriander cv. 'Verdão' was more tolerant to climatic variations, especially when plants were cultivated in channels with nutrient solution depth of 0.02 m, and recirculation of the nutrient solution every 0.25 h, presenting higher growth and production. The recirculation intervals of the nutrient solution of 12 and 24 h had a negative effect on the variables evaluated. However, this effect was more significant in the summer-autumn experiment, affecting the quality of the plants evaluated, especially those of the cv. 'Tabocas'. It was viable the cultivation of the coriander in the DFT system in PVC pipes, same in sites with inconsistency in the electricity supply.

Key-words: *Coriandrum sativum* L.; Soilless cultivation; Dissolved oxygen; Water resources

1. INTRODUÇÃO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é um dos temperos/condimentos que ocupam uma posição de destaque em todo o mundo, adicionando sabor e aroma em vários alimentos (RASHED & DARWESH, 2015; YEGANEHPOOR et al., 2017). Além do uso na culinária, o coentro é utilizado nas indústrias alimentícias e farmacêuticas devido às suas propriedades medicinais (SZEMPLIŃSKI et al., 2018; UITTERHAEGEN et al., 2018).

No Brasil, mais especificamente na região Nordeste, o coentro é cultivado por pequenos e médios produtores, especialmente para a produção de massa verde. Com a baixa disponibilidade de água nessa região, no sistema convencional de cultivo um dos obstáculos é manter a qualidade e a produtividade do coentro sem afetar a renda familiar.

Para mitigar a problemática da escassez hídrica, o cultivo hidropônico tem sido apontado como solução condizente a essa realidade, pois é demandado um menor volume de água em comparação ao plantio convencional. Quando o cultivo é realizado em ambiente protegido, reduzem-se os efeitos das intempéries, o que assegura a qualidade e regularidade da produção durante o ano todo.

Em condições hidropônicas vários estudos foram conduzidos com coentro, no sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) (LUZ et al., 2012; CAZUZA NETO et al., 2014ab; SILVA et al., 2015a; SILVA et al., 2017; SOARES et al., 2017), no sistema DFT (técnica do fluxo profundo) convencional (KULKARNI et al., 2016) e adaptado em tubos de PVC (SANTOS JÚNIOR et al., 2015; CAVALCANTE et al., 2016; SILVA et al., 2016ab; SILVA et al., 2018a) e em substrato (DONEGA et al., 2013; REBOUÇAS et al., 2013; VASCONCELOS et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2016; MAIA, 2017).

No sistema DFT, as raízes permanecem submersas na solução nutritiva. Por causa dessa vantagem é possível aumentar os intervalos entre recirculações em relação ao sistema NFT, cujo intervalo de recirculação é normalmente de 0,25 h. No estudo de Silva et al. (2016a) com o coentro cv. 'Verdão' cultivado em canais com lâmina de solução de 0,045 m, o rendimento de massa fresca não diferenciou

estatisticamente sob intervalo de recirculação da solução de 8 h quando comparado com o intervalo de 0,25 h. No estudo de Santos Júnior et al. (2015), a qualidade das plantas de coentro cv. 'Tabocas' não foi afetada quando a solução foi recirculada nos canais hidropônicos (com lâmina de 0,04 m) apenas duas vezes por dia.

Em tais estudos no sistema DFT adaptado em tubos existem várias lacunas, como a lâmina de solução a ser utilizada, principalmente quando a solução é recirculada poucas vezes ao longo do dia (SILVA et al., 2016a). Nessas condições de cultivo as soluções ficam estáticas durante o intervalo de recirculação, causando aumento na temperatura das mesmas e, por conseguinte, limitação do oxigênio para as raízes das plantas (LÓPEZ-POZOS et al., 2011; IKEURA et al., 2018).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento, a produção, o consumo hídrico, a eficiência do uso da água e a qualidade do coentro cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução nutritiva e intervalos de recirculações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização do local do estudo

Dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação (7,0 m de largura, 24 m de comprimento e orientação Leste-Oeste), nos meses de maio e junho de 2016 (outono) e março e abril de 2017 (verão-outono), no Núcleo de Engenharia de Água e Solo/NEAS, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, em Cruz das Almas, Bahia (12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude de 220 m).

No interior da casa de vegetação obtiveram-se valores de temperatura e umidade relativa do ar, por meio de sensor termohigrômetro modelo HMP45C (Vaisala, Inc.; Helsinki, Finland) conectado a um datalogger modelo CR 1000 (Campbell Scientific, Inc.; Logan, Utah, USA), com médias armazenadas a cada 30 min. No experimento de outono de 2016, dos 8 aos 25 dias após o transplântio (DAT) as temperaturas do ar oscilaram entre a mínima de 18,5 °C e a máxima de 35,2 °C, com média de 24,4 °C (Figura 1A). Para a umidade relativa do ar, os valores oscilaram entre 40,2 e 95,5%, com média de 79,3% (Figura 1C). No experimento de verão-outono de 2017, dos 5 aos 15 DAT as temperaturas do ar

oscilaram entre 21,3 e 33,6 °C, com média de 25,8 °C (Figura 1B) e umidade relativa do ar entre 45,0 e 96,1%, com média de 80,5% (Figura 1D).

Externamente à casa de vegetação, foram obtidos dados climáticos a partir do endereço eletrônico (<http://www.inmet.gov.br/portal/>). No outono as temperaturas médias variaram entre 20,1 e 25,6 °C, as mínimas entre 18,5 e 22,2 °C e as máximas entre 20,7 e 31,8 °C; para umidade relativa, as médias foram entre 73,0 e 92,4%, as mínimas entre 39,0 e 89,0% e as máximas entre 90,0 e 96,0%. No verão-outono, as temperaturas médias variaram entre 23,2 e 27,3 °C, as mínimas entre 20,6 e 23,4 °C e as máximas entre 28,4 e 34,6 °C. Para umidade relativa, as médias foram entre 69,5 e 88,9%, as mínimas entre 34,0 e 64,0% e as máximas entre 90,0 e 96,0%.

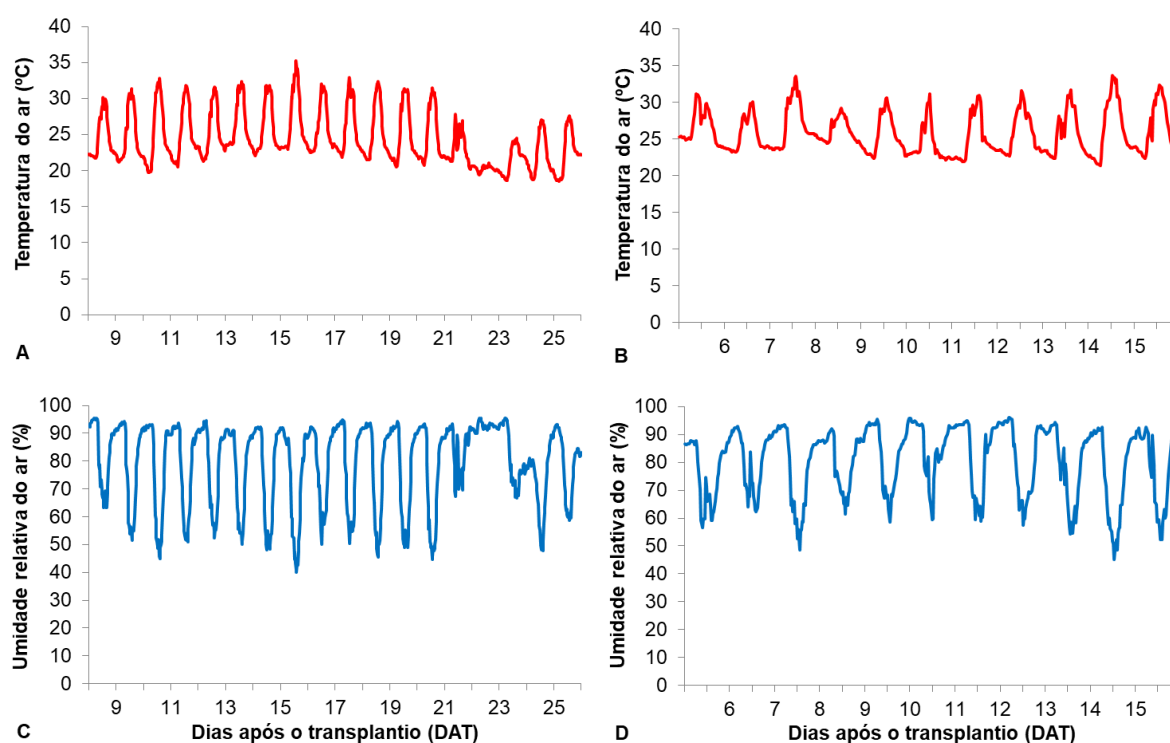


Figura 1. Dados instantâneos de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa da vegetação, nos experimentos de outono (A e C) e verão-outono (B e D).

2.2. Delineamento experimental e tratamentos

No experimento de outono de 2016 os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado e no experimento de verão-outono de 2017 em blocos casualizados, com quatro e cinco repetições, respectivamente. Utilizou-se

um esquema fatorial $2 \times 3 \times 2$ em parcelas subdivididas: duas lâminas de solução nutritiva (0,02 e 0,03 m) e três intervalos de recirculação da solução nutritiva (0,25; 12 e 24 h), com duas cultivares de coentro ('Tabocas' e 'Verdão') nas subparcelas, cultivadas no mesmo canal hidropônico.

O intervalo de 0,25 h constituiu da seguinte programação: das 06:00 h da manhã às 18:00 h da noite o sistema ficou ligado e desligado alternadamente em intervalos de 0,25 h. No restante da noite a recirculação da solução foi a cada 2 h, ficando ligado por 0,25 h. No segundo e terceiro intervalo, a recirculação foi realizada a cada 12 e 24 h, respectivamente.

2.3. Estrutura experimental

Utilizou-se o sistema hidropônico DFT em tubos circulares, similar ao adotado em outros estudos (SILVA et al., 2016ab; 2018a; GONDIM FILHO et al., 2018). Em cada bancada de cultivo foram dispostos três canais espaçados em 0,30 m. Os canais de cultivo (de PVC de 0,075 m de diâmetro) foram de 6 m de comprimento, com orifícios circulares de 0,05 m de diâmetro, espaçados entre si em 0,25 m (Figura 2). Em cada tubo foram acoplados tampões nas extremidades, de modo a manter as lâminas de solução nutritiva de 0,02 ou 0,03 m. Para manter os níveis de solução nos tubos, além de mantê-los em declividade nula, na saída de um dos tampões (lado oposto ao da entrada da solução no canal de cultivo) foi inserido um conector, e neste foi conectada uma mangueira para derivar o excesso de solução para o reservatório (Figura 3).



Figura 2. Estrutura experimental, experimento de verão-outono.

Cada parcela foi representada por um canal hidropônico independente, sendo composta também por um reservatório de plástico para armazenamento da solução nutritiva, dotado de uma torneira-boia que mantinha o volume de solução de 50 L e uma eletrobomba para recalcar a solução para o canal (Figura 3). O sistema de recalque de solução consistiu de tubulações de PVC de 0,02 m, que saía da eletrobomba até a extremidade da bancada, prolongando-se até a altura do canal para derivar a solução, colocando-se nesse ponto um “tampão” com um furo, no qual foi inserido um microtubo como injetor (Figura 2).

Também foi acoplado um sistema de abastecimento individualizado para cada parcela, responsável pela reposição de água consumida pelas plantas. Esse abastecedor foi construído com tubulação de PVC de 0,15 m de diâmetro, com capacidade para 15 L, dotado de uma régua graduada fixada junto a uma mangueira transparente instalada no sentido vertical para realizar a leitura do nível de água no abastecedor. O mesmo foi interligado ao reservatório com solução por meio de mangueira, na qual se conectou um registro que permanecia fechado (Figura 3).

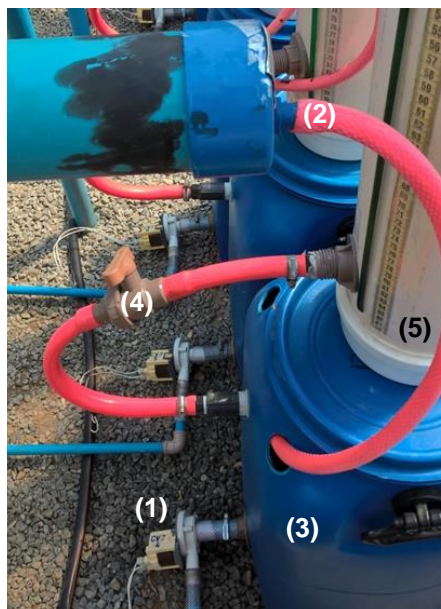


Figura 3. Componentes de cada unidade experimental: (1) eletrobomba para recalcar a solução nutritiva até o canal de cultivo; (2) dreno para retorno da solução excedente no canal para o reservatório (3); registro para controlar o fluxo de água (4) do reservatório de abastecimento (5) para o reservatório com solução.

2.4. Condução da cultura

Em 13 de maio de 2016 (no outono) e 14 de março de 2017 (no verão-outono), sementes de coentro ('Tabocas' e 'Verdão') foram semeadas em copos plásticos (80 mL) contendo substrato de fibra de coco, depositando-se 15 sementes em cada copo. Realizam-se cortes no fundo dos copos para passagem do sistema radicular. Até o transplântio as plântulas foram irrigadas com água do abastecimento local, com condutividades elétricas (CEa) de 0,30 e 0,41 dS m⁻¹, nos experimentos de outono e verão-outono, respectivamente.

As plântulas de coentro foram transplantadas para os canais hidropônicos aos 10 dias após a semeadura, quando os tratamentos foram iniciados. Antes do transplântio, realizou-se o desbaste, deixando 12 plântulas por copo (recipiente de cultivo), segundo recomendações de Silva et al. (2016b). Em cada canal hidropônico foram distribuídos 20 maços de coentro (10 de cada cultivar).

2.5. Preparo das soluções nutritivas e manejo dos experimentos

O preparo das soluções nutritivas foi realizado com água do abastecimento local, empregando-se a formulação de nutrientes de Furlani et al. (1999) para hortaliças folhosas. As quantidades de sais nutrientes para o preparo de 1000 L foram de: 750 g de nitrato de cálcio, 500 g de nitrato de potássio, 150 g de fosfato monoamônico, 400 g de sulfato de magnésio, 0,15 g de sulfato de cobre, 0,5 g de sulfato de zinco, 1,5 g de sulfato de manganês, 1,5 g de ácido bórico, 0,15 g de molibdato de sódio e 30 g de ferro (FeEDDHMA 6%). Após a adição dos nutrientes nas águas, os valores das condutividades elétricas das soluções (CESol) foram de 2,27 e 2,37 dS m⁻¹ e pH de 5,7 e 5,8, nos experimentos de outono e verão-outono.

Ao longo dos experimentos os valores de CESol e pH das soluções foram medidos nos canais hidropônicos, utilizando-se um medidor portátil de condutividade e de pH com resoluções de 0,01 dS m⁻¹ e 0,01, respectivamente, e com compensação automática de temperatura, modelo HI98129 (Hanna Instruments Inc.; Woonsocket, Rhode Island, USA). Ao longo dos experimentos, em geral, os valores de pH não sofreram grandes alterações em função dos tratamentos, com oscilações entre 5,4 e 6,5 (no outono) e entre 5,8 e 6,5 (no verão-outono), não sendo realizada qualquer tipo de correção. No final dos experimentos, os valores de CESol oscilaram entre 1,81 e 1,90 dS m⁻¹ (no outono) e entre 1,73 e 2,00 dS m⁻¹ (no verão-outono).

Diariamente, para quantificar o consumo hídrico, no momento prefixado da leitura, o registro do reservatório com água era aberto, conforme descrito no subitem 2.3, proporcionando a saída de água para o reservatório de solução, permitindo-se assim a manutenção do volume de 50 L.

2.6. Variáveis avaliadas

2.6.1. Análise de sintomas visuais

Periodicamente, monitorou-se o surgimento de sintomas deletérios que pudessem comprometer a comercialização do coentro. O foco do monitoramento foi identificar sintomas relacionados à deficiência nutricional, além de danos provocados pelo ataque de pragas ou desenvolvimento de fitopatologias.

2.6.2. Concentrações de oxigênio dissolvido nas soluções

Apenas no experimento de verão-outono, aos 6, 11, 14, 17, 19 e 24 DAT realizaram-se medições das concentrações de oxigênio dissolvido (OD) das soluções nutritivas nos canais hidropônicos pela manhã (a partir das 08 h) e pela tarde (a partir das 14 h), com auxílio um oxímetro portátil com resolução de 0,01 mg L⁻¹ e compensação automática da temperatura, modelo HI98193 (Hanna Instruments Inc.; Woonsocket, Rhode Island, EUA). Nesse caso, adotando-se o esquema de parcelas subdivididas no tempo na análise estatística.

2.6.3. Temperaturas das soluções nutritivas

Em dois estádios de crescimento das plantas de coentro (aos 10 e 15 DAT), as temperaturas das soluções nutritivas foram monitoradas continuamente (durante o período de 24 h) nos canais hidropônicos, com o uso de termopares (tipo J, ferro-constantan). Apenas um termopar foi colocado por canal hidropônico de cada tratamento. Os termopares foram conectados a um datalogger conforme descrito no subitem 2.1, com médias armazenadas a cada 1 hora.

2.6.4. Crescimento e produção do coentro

Em cada experimento foram realizadas avaliações aos 20 e 25 DAT, colhendo-se cinco maços de plantas de coentro de cada cultivar por canal hidropônico. Determinaram-se: a altura de planta (AP) e a massa de matéria fresca da parte

aérea do maço de plantas ($M_{FPA_{maço}}$), sendo um maço representado por todas as plantas contidas no copo. Imediatamente após a pesagem das plantas, o material fresco foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa de circulação forçada, à temperatura de 65 °C até atingir massa constante, para se quantificar a massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas ($M_{SPA_{maço}}$). As medidas de AP foram obtidas com auxílio de uma fita métrica, a partir do nível do substrato até a extremidade das folhas mais altas.

2.6.5. Consumo hídrico e eficiência do uso de água do coentro

Calculou-se o consumo hídrico (CH) por maço de coentro (conjuntamente para as duas cultivares) baseado no volume consumido na parcela dividido pelo número de maços de plantas na mesma, conforme Equação 1. O CH foi calculado para os primeiros 20 dias (1-20 DAT) e o acumulado para todo o ciclo de cultivo (1-25 DAT). Determinou-se ainda a eficiência de uso da água (EUA), a partir da relação da produção ($M_{FPA_{maço}}$ ou $M_{SPA_{maço}}$) e o CH acumulado por maço de plantas ($EUA = \text{produção}/CH$). Foi considerada a produção média para as duas cultivares.

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

em que:

V_{ETC} é o volume evapotranspirado, L maço⁻¹ dia⁻¹;

L_f e L_i são as leituras final e inicial do nível da água no reservatório de abastecimento, m;

D é o diâmetro interno do reservatório de abastecimento, m;

ΔT é o intervalo de tempo entre as leituras, dias;

n é o número de maços de plantas no canal de cultivo.

2.7. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância mediante o teste F, separadamente por experimento. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de sintomas visuais

Em geral, no experimento de outono, visualmente, as plantas das cultivares de coentro não foram afetadas pelos tratamentos, sendo consideradas como comercializáveis. Apesar do menor volume de raízes das plantas produzidas sob os intervalos de recirculações de 12 e 24 h em relação ao tratamento testemunha (0,25 h), não se verificaram quaisquer tipos de sintomas na parte aérea (Figuras 4A e 4B). Esses resultados corroboram os de Silva et al. (2016ab; 2018a), os quais reportaram que a qualidade visual das plantas de coentro cv. 'Verdão' cultivadas em canais com lâmina de 0,045 m não foi afetada pelos intervalos de recirculações das soluções de 8 e/ou 2 h, respectivamente.



Figura 4. Aspecto visual do coentro cv. 'Tabocas' (T) e cv. 'Verdão' (V) cultivado em canais de cultivo sob lâminas de 0,02 m (A) e 0,03 m (B) e diferentes intervalos de recirculações da solução nutritiva aos 25 dias após o transplântio (DAT), no experimento de outono.

No experimento de verão-outono, apesar da baixa produção de matéria fresca da cv. 'Verdão', principalmente quando cultivada nos canais com lâmina de 0,03 m

sob os intervalos de 12 e 24 h, a qualidade das plantas não foi afetada. Já para cv. 'Tabocas', quando submetida aos intervalos de 12 e 24 h, seja quando cultivada nos canais com lâminas de 0,02 m (Figura 5A) e/ou 0,03 m (Figura 5B), as plantas não apresentaram características para comercialização da parte aérea (folhas amareladas), com raízes pouco desenvolvidas e de coloração escura.



Figura 5. Aspecto visual do coentro cv. 'Tabocas' (T) e cv. 'Verdão' (V) cultivado em canais de cultivo sob lâminas de 0,02 m (A) e 0,03 m (B) e diferentes intervalos de recirculações da solução nutritiva aos 25 dias após o transplantio (DAT), no experimento de verão-outono.

Tais sintomas nas raízes foram relacionados aos baixos níveis de oxigênio dissolvido na solução nutritiva, como reportado por vários autores (BONACHELA et al., 2005; 2010; SUYANTOHADI et al., 2010; LEE et al., 2014; BLOK et al., 2017), agravando-se ainda mais quando as plantas foram cultivadas nos canais de cultivo com lâmina de 0,03 m (Figura 6), quando as temperaturas foram mais elevadas

(Figura 7). Sob elevadas temperaturas e baixos níveis de OD na solução, aumenta o risco de doenças como a podridão radicular por *Pythium* (HOLTMAN et al., 2005; PAPADOPOULOS et al., 2012).

3.2. Oxigênio dissolvido (OD) e temperaturas das soluções nutritivas

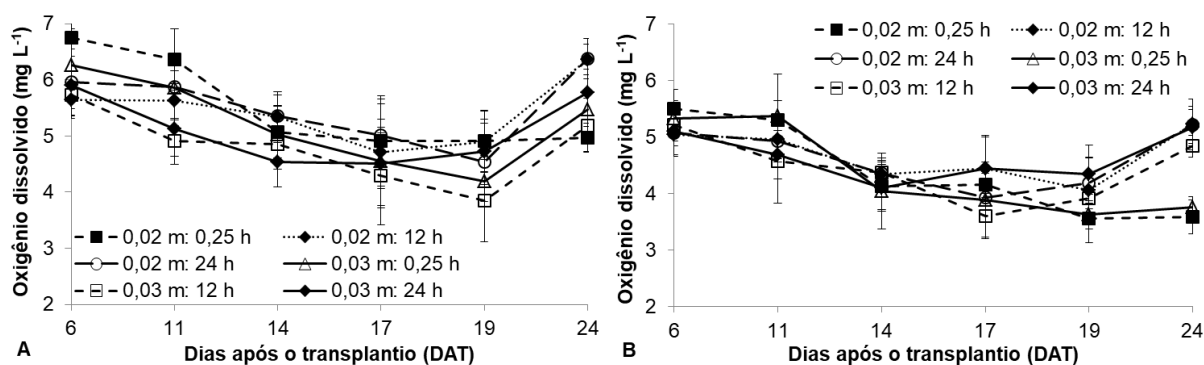
Houve efeito significativo dos intervalos de recirculações sobre as concentrações de OD aos 6, 11 e 24 DAT (Tabela 1). Aos 11, 14 e 24 DAT as concentrações de OD foram influenciadas significativamente pelas lâminas de solução nos canais hidropônicos. Em todos os períodos avaliados houve efeito significativo sobre o OD em função dos horários de medições. Para as interações dos fatores em estudo houve efeito significativo entre os intervalos e as lâminas aos 24 DAT, entre os intervalos e os horários de medições aos 6, 17, 19 e 24 DAT, entre as lâminas e os horários de medições, com exceção dos 6 DAT, entre os intervalos, lâminas e os horários de medições aos 17, 19 e 24 DAT.

Tabela 1. Resumo das análises de variância para as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) nos canais de cultivo com o coentro sob diferentes lâminas de soluções, intervalos de recirculações e horários de medições, em diferentes períodos no experimento de verão-outono.

FV	GL	Quadrados médios					
		Dias após o transplântio (DAT)					
		6	11	14	17	19	24
Blocos	4	0,234 ^{ns}	0,124 ^{ns}	0,439 ^{ns}	1,213 ^{ns}	0,361 ^{ns}	0,190 ^{ns}
IRSN	2	1,752 ^{**}	2,785 ^{**}	0,145 ^{ns}	0,227 ^{ns}	0,733 ^{ns}	7,964 ^{**}
LSN	1	0,078 ^{ns}	2,671 [*]	1,184 [*]	1,451 ^{ns}	0,942 ^{ns}	0,993 [*]
IRSN x LSN	2	0,277 ^{ns}	0,158 ^{ns}	0,293 ^{ns}	0,510 ^{ns}	0,773 ^{ns}	1,567 ^{**}
Erro (a)	24	0,262	0,354	0,256	0,577	0,412	0,127
Horário (H)	1	10,534 ^{**}	6,640 ^{**}	9,866 ^{**}	5,310 [*]	4,977 ^{**}	17,024 ^{**}
Erro (b)	4	0,311	0,312	0,056	0,281	0,172	0,207
IRSN x H	2	0,357 [*]	0,101 ^{ns}	0,091 ^{ns}	0,067 ^{**}	0,574 ^{**}	0,927 ^{**}
LSN x H	1	0,106 ^{ns}	0,826 ^{**}	0,432 ^{**}	0,198 ^{**}	1,148 ^{**}	0,420 ^{**}
IRSN x LSN x H	2	0,022 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,140 ^{ns}	0,679 ^{**}	0,324 [*]	0,436 ^{**}
Erro(c)	16	0,092	0,094	0,040	0,008	0,084	0,041
CVa (%)		9,11	11,23	10,94	17,39	15,17	6,91
CVb (%)		9,93	10,54	5,12	12,13	9,81	8,82
CVc (%)		5,40	5,80	4,33	2,02	6,87	3,93

FV - Fonte de variação. GL - grau de liberdade. IRSN - intervalo de recirculação da solução nutritiva. LSN - lâmina de solução nutritiva no canal hidropônico. **, * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns - não significativo.

De maneira geral, no horário da manhã verificaram-se as maiores médias das concentrações de OD (Figura 6A) em relação ao horário da tarde (Figura 6B). Tal comportamento se explica pelas menores temperaturas das soluções nesse horário. A disponibilidade de oxigênio para as raízes das plantas se altera em função das temperaturas, diminuindo à medida que estas aumentam (QIN et al., 2007; SAKAMOTO et al., 2016).



As barras verticais representam os desvios-padrão.

Figura 6. Concentrações de oxigênio dissolvido nas soluções nutritivas no cultivo do coentro sob diferentes lâminas de solução nutritiva nos canais hidropônicos e diferentes intervalos de recirculação nos horários da manhã (A) e tarde (B), no experimento de verão-outono.

As concentrações de OD reduziram gradativamente até aos 19 DAT, tanto pela manhã (Figura 6A) como pela tarde (Figura 6B), seguido de aumento nas medições realizadas aos 24 DAT. Esse aumento nos valores de OD é explicado pela redução no número de maços de plantas no canal hidropônico (aos 20 DAT foram colhidos 10 maços), diminuindo assim, a quantidade de plantas competindo pelo oxigênio. Nos estudos de Kiferle et al. (2012) e Niñirola et al. (2014) os níveis mais baixos de OD foram verificados no final do ciclo de cultivo, isso como consequência do aumento do volume de raízes ativas, e, portanto, ocorreu maior demanda de oxigênio (MOBINI et al., 2015).

Conforme os efeitos dos fatores isolados ou das interações, aos 6 DAT as maiores concentrações de OD foram registradas sob o intervalo de recirculação de 0,25 h no horário da manhã, com média de aproximadamente 6,5 mg L⁻¹. Nas demais condições de cultivo, os valores foram inferiores a 6,0 mg L⁻¹ (Figura 6A). Ao

longo do experimento, as maiores reduções nas concentrações de OD foram sob o intervalo de 0,25 h, sendo mais drásticas no horário da tarde, independente das lâminas nos canais de cultivo, com valores menores que $4,0 \text{ mg L}^{-1}$ aos 24 DAT (Figura 6B).

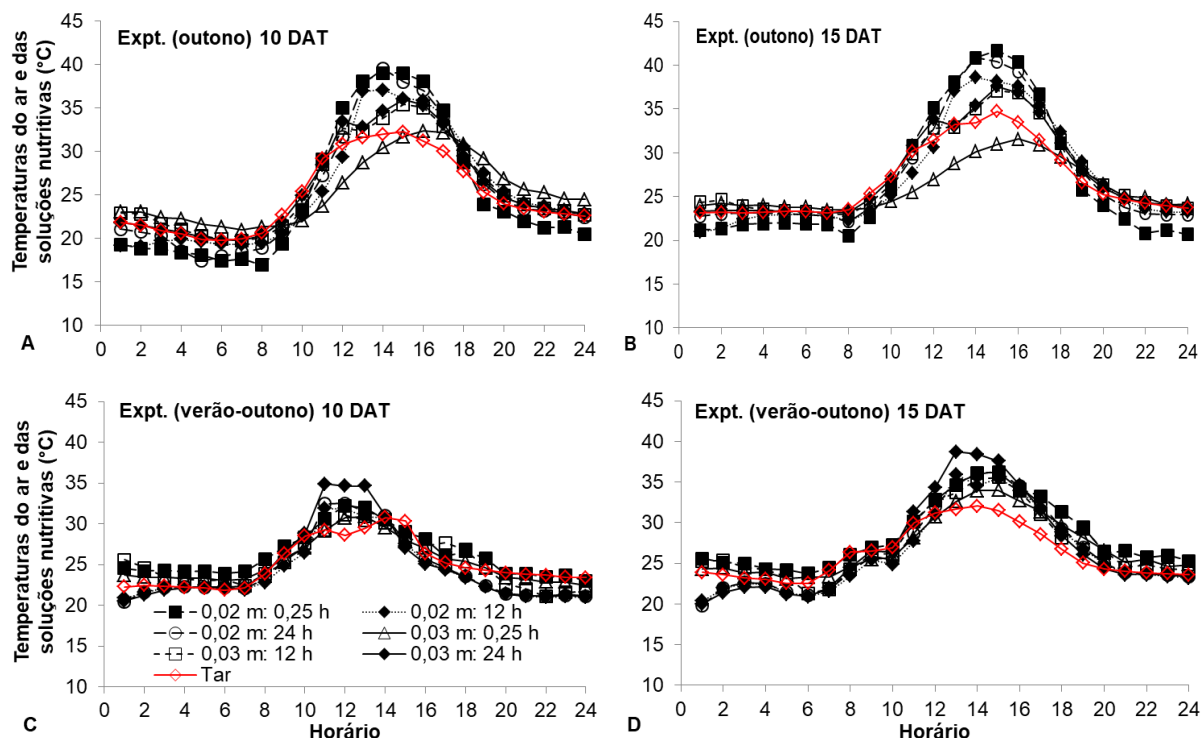
Essas maiores reduções nas concentrações de OD sob o intervalo de 0,25 h se devem ao maior volume de raízes das plantas (Figura 5). Para as outras condições de cultivo, as maiores concentrações de OD justificam-se pelo menor volume de raízes e, conseqüentemente, menor demanda por oxigênio, com valores maiores que $6,0 \text{ mg L}^{-1}$ nos canais com lâmina de 0,02 m pela manhã (Figura 6A). Tais valores de OD estão de acordo com os relatos de Silva et al. (2015b) no cultivo do coentro no sistema DFT convencional, quando registraram valores médios de 6,11 e $6,03 \text{ mg L}^{-1}$ nos horários da manhã e tarde, respectivamente.

A falta de oxigênio reduz a absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas, o que pode limitar o crescimento da parte aérea e, conseqüentemente, o rendimento das culturas (HOLTMAN et al., 2005; LENZI et al., 2011). A sensibilidade à deficiência de oxigênio na zona radicular é variável entre as espécies e dentro da mesma espécie (CONESA et al., 2015), como também nas épocas mais quentes do ano, quando os níveis de OD diminuem e as taxas de respiração das raízes aumentam (LENZI et al., 2011). No estudo de Lenzi et al. (2011) com espinafre em solução não aerada, por ocasião da colheita os níveis de OD foram de $1,92 \text{ mg L}^{-1}$ no verão e de $2,83 \text{ mg L}^{-1}$ no outono. Apesar dos baixos níveis de OD o rendimento não foi afetado, devido ao curto ciclo (20-30 dias) da cultura.

Quanto às temperaturas das soluções, no experimento de outono (Figuras 7A e 7B), às 9 h, as temperaturas foram aproximadamente iguais, independente das lâminas e dos intervalos de recirculações. Após esse horário, com o aumento da temperatura do ar, as temperaturas das soluções foram aumentando até as 14 e 15 h, ultrapassando 40°C sob a lâmina de 0,02 m e intervalo de 0,25 h. No canal com lâmina de 0,03 m e intervalo de 0,25 h, as temperaturas aumentaram mais lentamente, não ultrapassando 32°C .

Entre 12-13 h as temperaturas se mantiveram constantes sob a lâmina de 0,03 m e os intervalos de 12 e 24 h. Isso porque às 12 h as eletrobombas desses tratamentos foram acionadas, estabelecendo o volume máximo no canal, e assim, diminuindo a temperatura. Às 18 h as temperaturas voltaram novamente a se

tornarem aproximadamente iguais nas diferentes condições de cultivo. No entanto, após esse horário reduziram mais rapidamente nos canais com a lâmina de 0,02 m. Isso se deve ao calor específico da água, pois sob a lâmina de 0,03 m (maior volume) a solução demorou a aquecer e após aquecida, seu resfriamento foi mais lento quando comparado à condição de menor volume (lâmina de 0,02 m).



Tar - temperatura do ar. DAT - dias após o transplante.

Figura 7. Temperaturas das soluções nutritivas ao longo de 24 h no cultivo do coentro sob diferentes lâminas de solução nutritiva nos canais hidropônicos e diferentes intervalos de recirculação, nos experimentos de outono (A e B) e verão-outono (C e D).

As elevadas temperaturas no canal com lâmina de 0,02 m e intervalo de 0,25 h justificam-se pelas trocas de calor entre o canal e a solução nutritiva. Quando o sistema estava em repouso os canais aqueciam rapidamente pela incidência da radiação direta, assim, a cada evento de recirculação a solução, ao retornar para o reservatório, ganhava calor.

Diferentemente do experimento de outono, em geral, no verão-outono com o aumento da temperatura do ar as temperaturas das soluções nas diferentes

condições de cultivo aumentaram similarmente, exceto sob a lâmina de 0,03 m e intervalo de 24 h, quando se registraram as maiores temperaturas (aproximadamente 35 e 38 °C aos 10 e 15 DAT) nos horários mais quentes (Figuras 7C e 7D).

Apesar das altas temperaturas das soluções nos horários mais quentes do dia, até as 10 h da manhã, independente dos intervalos e das lâminas de solução nos canais de cultivo, as temperaturas foram sempre menores que 30 °C. De modo geral, consideram-se adequados valores de temperaturas da solução nutritiva na faixa de 20 a 25 °C (CARRIJO et al., 2000). Em diferentes estudos, registraram-se nos horários mais quentes do dia temperaturas das soluções acima de 30 °C (BARBIERI et al., 2010; SANTOS et al., 2010; 2011; COMETTI et al., 2013; SILVA et al., 2018b).

3.3. Crescimento e produção do coentro

Houve efeito significativo dos intervalos de recirculações sobre AP, MFPA_{maço} e MSPA_{maço} aos 20 e 25 DAT para os experimentos de outono (Tabela 2) e verão-outono (Tabela 3). Para as lâminas de solução nos canais de cultivo, estas promoveram efeito significativo na AP e MFPA_{maço} aos 25 DAT e na MSPA_{maço} aos 20 DAT, no outono. No verão-outono, houve efeito significativo das lâminas sobre AP, MFPA_{maço} e MSPA_{maço} aos 20 e 25 DAT. Para as cultivares de coentro só não houve efeito significativo sobre a MSPA_{maço} aos 20 DAT (no experimento de outono).

No outono houve interação significativa entre os intervalos de recirculações e as cultivares para AP e MFPA_{maço} aos 20 DAT e MSPA_{maço} aos 20 e 25 DAT. Também houve interação entre as lâminas de solução e as cultivares para AP aos 20 DAT. No verão-outono, houve interação entre as lâminas e as cultivares para MFPA_{maço} (aos 20 e 25 DAT) e MSPA_{maço} (aos 20 DAT).

Tabela 2. Resumo das análises de variância para a altura de planta (AP) e massas de matéria fresca (MFPA_{maço}) e seca da parte aérea do maço de plantas (MSPA_{maço}) do coentro cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução e intervalos de recirculações aos 20 e 25 dias após o transplântio (DAT), no experimento de outono.

FV	GL	Quadrados médios					
		20 DAT	25 DAT	20 DAT	25 DAT	20 DAT	25 DAT
		-----AP-----		-----MFPA _{maço} -----		-----MSPA _{maço} -----	
IRSN	2	45,571**	93,054**	297,162**	3006,265**	2,117**	11,828**
LSN	1	0,130 ^{ns}	68,641**	22,949 ^{ns}	345,774**	0,708*	1,584 ^{ns}
IRSN x LSN	2	0,391 ^{ns}	6,568 ^{ns}	1,968 ^{ns}	54,349 ^{ns}	0,057 ^{ns}	0,350 ^{ns}
Erro (a)	18	2,085	3,669	5,904	35,562	0,119	0,498
C	1	60,525**	152,653**	30,417*	809,424**	0,076 ^{ns}	6,035**
IRSN x C	2	2,553*	10,964 ^{ns}	25,513**	48,993 ^{ns}	0,135*	2,965*
LSN x C	1	4,025*	16,101 ^{ns}	13,835 ^{ns}	101,821 ^{ns}	0,045 ^{ns}	1,098 ^{ns}
IRSNxLSNxC	2	1,150 ^{ns}	3,648 ^{ns}	3,459 ^{ns}	24,266 ^{ns}	0,080 ^{ns}	0,206 ^{ns}
Erro(b)	18	0,677	4,043	3,986	49,874	0,037	0,520
CVa (%)		7,40	6,90	14,89	14,65	16,19	17,23
CVb (%)		4,22	7,24	12,24	17,35	9,00	17,62

FV - Fonte de variação. GL - grau de liberdade. IRSN - intervalo de recirculação da solução nutritiva. LSN - lâmina de solução nutritiva no canal de cultivo. C - cultivares de coentro. **, * representam significância a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns - não significativo.

Tabela 3. Resumo das análises de variância para a altura de planta (AP) e massas de matéria fresca (MFPA_{maço}) e seca da parte aérea do maço de plantas (MSPA_{maço}) do coentro cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução e intervalos de recirculações aos 20 e 25 dias após o transplântio (DAT), no experimento de verão-outono.

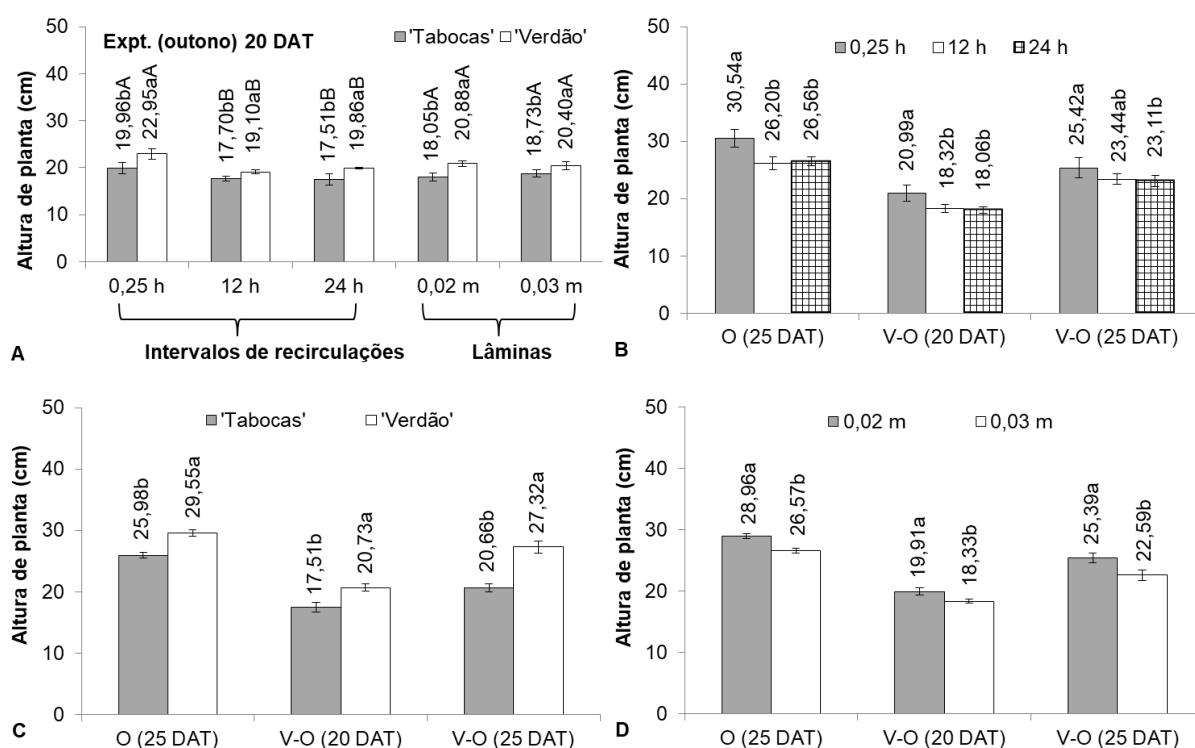
FV	GL	Quadrados médios					
		20 DAT	25 DAT	20 DAT	25 DAT	20 DAT	25 DAT
		-----AP-----		-----MFPA _{maço} -----		-----MSPA _{maço} -----	
Blocos	4	2,018 ^{ns}	2,182 ^{ns}	7,750 ^{ns}	148,969 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,758 ^{ns}
IRSN	2	52,524 ^{**}	31,218 [*]	556,476 ^{**}	1885,824 ^{**}	6,149 ^{**}	16,832 ^{**}
LSN	1	37,446 ^{**}	117,041 ^{**}	539,640 ^{**}	2859,913 ^{**}	5,606 ^{**}	22,841 ^{**}
IRSN x LSN	2	10,183 ^{ns}	13,401 ^{ns}	74,234 ^{ns}	168,551 ^{ns}	0,793 ^{ns}	1,226 ^{ns}
Erro (a)	24	4,185	8,018	35,304	162,427	0,356	1,102
C	1	155,526 ^{**}	666,667 ^{**}	245,794 ^{**}	3098,028 ^{**}	1,614 ^{**}	25,246 ^{**}
IRSN x C	2	0,405 ^{ns}	0,821 ^{ns}	6,701 ^{ns}	28,927 ^{ns}	0,089 ^{ns}	0,195 ^{ns}
LSN x C	1	0,043 ^{ns}	10,584 ^{ns}	33,421 [*]	233,248 ^{**}	0,600 [*]	2,368 ^{ns}
IRSNxLSNx C	2	1,477 ^{ns}	1,832 ^{ns}	3,515 ^{ns}	3,066 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Erro(b)	20	1,890	4,263	5,215	23,502	0,081	0,566
CVa (%)		10,70	11,80	25,04	28,70	19,73	20,15
CVb (%)		7,19	8,61	9,62	10,92	9,41	14,44

FV - Fonte de variação. GL - grau de liberdade. IRSN - intervalo de recirculação da solução nutritiva. LSN - lâmina de solução nutritiva no canal de cultivo. C - cultivares de coentro. **, * representam significância a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns - não significativo.

3.3.1. Altura de planta

Na avaliação realizada aos 20 DAT os valores médios de AP estiveram dentro da mesma magnitude nos experimentos de outono (Figura 8A) e verão-outono (Figura 8B). No entanto, aos 25 DAT houve maior crescimento em altura das plantas no outono (30,54 cm) em relação ao verão-outono (25,42 cm) sob o intervalo de recirculação de 0,25 h (Figura 8B). Tais diferenças são atribuídas às intensidades de luz (radiação) recebidas em cada experimento, pois externamente à casa de vegetação, registraram-se durante os experimentos valores acumulados de radiação solar de 371,84 e 453,37 MJ m⁻² no outono e verão-outono, respectivamente.

Na restrição de luz, as plantas utilizam mecanismos como o alongamento do caule para maior captação da energia luminosa (HACHMANN et al., 2017; HIRATA et al., 2017). Assim, a AP do coentro é um parâmetro importante não apenas para estabelecer o ponto de colheita, como também, quando o cultivo é realizado em ambiente protegido, tais medidas podem servir de indicativo da redução da transmitância no interior do ambiente. Fato este que pode ocorrer como consequência do tempo de uso e/ou deposição de poeira e algas na cobertura plástica.



Na Figura A as letras minúsculas comparam as médias das cultivares dentro dos intervalos ou lâminas e as letras maiúsculas comparam as médias dos intervalos ou lâminas dentro das cultivares. Nas Figuras B, C e D as médias com as mesmas letras dentro de cada período não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. DAT - dias após o transplante. O e V-O - outono e verão-outono. As barras verticais representam os desvios-padrão.

Figura 8. Valores médios de altura de planta do coentro cultivado em sistema hidropônico DFT: desdobramentos dos intervalos de recirculações e das lâminas de soluções com as cultivares (A), efeitos isolados dos intervalos de recirculações (B), cultivares (C) e lâminas (D).

No experimento de outono, aos 20 DAT as maiores médias de AP foram de aproximadamente 23,0 e 20,0 cm para as cultivares 'Verdão' e 'Tabocas' sob o

intervalo de recirculação de 0,25 h. Sob os intervalos de 12 e 24 h não houve diferença significativa na AP, com médias de aproximadamente 20 e 18 cm para as cultivares 'Verdão' e 'Tabocas'. Na comparação das cultivares de coentro dentro das lâminas nos canais de cultivo, a AP foi de aproximadamente 21,0 cm para cv. 'Verdão' e de 18,0 cm para cv. 'Tabocas' (Figura 8A).

Aos 25 DAT (Tabela 2), a ausência de efeito significativo das interações se deve à maior velocidade de crescimento das plantas da cv. 'Tabocas' nas diferentes condições de cultivo. Em cinco dias (dos 20 aos 25 DAT) as plantas da cv. 'Verdão' despenderam mais energia para o engrossamento do caule (com base em análise visual) do que para o crescimento em altura. As menores diferenças de AP foram observadas entre as lâminas, da ordem de 28,96 cm sob a lâmina de 0,02 m e de 26,57 cm sob a lâmina de 0,03 m (Figura 8D). A AP da cv. 'Tabocas' foi aproximadamente 12% menor que da cv. 'Verdão' (29,55 cm) (Figura 8C). Em média, sob os intervalos de 12 e 24 h a AP foi aproximadamente 14% menor em relação ao intervalo de 0,25 h (Figura 8B).

No experimento de verão-outono aos 20 e 25 DAT, sob os intervalos de 12 e 24 h em relação ao de 0,25 h os valores de AP foram menores, em aproximadamente 13 e 8% (Figura 8B). A AP da cv. 'Verdão' foi maior que da cv. 'Tabocas' em aproximadamente 18 e 32% (Figura 8C). Quando as plantas foram cultivadas nos canais com lâmina de 0,03 m as médias de AP foram menores em relação à lâmina de 0,02 m, de aproximadamente 8 e 11% (Figura 8D).

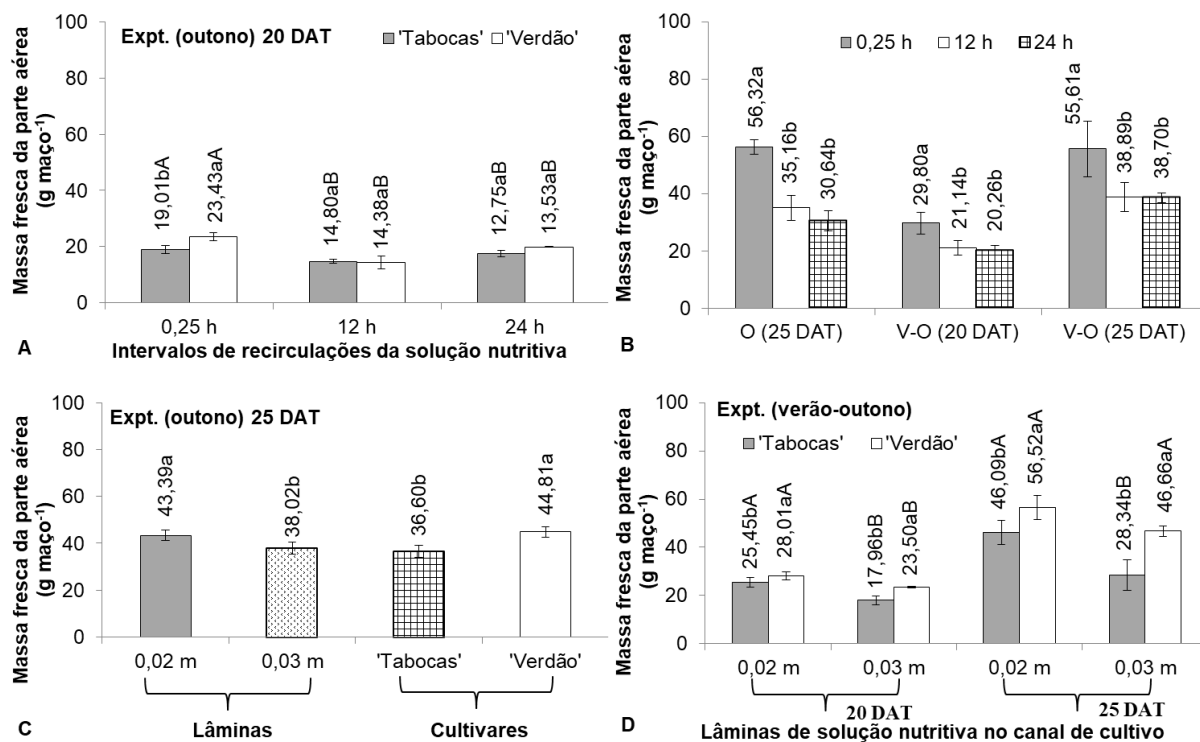
Esse maior porte de AP registrado no outono (30,54 cm) foi reportado na primavera de 2013 por Silva et al. (2015a), da ordem de 31,60 cm. Naquele estudo os maços de plantas de coentro cv. 'Verdão' foram espaçados em 0,30 m nos canais hidropônicos em sistema NFT. Maiores AP do coentro cv. 'Verdão' foram reportadas por Silva et al. (2016b) na primavera de 2013, Silva et al. (2016a) no verão de 2014 e Silva et al. (2018a) no inverno de 2014, da ordem de 37,48; 39,00 e 37,08 cm, respectivamente. As maiores AP registradas naqueles trabalhos se justificam pelos menores espaçamentos (0,07 m) utilizados entre os maços de plantas, intensificando, conforme Moosavi et al. (2013), a competição por luz. No estudo de Martins et al. (2018) com o coentro em solo, registraram AP média de 24,56 cm sob cultivo com uma planta por cova, aumentando para 29,47 cm sob duas plantas por cova.

3.3.2. Massas de matéria fresca e seca da parte aérea

As lâminas nos canais possibilitam manter as plantas sem restrição hídrica caso ocorram interrupções no fornecimento de energia elétrica, no entanto, quando a solução fica estática por longo período durante o dia pode comprometer o rendimento das plantas por falta de oxigenação. Nesse caso, torna-se importante a adequação dos intervalos entre recirculações nesse tipo de sistema, como feito por Silva et al. (2016a), os quais reportaram que não houve diferença significativa na produção do coentro quando a solução foi recirculada a cada 8 h em relação à 0,25 h. Cova et al. (2017) não registraram diferença significativa na massa de matéria seca da parte aérea de alface quando as recirculações foram realizadas a cada 4 h em relação à de 0,25 h. Santos et al. (2019) não reportaram diferenças significativas nas variáveis de crescimento e produção do manjerição quando a solução foi recirculada a cada 6 h em relação à cada 4 h. Tais experimentos foram conduzidos no verão no sistema DFT em tubos.

Aos 20 DAT verificou-se maior rendimento de $\text{MFPA}_{\text{maço}}$ no experimento de verão-outono (Figura 9B) em relação ao experimento conduzido no outono (Figura 9A). Já aos 25 DAT, registraram-se rendimentos no mesmo patamar, da ordem de 55,61 e 56,32 g maço⁻¹ nos experimentos de outono e verão-outono, obtidos sob o intervalo de 0,25 h (Figura 9B). Esse maior acúmulo de matéria fresca em cinco dias (dos 20 aos 25 DAT) no outono, que se equiparou com a produção do verão-outono, deve-se às maiores alturas das plantas (Figura 8B).

No estudo de Cazuza Neto et al. (2014a) em hidroponia NFT com o coentro cv. 'Verdão', os caules tenros e plantas mais altas (52,39 cm) contribuíram para maior produção de matéria fresca, da ordem de 92,66 g para oito plantas. No mesmo sistema e com disponibilidade de solução por maço de plantas do estudo de Cazuza Neto et al. (2014a), Silva et al. (2015a) reportaram produção de coentro 'Verdão' de 56,11 g maço⁻¹ para 24 plantas. Desse total, aproximadamente metade foi de folhas e a outra metade de caules. Nesse caso, sob maior densidade produziram-se plantas com caules de menor espessura. Outra explicação forte é o espaçamento entre os maços de plantas.



Nas Figuras A e D as letras minúsculas comparam as médias das cultivares dentro dos intervalos ou lâminas e as letras maiúsculas comparam as médias dos intervalos ou lâminas dentro das cultivares. As médias com as mesmas letras dentro de cada período (Figura B) e dentro das lâminas e cultivares (Figura C) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. DAT - dias após o transplante. O e V-O - outono e verão-outono. As barras verticais representam os desvios-padrão.

Figura 9. Valores médios da massa de matéria fresca da parte aérea do coentro cultivado em sistema hidropônico DFT: desdobramentos dos intervalos de recirculações e cultivares (A) e das lâminas de solução e cultivares (D); efeito isolado dos intervalos de recirculações (B) e das cultivares e lâminas (C).

Como no Nordeste brasileiro o coentro em grande parte é consumido em saladas (*in natura*), plantas com caules mais tenros pode ser uma característica desfavorável no momento da compra do produto. Assim, nos experimentos a estratégia de realizar colheitas periódicas serviu de indicativo da época mais propícia para escoamento do produto sem perdas de qualidade.

No presente trabalho as produções de 55,61 e 56,32 g maço⁻¹ aos 25 DAT foram maiores que as registradas por Silva et al. (2016a) e Silva et al. (2018a) no sistema DFT em tubos, os quais reportaram MFPA_{maço} de 44,88 e 44,05 g maço⁻¹ para 12 plantas, respectivamente. Esses maiores rendimentos no presente trabalho se justificam pela maior disponibilidade de solução por maço de plantas, como consequência do maior espaçamento utilizado entre os maços nos canais

hidropônicos (0,25 m), enquanto que naqueles trabalhos os maços foram espaçados em 0,07 m.

No experimento de outono, aos 20 DAT independente da cultivar, verificaram-se que os rendimentos de $\text{MFPA}_{\text{maço}}$ reduziram drasticamente sob os intervalos de recirculações de 12 e 24 h, os quais não ultrapassaram $15,0 \text{ g maço}^{-1}$, enquanto que, sob o intervalo de 0,25 h foi de $23,43 \text{ g maço}^{-1}$ para cv. 'Verdão' e $19,01 \text{ g maço}^{-1}$ para cv. 'Tabocas' (Figura 9A). No experimento de verão-outono, sob os intervalos de 12 e 24 h as produções ultrapassaram 20 g maço^{-1} , atingindo aproximadamente $30,0 \text{ g maço}^{-1}$ sob o intervalo de 0,25 h (Figura 9B). Aos 25 DAT, as reduções médias dos valores de $\text{MFPA}_{\text{maço}}$ sob os intervalos de 12 e 24 h em relação ao de 0,25 h foram de aproximadamente 42 e 30% nos experimentos de outono e verão-outono, respectivamente (Figura 9B).

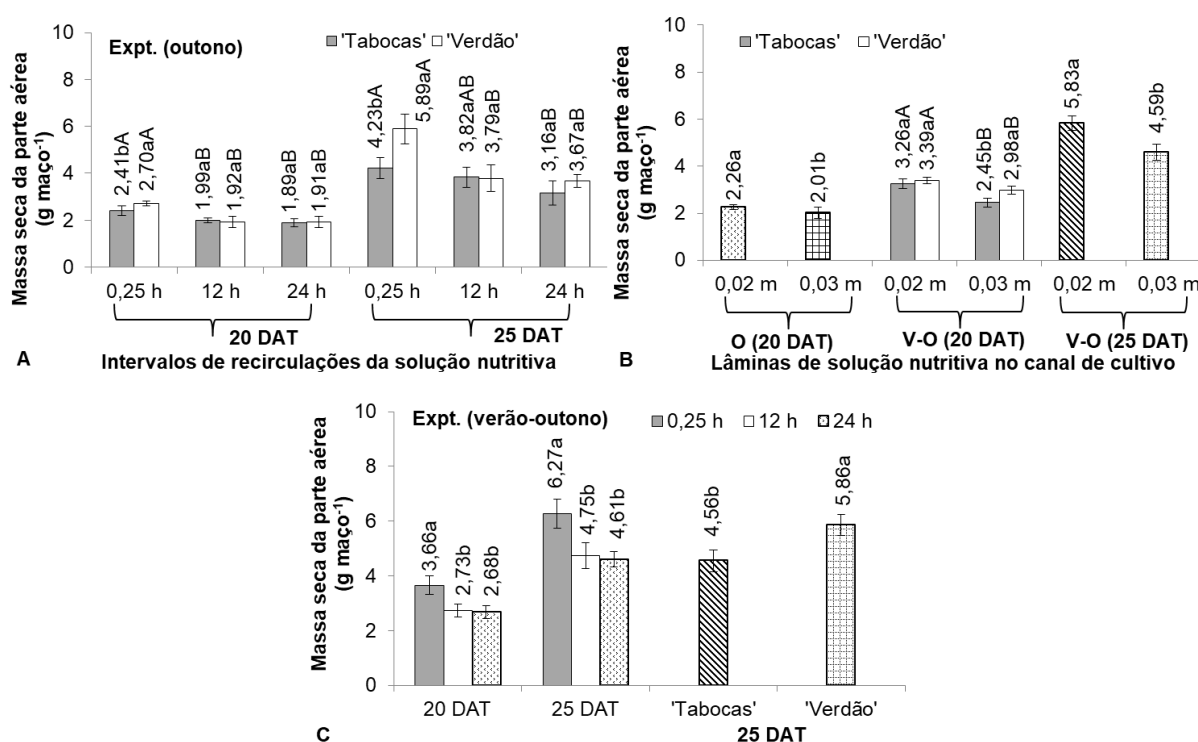
No experimento de outono aos 25 DAT, sob os efeitos isolados das lâminas de solução e as cultivares de coentro, as maiores produções de $\text{MFPA}_{\text{maço}}$ foram de $43,39$ e $44,81 \text{ g maço}^{-1}$ sob a lâmina de 0,02 m e cv. 'Verdão', enquanto que, sob a lâmina de 0,03 m e cv. 'Tabocas' foram de $38,02$ e $36,60 \text{ g maço}^{-1}$ (Figura 9C).

No verão-outono (Figura 9D), para cv. 'Tabocas' dentro da lâmina de 0,03 m verificaram-se baixos rendimentos, da ordem de $17,96$ e $28,34 \text{ g maço}^{-1}$ aos 20 e 25 DAT. Dentro da lâmina de 0,02 m os rendimentos foram da ordem de $25,45$ e $46,09 \text{ g maço}^{-1}$ aos 20 e 25 DAT. Nas mesmas condições de cultivo registraram-se para cv. 'Verdão' produções de $23,50$ e $46,66 \text{ g maço}^{-1}$ (sob lâmina de 0,03) e $28,01$ e $56,52 \text{ g maço}^{-1}$ (sob lâmina de 0,02 m) aos 20 e 25 DAT, respectivamente.

O potencial produtivo do coentro cv. 'Verdão' em relação à cv. 'Tabocas' foi reportado por Pereira et al. (2011) no cultivo em vasos com solo, por Silva et al. (2015c) no cultivo em solo e por Soares et al. (2017) em hidroponia NFT. Resultados diferentes foram reportados por Bonifacio et al. (2014) com o coentro em solução nutritiva, onde houve uma redução na produção de matéria fresca da ordem de 12,55% para cv. 'Verdão' em relação à cv. 'Tabocas'. A produção obtida para cv. 'Tabocas' aos 25 DAT é compatível com os resultados reportados por Santos Júnior et al. (2015) no cultivo dessa cultivar em condições hidropônicas por 28 dias, da ordem de $45,44 \text{ g maço}^{-1}$ sob densidade de semeadura de 0,5 g por copo. Tais discrepâncias entre os resultados mostram a importância de estudos para diferentes

cultivares de coentro contrastando em diferentes épocas do ano, bem como o sistema de cultivo empregado.

Quanto ao rendimento de $MSPA_{\text{maço}}$, no experimento de outono apenas dentro do intervalo de recirculação de 0,25 h, para cv. 'Verdão' obteve-se maior acúmulo de $MSPA_{\text{maço}}$ (aproximadamente 12 e 39% aos 20 e 25 DAT) em relação à cv. 'Tabocas' (Figura 10A). Aos 20 DAT o acúmulo de $MSPA_{\text{maço}}$ foi maior em aproximadamente 12% sob a lâmina de solução de 0,02 m em relação à 0,03 m (Figura 10B).



As letras minúsculas comparam-se as médias das cultivares dentro dos intervalos (Figura A) e lâminas (Figura B) e as letras maiúsculas comparam-se as médias dos intervalos ou lâminas dentro das cultivares, respectivamente. Nas Figuras B e C, as médias com as mesmas letras em cada período não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. DAT - dias após o transplante. O e V-O - outono e verão-outono. As barras verticais representam os desvios-padrão.

Figura 10. Valores médios da massa de matéria seca da parte aérea do coentro cultivado em sistema hidropônico DFT: desdobramentos das interações das cultivares com os intervalos de recirculações (A) e lâminas de solução (B); efeito isolado das lâminas de solução (B) e intervalos de recirculações e cultivares (C).

No experimento de verão-outono, para o desdobramento das cultivares e lâminas aos 20 DAT, apenas dentro da lâmina de 0,03 m o acúmulo de $MSPA_{\text{maço}}$ da

cv. 'Verdão' foi maior que da cv. 'Tabocas', de aproximadamente 22% (Figura 10B). Para o efeito isolado aos 25 DAT, a MSPA_{maço} foi aproximadamente 27% maior sob lâmina de 0,02 m (Figura 10B) e em 29% para cv. 'Verdão' (Figura 10C). Aos 20 e 25 DAT sob os intervalos de 12 e 24 h em relação ao de 0,25 h as reduções na MSPA_{maço} foram de aproximadamente 26% (Figura 10C).

3.4. Consumo hídrico e eficiência do uso da água do coentro

Para o estudo dos fatores isoladamente, houve efeito significativo no CH e na EUA da MFPA_{maço} aos 20 e 25 DAT em função dos intervalos de recirculações (experimentos de outono e verão-outono) e das lâminas de soluções (outono-verão). No outono houve efeito significativo das lâminas apenas sobre a EUA da MFPA_{maço} aos 25 DAT. Houve interação significativa entre os intervalos de recirculações e as lâminas apenas sobre o CH no período de 25 DAT, no verão-outono (Tabela 4).

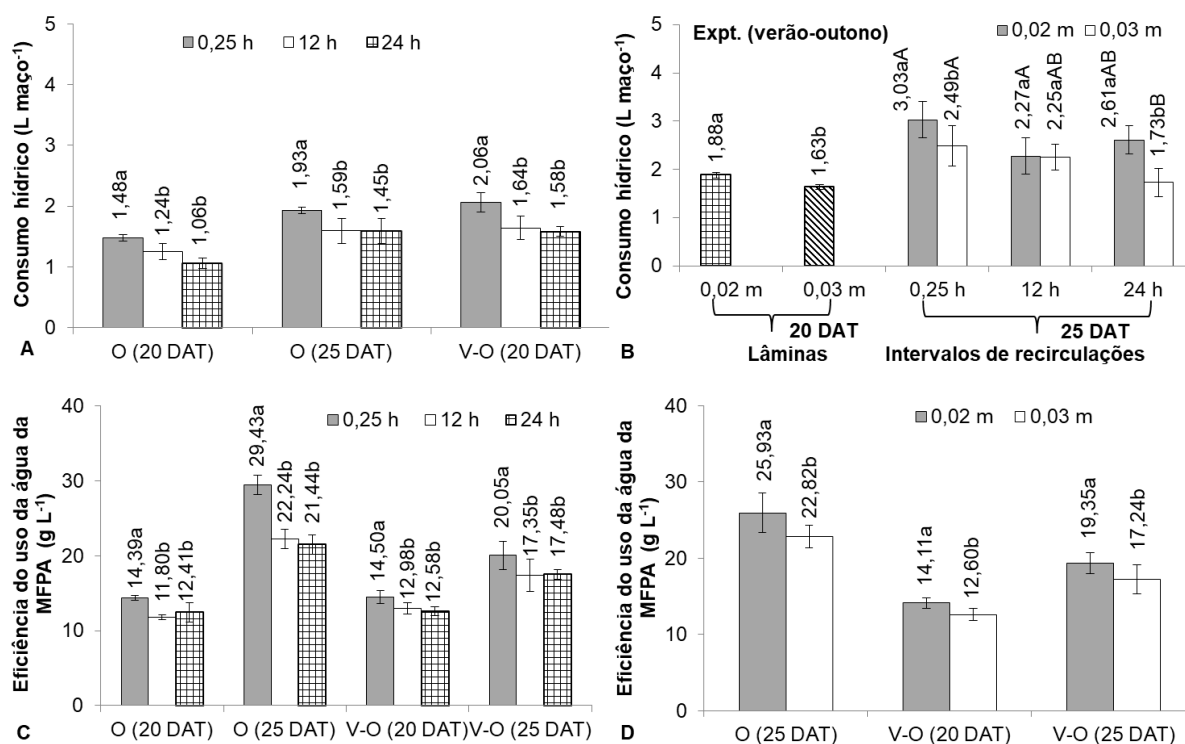
Tabela 4. Resumo das análises de variância para o consumo hídrico (CH) e a eficiência do uso da água (EUA) do coentro cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução e intervalos de recirculações, nos experimentos de outono e verão-outono.

FV	GL	Quadrados médios					
		20 DAT	25 DAT	20 DAT	25 DAT	20 DAT	25 DAT
		-----CH-----	-----	---EUA da MFPA---	---	--EUA da MSPA--	---
Experimento de outono							
IRSN	2	0,351**	0,487**	14,678**	154,931**	0,087 ^{ns}	0,164 ^{ns}
LSN	1	0,005 ^{ns}	0,003 ^{ns}	4,043 ^{ns}	57,908*	0,155 ^{ns}	0,288 ^{ns}
IRSNxLSN	2	0,000 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,150 ^{ns}	4,822 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,016 ^{ns}
Erro	18	0,022	0,047	1,589	8,379	0,038	0,123
CV (%)		11,70	13,10	9,80	11,88	11,49	14,11
Experimento de verão-outono							
Blocos	4	0,008 ^{ns}	0,055 ^{ns}	0,844 ^{ns}	7,246 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,068 ^{ns}
IRSN	2	0,705**	1,011**	10,234*	23,131*	0,040 ^{ns}	0,097 ^{ns}
LSN	1	0,469*	1,733**	17,237*	33,370*	0,077 ^{ns}	0,057 ^{ns}
IRSNxLSN	2	0,123 ^{ns}	0,465*	1,372 ^{ns}	3,541 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,145 ^{ns}
Erro	20	0,075	2,578	2,828	5,652	0,040	0,072
CV (%)		15,53	14,98	12,59	13,00	11,59	12,34

FV - Fonte de variação. GL - grau de liberdade. IRSN - intervalo de recirculação da solução nutritiva. LSN - lâmina de solução nutritiva no canal de cultivo. **, * representam significância a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns - não significativo.

Para a EUA da MSPA_{maço} não houve efeito significativo em qualquer período de avaliação, com médias da ordem de 3,03 e 5,21 g L⁻¹ aos 20 e 25 DAT. Tais resultados corroboram com Campos Júnior et al. (2018), os quais não reportaram diferença significativa na EUA da MSPA da rúcula quando as circulações nos canais de cultivo (lâmina de 0,04 m) foram realizadas duas e três vezes por dia.

Similarmente às respostas observadas para as variáveis de crescimento e produção, em geral, para o CH (Figuras 11A e 11B) e a EUA da MFPA_{maço} (Figuras 11C e 11D) as maiores médias foram obtidas sob o intervalo de recirculação de 0,25 h e lâmina de solução nos canais de cultivo de 0,02 m.



Na Figura B as letras minúsculas comparam-se as médias das lâminas dentro dos intervalos e as letras maiúsculas comparam-se as médias dos intervalos dentro das lâminas. Nas Figuras A, C e D as médias com as mesmas letras em cada período não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. DAT - dias após o transplante. O e V-O - outono e verão-outono. As barras verticais representam os desvios-padrão.

Figura 11. Valores médios do consumo hídrico (A e B) e eficiência do uso da água da massa de matéria fresca da parte aérea (C e D) do coentro cultivado em canais hidropônicos com diferentes lâminas de solução e intervalos de recirculações aos 20 e 25 dias após o transplante (DAT), nos experimentos de outono e verão-outono.

Sob o intervalo de recirculação de 0,25 h os valores médios do CH acumulado foram de 1,48 e 1,93 L maço⁻¹ nos períodos de 20 e 25 DAT no experimento de outono. Sob essa mesma frequência, nos primeiros 20 dias no verão-outono registraram-se valores de CH maiores que durante todo o ciclo no outono, da ordem de 2,06 L maço⁻¹. Sob os intervalos de 12 e 24 h os valores médios de CH foram menores em aproximadamente 22% (Figura 11A). Nos estudos de Silva et al. (2016a; 2018a), não houve restrição ao consumo hídrico do coentro cv. 'Verdão' quando as soluções foram recirculadas a intervalos de 2 h em relação ao de 0,25 h.

Apesar da maior disponibilidade de solução nos canais com lâmina de 0,03 m, não se concretizou essa lâmina como uma vantagem, pois em geral, as variáveis de crescimento e produção foram reduzidas nessas condições de cultivo em comparação à menor lâmina de 0,02 m. Isso em virtude das menores taxas de difusão do oxigênio, como consequência das maiores temperaturas nos horários mais quentes.

O efeito negativo sobre o CH com a maior lâmina nos canais (0,03 m) foi mais evidenciado no verão-outono, registrando-se reduções da ordem de aproximadamente 13 e 18% em relação à lâmina de 0,02 m (1,88 e 3,03 L maço⁻¹) aos 20 e 25 DAT (Figura 11B). O percentual de redução aos 25 DAT foi obtido a partir da interação dentro do intervalo de 0,25 h, sendo que, sob o intervalo de 24 h a redução chegou a aproximadamente 34%.

Tais lâminas corresponderam aproximadamente 6 e 12 L de solução nos canais. Com esses volumes de soluções e considerando o período de maior demanda do coentro (entre os 20-25 DAT), que foi de aproximadamente 0,125 L maço⁻¹, caso ocorram interrupções no fornecimento de energia elétrica, o sistema teria autonomia para manter 20 maços de plantas (em cada canal) sem restrição hídrica por mais de dois e quatro dias, respectivamente, sob as lâminas de 0,02 e 0,03 m.

O baixo volume de água utilizado na hidroponia em sistemas do tipo fechado possibilita o uso dessa técnica em locais com pouca disponibilidade hídrica, onde pode não ser possível o uso da irrigação tradicional baseada no solo. Assim, sabendo-se o CH durante o ciclo de cultivo, pode-se calcular com antecedência o volume de água a ser utilizado antes da cultura ser implantada no sistema

hidropônico. Isso pode ser a base do dimensionamento de sistemas hidropônicos e de captação e reservação de água para esse fim.

Em geral, os valores de CH (1,93 e 3,03 L maço⁻¹) estão dentro da faixa dos registrados em outros estudos com coentro cv. 'Verdão', da ordem de 2,59 L maço⁻¹ de oito plantas no inverno (CAZUZA NETO et al., 2014b) e 2,21 L maço⁻¹ de 24 plantas na primavera (SILVA et al., 2017) em hidroponia NFT. Em estudos no sistema DFT em tubos, registraram-se menores valores de CH, de 1,45 L maço⁻¹ de 12 plantas no verão (SILVA et al., 2016a) e 0,89 L maço⁻¹ de 12 plantas no inverno (SILVA et al., 2018a).

Aos 20 DAT os valores médios de EUA da MFPA_{maço} foram de mesma magnitude entre os experimentos, não ultrapassando 15 g L⁻¹ sob o intervalo de 0,25 h no experimento de outono (Figura 11C) e lâmina de 0,02 m no experimento de verão-outono (Figura 11D). Em geral, nos dois experimentos as reduções na EUA sob a lâmina de 0,03 m em relação à de 0,02 m foram de aproximadamente 11-12%.

Aos 25 DAT houve aumento na EUA no outono, isso se deve ao maior incremento na produção de MFPA_{maço} com uso de menor volume de água. As médias sob o intervalo de 0,25 h foram de 29,43 e 20,05 g L⁻¹ no outono e verão-outono (Figura 11B). Essas reduções na EUA tiveram maior impacto pelas reduções nas produções do que por restrição no consumo de água pelas plantas. Nesse caso, é preferível colher as plantas a partir de 25 dias de cultivo no sistema hidropônico, correspondendo a um ciclo de 35 dias desde a semeadura.

4. CONCLUSÕES

O coentro cv. 'Verdão' mostrou-se mais tolerante às condições climáticas do outono e verão-outono, expressando maior crescimento e produção.

O consumo hídrico do coentro foi maior no experimento de verão-outono, chegando aproximadamente 3,0 L maço⁻¹, enquanto que no experimento de outono não ultrapassou de 2,0 L maço⁻¹.

O estabelecimento da menor lâmina de solução no canal de cultivo (0,02 m) promoveu melhores respostas de crescimento, produção e eficiência do uso da água do coentro, apesar de elevar a temperatura da solução.

As concentrações de oxigênio dissolvido na solução nutritiva reduziram mais rapidamente sob o intervalo de recirculação de 0,25 h, no entanto, a qualidade das plantas de coentro não foi afetada.

Só é viável o emprego do sistema DFT adaptado em tubos em locais com problemas no fornecimento de energia elétrica. Nesse caso, o sistema teria autonomia para manter as plantas sem restrição hídrica.

Na prática, a adoção dos intervalos de recirculações de 12 e 24 h não se justifica mantê-los durante todo o ciclo (25 dias) do coentro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIERI, E.; MELO, D. J. F.; ANDRADE, L. F.; PEREIRA, E. W. L.; COMETTI, N. N. Condutividade elétrica ideal para o cultivo hidropônico de alface em ambiente tropical. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2 (Suplemento - CD Rom), p. S303-S308, 2010.

BLOK, C.; JACKSON, B. E.; GUO, X.; VISSER, P. H. B.; MARCELIS, L. F. M. Maximum plant uptakes for water, nutrients, and oxygen are not always met by irrigation rate and distribution in water-based cultivation systems. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-15, 2017.

BONACHELA, S.; ACUÑA, R. A.; MAGAN, J. J.; MALFA, O. Oxygen enrichment of nutrient solution of substrate-grown vegetable crops under Mediterranean greenhouse conditions: oxygen content dynamics and crop response. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 4, p. 1231-1241, 2010.

BONACHELA, S.; VARGAS, J. A.; ACUÑA, R. A. Effect of increasing the dissolved oxygen in the nutrient solution to above-saturation levels in a greenhouse watermelon crop grown in perlite bags in a Mediterranean area. **Acta Horticulturae**, v. 697, p. 25-32, 2005.

BONIFACIO, 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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014. p. 5482-5489.

CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, E. F. F.; MARTINS, J. B.; ROLIM, M. M. Consumption, efficiency and water content of arugula under different management of brackish nutritional solutions. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 6, p. 885-892, 2018.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N.; SOUZA, A. F. Princípios de nutrição mineral, formulação e manejo da solução nutritiva. In: CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. (eds.). **Princípios de hidroponia**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 28p. (Circular Técnica, 22).

CAVALCANTE, A. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; PAZ, V. P. S. Produção e composição mineral do coentro em sistema hidropônico de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 685-696, 2016.

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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014b. p. 3685-3693.

COMETTI, N. N.; BREMENKAMP, D. M.; GALON, K.; HELL, L. R.; ZANOTELLI, M. F. Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce crop. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 287-292, 2013.

CONESA, E.; FERNÁNDEZ, J. A.; NIÑIROLA, D.; EGEA-GILABERT, C. Nutrient solution aeration and growing cycles affect quality and yield of fresh-cut baby leaf red lettuce. **Agricultural and Food Science**, v. 24, n. 4, p. 313-322, 2015.

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

DONEGA, M. A.; MELLO, S. C.; MORAES, R. M.; CANTRELL, C. L. Nutrient uptake, biomass yield and quantitative analysis of aliphatic aldehydes in cilantro plants. **Industrial Crops & Products**, v. 44, p. 127-131, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

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

GONDIM FILHO, H.; SILVA, P. C. C.; SILVA, M. G.; PEREIRA, M. M.; SOARES, T. M.; AZEVEDO NETO, A. D.; VASCONCELOS, R. S.; GHEYI, H. R. Growth, production and essential oil content of basil genotypes in hydroponic conditions

under salt stress. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 25, n. 1, p. 1-10, 2018.

HACHMANN, T. L.; DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M. Características produtivas da chicória da catalogna, cultivada em diferentes espaçamentos sob telas de sombreamento. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 48-55, 2017.

HIRATA, A. C. S.; HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A. Manejos do solo associados a telas de sombreamento no cultivo da cebolinha no verão. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 298-304, 2017.

HOLTMAN, W.; van DUIJN, B.; BLAAKMEER, A.; BLOK, C. Optimalization of oxygen levels in root systems as effective cultivation tool. **Acta Horticulturae**, v. 697, p. 57-64, 2005.

IKEURA, H.; TAKAHASHI, H.; KOBAYASHI, F.; SATO, M.; TAMAKI, M. Effects of microbubble generation methods and dissolved oxygen concentrations on growth of Japanese mustard spinach in hydroponic culture. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 93, n. 5, p. 483-490, 2018.

KIFERLE, C.; MAGGINI, R.; PARDOSSI, A. Influence of root hypoxia and NaCl salinity on sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) grown hydroponically for the production of rosmarinic acid. **Agrochimica**, v. 56, n. 6, p. 257-267, 2012.

KULKARNI, S.; ABRAHAM, P. S.; MOHANTY, N.; KADAM, N. N.; THAKUR, M. Sustainable raft based hydroponic system for growing spinach and coriander. In: PAWAR, P.; RONGE, B.; BALASUBRAMANIAM, R.; SESHABHATTAR, S. (eds.). **Tecno-Societal 2016**. Cham: Springer, 2016. p.117-125.

LEE, J. W.; LEE, B. S.; KANG, J. G.; BAE, J. H.; KU, Y. G.; GORINSTEIN, S.; LEE, J. H. Effect of root zone aeration on the growth and bioactivity of cucumber plants cultured in perlite substrate. **Biologia**, v. 69, n. 5, p. 610-617, 2014.

LENZI, A.; BALDI, A.; TESI, R. Growing spinach in a floating system with different volumes of aerated or non aerated nutrient solution. **Advances in Horticultural Science**, v. 25, n. 1, p. 21-25, 2011.

LÓPEZ-POZOS, R.; MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, G. A.; PÉREZ-PACHECO, R. The effects of slope and channel nutrient solution gap number on the yield of tomato crops by a nutrient film technique system under a warm climate. **HortScience**, v. 46, n. 5, p. 727-729, 2011.

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.

MAIA, P. M. E. **Cultivo de hortaliças em substrato de fibra de coco sob estresse salino e aplicação foliar de ácido ascórbico**. 2017. 96p. Tese (Doutorado em

Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

MARTINS, B. N. M.; CANDIAN, J. S.; TAVARES, A. E. B.; JORGE, L. G.; CARDOSO, A. I. I. Densidade de plantio na produção de coentro. **Revista Mirante**, v. 11, n. 7, p. 18-27, 2018.

MOBINI, S. H.; ISMAIL, M. R.; AROUIEE, H. The impact of aeration on potato (*Solanum tuberosum* L.) minituber production under soilless conditions. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, n. 11, p. 910-921, 2015.

MOOSAVI, G.; SEGHATOLESLAMI, M.; EBRAHIMI, A.; FAZELI, M.; 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.

NIÑIROLA, D.; FERNÁNDEZ, J. A.; CONESA, E.; MARTÍNEZ, J. A.; EGEE-GILABERT, C. Combined effects of growth cycle and different levels of aeration in nutrient solution on productivity, quality, and shelf life of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) plants. **HortScience**, v. 49, n. 5, p. 567-573, 2014.

OLIVEIRA, F. A.; SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. T.; MARTINS, D. C.; COSTA, J. P. B. M. Production of coriander in substrate fertigated with increasing nutrient concentrations. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 3, p. 275-279, 2016.

PAPADOPOULOS, A. P.; YAGANZA, E. S.; HAO, X.; MARTYNENKO, A.; RAMADOS, M.; SAHA, U. K.; EHRET, D. L.; DORAIS, M.; KHOSLA, S. Effects of oxygen super-saturated nutrient solutions on greenhouse tomato. **Acta Horticulturae**, v. 952, p. 713-720, 2012.

PEREIRA, M. F. S.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; MOREIRA, J. C.; GUIMARÃES, M. C. D. Desempenho agrônômico de cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) fertilizado com composto. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 235-239, 2011.

QIN, L.; HE, J.; LEE, S. K.; DODD, I. C. An assessment of the role of ethylene in mediating lettuce (*Lactuca sativa*) root growth at high temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 11, p. 3017-3024, 2007.

RASHED, N. M.; DARWESH, R. K. A comparative study on the effect of microclimate on planting date and water requirements under different nitrogen sources on coriander (*Coriandrum sativum*, L.). **Annals of Agricultural Science**, v. 60, n. 2, p. 227-243, 2015.

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.

SAKAMOTO, M.; UENISHI, M.; MIYAMOTO, K.; SUZUKI, T. Effect of root-zone temperature on the growth and fruit quality of hydroponically grown strawberry plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 5, p. 122-131, 2016.

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 Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 319-326, 2011.

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

SANTOS, J. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L.; SOARES, T. M.; CRUZ, A. M. L. Growth, water consumption and basil production in the hydroponic system under salinity. **Revista Ceres**, v. 66, n. 1, p. 45-53, 2019.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, D. B. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1152-1158, 2015.

SILVA, J. S.; PAZ, V. P. S.; SOARES, T. M.; ALMEIDA, W. F.; FERNANDES, J. P. Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 947-962, 2018b.

SILVA, L.; GASCA-LEYVA, E.; ESCALANTE, E.; FITZSIMMONS, K. M.; LOZANO, D. V. Evaluation of biomass yield and water treatment in two aquaponic systems using the dynamic root floating technique (DRF). **Sustainability**, v. 7, n. 11, p. 15384-15399, 2015b.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. O.; PINHO, J. S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 547-552, 2018a.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; FREITAS, F. T. O.; RAFAEL, M. R. S. Consumo hídrico do coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSal/INSTITUTO FUTURE, 2017.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A. Crescimento e produção de coentro hidropônico sob diferentes densidades de semeadura e diâmetros dos canais de cultivo. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 312-326, 2016b.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A.; CARMO, F. F. Frequency of recirculation of the nutrient solution in the hydroponic

cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 447-454, 2016a.

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

SILVA, R. B.; BARBOSA, W. S. S.; ALBUQUERQUE NETO, J. C.; CESAR, D. N.; SANTOS, W. E.; SANTOS NETO, A. L. Crescimento e produtividade de cultivares de coentro sob adubação fosfatada. III Inovagri International Meeting, 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI, 2015c. p. 1932-1947.

SOARES, C. S.; SILVA, J. A.; SILVA, G. N. Produção de coentro em diferentes espaçamentos dos canais hidropônicos. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22, p. 1-5, 2017.

SUYANTOHADI, A.; KYOREN, T.; HARIADI, M.; PURNOMO, M. H.; MORIMOTO, T. Effect of high concentrated dissolved oxygen on the plant growth in a deep hydroponic culture under a low temperature. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 43, n. 26, p. 251-255, 2010.

SZEMPLIŃSKI, W.; NOWAK, J.; JANKOWSKI, K. J. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) response to different levels of agronomic factors in Poland. **Industrial Crops & Products**, v. 122, p. 456-464, 2018.

UITTERHAEGEN, E.; BURIANOVÁ, K.; BALLAS, S.; VÉRONÈSE, T.; MERAH, O.; TALOU, T.; STEVENS, C. V.; EVON, P.; SIMON, V. Characterization of volatile organic compound emissions from self-bonded boards resulting from a coriander biorefinery. **Industrial Crops & Products**, v. 122, p. 57-65, 2018.

VASCONCELOS, L. S. B.; BEZERRA NETO, E.; NASCIMENTO, C. W. A.; BARRETO, L. P. Desenvolvimento de plantas de coentro em função da força iônica da solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 19, n. 1, p. 11-19, 2014.

YEGANEHPOOR, F.; ZEHTAB-SALMASI, S.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.; SHAFAGH-KOLVANAGH, J.; DASTBORHAN, S. The effect of water stress, salicylic acid and biofertilizer on quality of leaf and seed essential oil, and oil components of coriander. **Net Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 2, p. 38-47, 2017.

CAPÍTULO 2

CULTIVO HIDROPÔNICO DO COENTRO UTILIZANDO-SE ÁGUAS DOCE E SALOBRA COM DIFERENTES TEMPERATURAS NA SOLUÇÃO NUTRITIVA

CULTIVO HIDROPÔNICO DO COENTRO UTILIZANDO-SE ÁGUAS DOCE E SALOBRA COM DIFERENTES TEMPERATURAS NA SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO: Vários trabalhos são conduzidos em hidroponia sob estresse salino, pois a resposta das plantas à salinidade nessas condições pode ser melhor do que no solo, no entanto, são poucos os estudos que buscam avaliar a interação da salinidade e temperatura da solução nutritiva. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento e a produção do coentro em condições de cultivo com e sem estresse salino em interação com diferentes temperaturas da solução nutritiva. Para isso, foram conduzidos dois experimentos em sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), entre os meses de janeiro e fevereiro (verão) e junho e julho (outono-inverno) de 2018. No verão foi utilizado o esquema fatorial 5 x 2 em parcelas subdivididas, que consistiu em: temperatura ambiente da solução e temperatura constante a 32 °C, com o uso de água doce com condutividade elétrica (CEa) de 0,3 dS m⁻¹; solução a temperatura ambiente, a 30 e a 32 °C com o uso de água salobra (CEa 6,5 dS m⁻¹), com duas cultivares de coentro ('Tabocas' e 'Verdão') nas subparcelas, cultivadas dentro do mesmo canal hidropônico. No outono-inverno foi cultivada apenas a cv. 'Verdão', em esquema fatorial 2 x 2: temperatura ambiente da solução e temperatura a 30 °C e CEa de 0,3 e 6,5 dS m⁻¹. Avaliaram-se a altura de planta, diâmetro do caule, as massas de matéria fresca e seca da parte aérea, temperatura foliar e a qualidade das plantas produzidas. Apenas no experimento de verão registraram-se nas plantas das duas cultivares de coentro sintomas de toxidez pela salinidade. Em condição de cultivo com e/ou sem estresse salino foi possível cultivar coentro em solução nutritiva com temperatura até 30 °C.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L., Cultivo sem solo; Estresses abióticos; Salinidade

HYDROPONIC CULTIVATION OF CORIANDER USING FRESH AND BRACKISH WATERS WITH DIFFERENT NUTRIENT SOLUTION TEMPERATURES

ABSTRACT: Despite the a large number of studies conducted with salinity in hydroponic systems, because in this system the response of plants to salinity is better than in the soil when irrigated with the water of same salinity, there are few studies that evaluate the interaction of salinity and temperatures of the nutrient solution. The study aimed was to evaluate the growth and production of the coriander under conditions of cultivation with and without saline stress with different temperatures of the nutrient solution. For this, two experiments, one January to February (summer) and other from June to July (autumn-winter) 2018, were conducted in a hydroponic system, using the Nutrient Film Technique (NFT). In the summer experiment, a 5 x 2 factorial arrangement in split-plot was used, which consisted of five combinations: ambient temperature and constant temperature at 32 °C of the nutrient solution using fresh water, with electrical conductivity (ECw) of 0.3 dS m⁻¹, and ambient temperature and constant temperatures at 30 and 32 °C of the nutrient solution using brackish water (ECw 6.5 dS m⁻¹), with two coriander cultivars ('Tabocas' and 'Verdão') in the sub-plots, which were cultivated in the same hydroponic channel. Only cv. 'Verdão' in the autumn-winter experiment was cultivated, a 2 x 2 factorial arrangement was used, which consisted of two temperatures of the nutrient solution (ambient and 30 °C) and two levels of ECw (0.3 and 6.5 dS m⁻¹). Plant height, stem diameter, shoot fresh and dry matters, foliar temperature and visual quality of the coriander were evaluated. Only in the summer experiment, the plants of the two coriander cultivars showed toxic symptoms under salinity. It was viable to cultivation the coriander at solution temperature up to 30 °C with and/or without saline stress.

Key-words: *Coriandrum sativum* L.; Soilless cultivation; Abiotic stress; Salinity

1. INTRODUÇÃO

Em condições naturais, as plantas são frequentemente submetidas aos diferentes tipos de estresses abióticos, que podem reduzir consideravelmente o crescimento e o rendimento das culturas (SILVA et al., 2010; ZRIBI et al., 2017; ESPASANDIN et al., 2018). Dentre esses estresses, o salino é o principal limitante para o crescimento das plantas (MARTÍNEZ et al., 2014; KHAN et al., 2018).

O estresse salino afeta primeiramente o sistema radicular das plantas, pois é o órgão vegetal diretamente exposto aos sais, o que prejudica a absorção de água e nutrientes e, por conseguinte, o deslocamento para os outros órgãos, levando à redução do crescimento das plantas (MUNNS, 2002; MUNNS & TESTER, 2008; MENG et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2018).

Águas com altas concentrações de sais tornam-se inviáveis para utilização na irrigação para maioria dos cultivos no plantio convencional em solo. Para mitigar tal problemática, o cultivo sem uso do solo (hidroponia) tem sido apontado como solução viável tecnicamente para utilização de águas salobras, visto que há maior disponibilidade da água para as plantas, pois não existe energia de retenção (potencial mátrico) quando se trata do cultivo em solução nutritiva.

A alface tem sido uma das principais culturas exploradas nos estudos envolvendo o uso de águas salobras em condições hidropônicas (AL-MASKRI et al., 2010; SANTOS et al., 2010ab; 2011; SOARES et al., 2010; 2015; 2016; 2019; ALVES et al., 2011; DIAS et al., 2011; PAULUS et al., 2012; COVA et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2017; NIU et al., 2018; SILVA et al., 2018a).

Com o avanço nessa temática, tem sido possível a diversificação de culturas, como a rúcula (SILVA et al., 2011; 2012; 2013; JESUS et al., 2015; CAMPOS JÚNIOR et al., 2018ab), coentro (CAZUZA NETO et al., 2014ab; SILVA et al., 2015a; 2016a; 2018b), couve chinesa (LIRA et al., 2015), cebolinha (SOUZA et al., 2016; SILVA JUNIOR, 2017), couve-folha (VIANA, 2017), agrião (LIRA et al., 2018), couve-flor (CRUZ et al., 2018; SOARES, 2018) e pimentão (SANTOS et al., 2018).

Na maioria desses trabalhos atribuem-se reduções no crescimento das plantas basicamente pelo efeito do estresse salino, sem fazer qualquer tipo de menção ao

efeito da temperatura da solução interagindo com os sais. É de suma importância entender a dinâmica dessa interação, e assim, obter êxito na produção em condições hidropônicas quando se utilizam águas salobras, principalmente em regiões tropicais áridas e semiáridas, onde na maioria dos meses do ano as temperaturas são elevadas. Esse é o caso da Região Semiárida, no Nordeste do Brasil.

Nesse contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento, a produção e a qualidade do coentro cultivado em condições com e sem estresse salino com diferentes temperaturas da solução nutritiva.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização do local do estudo

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação (7,0 m de largura, 24 m de comprimento e orientação Leste-Oeste), entre os meses de janeiro e fevereiro (verão) e junho e julho (outono-inverno) de 2018, nas dependências da área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, no Núcleo de Engenharia de Água e Solo/NEAS, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, município de Cruz das Almas-BA (12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m).

No interior da casa de vegetação obtiveram-se valores de temperatura e umidade relativa do ar, por meio de sensor termohigrômetro modelo HMP45C (Vaisala, Inc.; Helsinki, Finland) conectado a um datalogger modelo CR 1000 (Campbell Scientific, Inc.; Logan, Utah, USA), com médias armazenadas a cada 10 min. No experimento de verão, as temperaturas (Figura 1A) e umidade relativa do ar (Figura 1C) oscilaram entre 21,8 e 38,1 °C e 32,8 e 99,3%, com médias de 27,6 °C e 72,3%, respectivamente. Para o experimento de outono-inverno, as temperaturas (Figura 1B) e umidade relativa do ar (Figura 1D) oscilaram entre 19,0 e 34,5 °C e 42,5 e 95,7%, com médias de 22,1 °C e 83,1%, respectivamente.

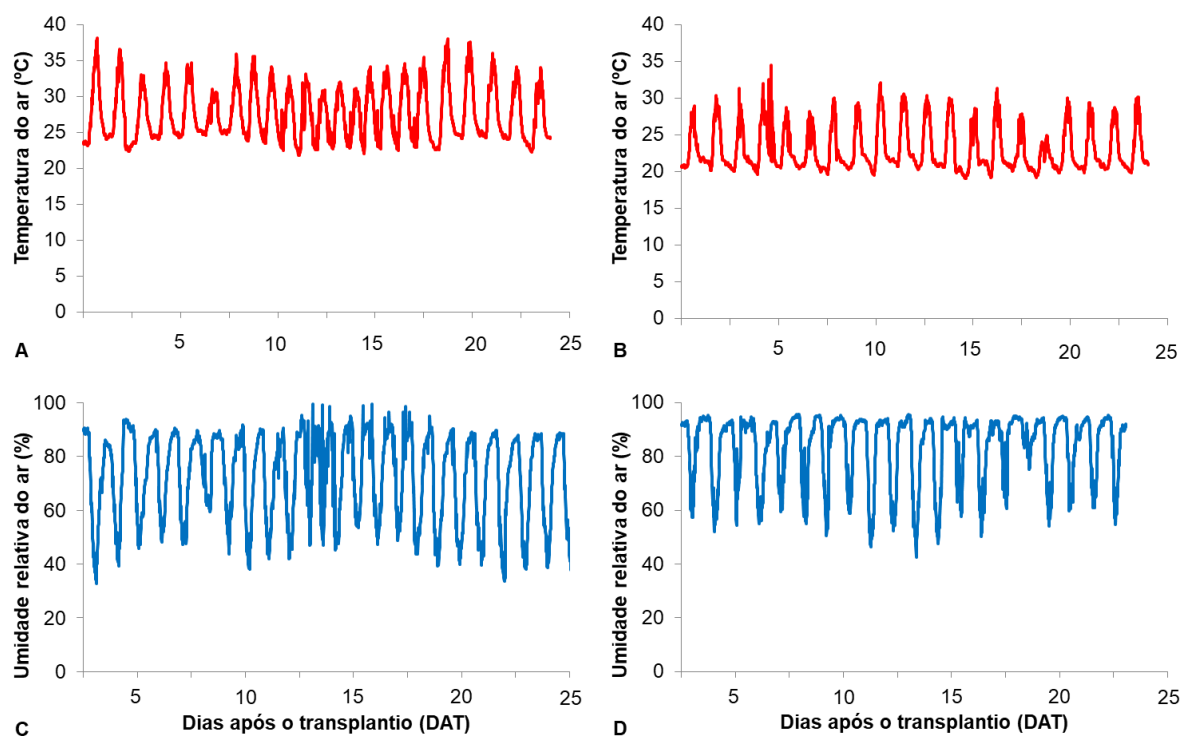


Figura 1. Dados instantâneos de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa da vegetação, nos experimentos de verão (A e C) e outono-inverno (B e D).

2.2. Delineamento experimental e tratamentos

Em ambos os experimentos, o delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições. No experimento de verão foi utilizado o esquema fatorial 5 x 2 em parcelas subdivididas, que consistiu de cinco combinações nas parcelas principais: temperatura da solução ambiente (sem controle) e temperatura constante a 32 °C com o uso de água doce com condutividade elétrica (CEa) de 0,3 dS m⁻¹; temperatura da solução ambiente e temperaturas a 30 e 32 °C com o uso de água salobra (CEa 6,5 dS m⁻¹), com duas cultivares de coentro ('Tabocas' e 'Verdão') nas subparcelas, cultivadas dentro do mesmo canal hidropônico.

No experimento de outono-inverno foi cultivada apenas a cv. 'Verdão', sendo os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2 x 2: duas temperaturas da solução (ambiente e constante a 30 °C) e dois níveis de CEa (0,3 e 6,5 dS m⁻¹) (Tabela 1). Estas águas foram utilizadas tanto para o preparo da solução como para reposição do volume consumido dos respectivos tratamentos.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados no cultivo hidropônico do coentro.

Experimento	Tratamento	CEa (dS m ⁻¹)	Temperatura (°C)
Verão	Am/NS (testemunha)	0,3	Ambiente
	Am/S	6,5	Ambiente
	30 °C/S	6,5	30
	32 °C/NS	0,3	32
	32 °C/S	6,5	32
Outono- inverno	Am/NS (testemunha)	0,3	Ambiente
	Am/S	6,5	Ambiente
	30 °C/NS	0,3	30
	30 °C/S	6,5	30

Am/NS, 30 °C/NS e 32 °C/NS - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição não salina. Am/S, 30 °C/S e 32 °C/S - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição salina.

2.3. Estrutura experimental

Foi utilizado o sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), com canais de cultivo (com declividade de 3,0%) confeccionados com tubos de PVC de 0,075 m de diâmetro e 6 m de comprimento, contendo orifícios circulares de 0,05 m de diâmetro, espaçados entre si em 0,25 m. Os canais foram dispostos em bancadas construídas com cavaletes de tubos de PVC de 0,05 m, no total de quatro canais por bancada, espaçados em 0,25 m. A parte mais alta das bancadas estava a uma altura de 1,10 m em relação ao solo (Figura 2).



Figura 2. Estrutura experimental utilizada no cultivo hidropônico do coentro em ambos os experimentos de verão e outono-inverno.

Para cada tratamento foi utilizado um reservatório com capacidade de 500 L, dotado de uma torneira-boia, que mantinha o volume de solução nutritiva em 400 L. Em ambos os experimentos, os reservatórios foram revestidos com uma manta geotêxtil (bidim) mantida constantemente molhada para evitar o aquecimento dos mesmos e, assim, manter as temperaturas das soluções dentro da faixa desejada.







Com o uso de eletrobombas (32 Watts) a solução nutritiva foi bombeada dos reservatórios até os canais de cultivo. O sistema de recalque da solução consistiu de tubulação de PVC de 0,032 m, que saía da eletrobomba até o início da bancada. A partir daí uma tubulação de 0,02 m prolongava-se até a altura do canal de cultivo para derivar a solução, colocando-se nesse ponto um “tampão” com um furo, no qual foi inserido um microtubo como injetor. Na parte mais baixa das bancadas em cada canal de cultivo utilizou-se uma garrafa pet para coletar a solução drenada, conectando a mesma em tubulação de 0,02 m para o retorno da solução até o reservatório de origem (Figura 2).

Também foi acoplado um sistema de abastecimento de água individualizado para cada reservatório, sendo responsável pela reposição de água consumida pelas plantas. Esse abastecedor foi construído com tubulação de PVC de 0,15 m, com capacidade para 15 L, sendo dotado de uma régua graduada fixada junto a uma mangueira transparente instalada no sentido vertical para realizar a leitura do nível de água no abastecedor. O mesmo foi interligado ao reservatório de solução nutritiva por meio de mangueira, na qual se conectou um registro que permanecia fechado.

2.4. Sistema de aquecimento das temperaturas das soluções

O sistema para o controle das temperaturas das soluções (aquecidas em 30 e 32 °C) foi desenvolvido utilizando-se placa Arduino, na qual conectaram-se os componentes (Tabela 2): sensor de temperatura DS18B20, módulos leitor de cartão SD (armazenamento dos dados), relógio de tempo real (RTC) (para fornecer o horário do armazenamento dos dados) e relés (controlar o aquecedor) (Hengjiaan, Ltd.; Shenzhen, China). Em cada reservatório foi utilizado um aquecedor de 2.000 Watts (D'Volts, Campo Mourão, Brasil) e um sensor para as leituras das temperaturas.

Tabela 2. Descrição dos componentes utilizados na construção do sistema automático de aquecimento das soluções nutritivas fornecidas no cultivo hidropônico do coentro.

Arduino Uno¹		Módulo real time clock – RTC (DS3231)¹	
Módulo cartão SD¹		Sensor de temperatura (DS18B20)¹	
Módulo relé¹		Aquecedor	

¹ Disponível em: <http://www.dx.com>.

2.5. Condução da cultura

Para o experimento de verão, sementes de coentro cv. ‘Tabocas’ e cv. ‘Verdão’ foram semeadas em 19/01/2018. Para o experimento de outono-inverno, foi semeada a cv. ‘Verdão’ em 01/06/2018. Em ambos os casos, a semeadura se deu em copos plásticos (80 mL) contendo substrato de fibra de coco, dispendo-se 15 sementes em cada copo. Em seguida as sementes foram cobertas com o mesmo substrato. Realizam-se cortes no fundo dos copos visando à passagem do sistema radicular. Da semeadura até o transplântio as plântulas foram irrigadas manualmente com água do abastecimento local (CEa 0,3 dS m⁻¹).

Aos 13 e 10 dias após a semeadura, nos experimentos de verão e outono-inverno, respectivamente, iniciaram-se os tratamentos, com o transplântio das

plântulas de coentro para o sistema hidropônico. Realizaram-se antes o desbaste, deixando 12 plantas por copo, conforme recomendações de Silva et al. (2016b). Foram distribuídos em cada canal de cultivo 20 maços de coentro (10 de cada cultivar ‘Tabocas’ e ‘Verdão’) no experimento de verão e 10 maços da cv. ‘Verdão’ no experimento de outono-inverno. O aquecimento das soluções foi iniciado um dia antes do transplântio.

2.6. Preparo das soluções nutritivas e condução dos experimentos

Inicialmente, a água salobra (CEa 6,5 dS m⁻¹) foi obtida pela adição de cloreto de sódio (NaCl) na água de abastecimento (CEa 0,3 dS m⁻¹). Posteriormente, nessas águas foram adicionados sais fertilizantes empregando-se a formulação de nutrientes de Furlani et al. (1999) para hortaliças folhosas: As quantidades de sais nutrientes para o preparo de 1000 L foram de: 750 g de nitrato de cálcio, 500 g de nitrato de potássio, 150 g de fosfato monoamônico, 400 g de sulfato de magnésio, 0,15 g de sulfato de cobre, 0,5 g sulfato de zinco, 1,5 g de sulfato de manganês, 1,5 g de ácido bórico, 0,15 g de molibdato de sódio e 30 g de ferro (FeEDDHMA 6%).

Após a adição dos nutrientes nas águas, os valores das condutividades elétricas das soluções (CEsol) foram de 2,7 e 8,5 dS m⁻¹ no experimento de verão e de 2,5 e 8,9 dS m⁻¹ no experimento de outono-inverno, com valores de pH de aproximadamente 6,0. Ao longo dos experimentos os valores de pH das soluções foram medidos utilizando-se um pHmetro portátil com resolução de 0,01 e com compensação automática de temperatura (Hanna Instruments Inc.; Woonsocket, Rhode Island, USA). Em geral, os valores de pH não sofreram grandes alterações em função dos tratamentos, com oscilações entre 4,7 e 6,3 (no experimento de verão) e entre 5,9 e 6,5 (no experimento de outono-inverno), não sendo realizada qualquer tipo de correção.

Os valores de CEsol real (sem compensação de temperatura) (Equações 1 e 2) e de CEsol padronizados à 25 °C (Equação 3) foram monitorados continuamente, empregando-se células de CE (tais equações são específicas dessas células), com médias armazenadas a cada 10 min em datalogger, conforme descrito no subitem 2.1. No verão uma célula permaneceu durante todo experimento no reservatório do tratamento testemunha (temperatura ambiente e sem estresse salino) e a outra foi alternada nos demais reservatórios. No outono-inverno as duas células de CE foram alternadas nos reservatórios ao longo do experimento. No final dos experimentos os

valores de CEsol com compensação automática de temperatura a 25 °C foram de: 2,60 e 2,65 dS m⁻¹ sob temperaturas ambiente e a 32 °C sem estresse salino; de 10,06; 10,10 e 10,12 dS m⁻¹ sob temperaturas ambiente, a 30 e a 32 °C com estresse salino no verão. No outono-inverno os valores de CEsol foram de 1,92 e 2,77 dS m⁻¹ sem estresse salino e de 9,75 e 11,10 dS m⁻¹ com estresse salino sob temperaturas ambiente e a 30 °C, respectivamente.

$$\{ \text{CEsol real} = \text{CEsol real} \times 0,5031 - 0,00378 ; \text{ para CEsol real} < 0,474 \quad (1)$$

$$\{ \text{CEsol real} = 0,02846 \times (\text{CEsol real}^2) + \text{CEsol real} \times 0,98614 - 0,02889 ; \quad \text{para CEsol real} > 0,474 \quad (2)$$

$$\text{CEsol } 25^\circ\text{C} = \frac{\text{CEsol real} \times 100}{[(\text{Tsol} - 25) \times 2 + 100]} \quad (3)$$

em que: Tsol é a temperatura da solução nutritiva, °C.

Para o experimento de verão o controle do acionamento das eletrobombas foi realizado na própria placa do Arduino, conforme descrito no subitem 2.4, com irrigações programadas em intervalos alternados de 10 min. No outono-inverno as irrigações foram a cada 15 min, utilizando-se timer analógico.

Diariamente, para quantificar o consumo hídrico o registro do reservatório com água era aberto, conforme descrito no subitem 2.3, proporcionando a saída de água para o reservatório de solução, permitindo-se assim a manutenção do volume de 400 L. Esse procedimento foi realizado pela manhã e tarde para evitar alterações nas temperaturas controladas, pois as águas nos reservatórios de abastecimento estavam sob temperatura ambiente.

2.7. Variáveis avaliadas

2.7.1. Análise de sintomas visuais

O aspecto visual do coentro foi monitorado periodicamente para identificar possíveis sintomas relacionados aos tratamentos, bem como qualquer dano causado por pragas e/ou doenças.

2.7.2. Temperaturas e condutividades elétricas da solução nutritiva

As temperaturas das soluções monitoradas (registradas) nos reservatórios foram plotadas em gráficos para visualização ao longo dos experimentos. Também foram plotadas em gráficos as CE_{sol} real e padronizada à 25 °C ao longo do dia.

2.7.3. Crescimento e produção

Foram realizadas colheitas aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT), colhendo-se por canal de cultivo dois maços de plantas de coentro de cada cultivar (no experimento de verão) e dois maços no experimento de outono-inverno. Determinaram-se: diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP) e massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas (MFPA_{maço}). De cada maço foram tomadas as medidas do DC de três plantas individualmente a uma altura de 0,02 m do nível do substrato, com auxílio de um paquímetro digital. As medidas de AP foram obtidas com auxílio de uma fita métrica, a partir do nível do substrato até a extremidade das folhas mais altas. Imediatamente após a pesagem das plantas, o material fresco foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa de circulação forçada, à temperatura de 65 °C até atingir massa constante, para se quantificar a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA_{maço}).

2.7.4. Consumo hídrico

Calculou-se o consumo hídrico (CH) acumulado em todo o ciclo (1-25 DAT), baseado no volume consumido no reservatório dividido pelo número de maços de plantas (Equação 4). No experimento de verão o CH foi em conjunto para as duas cultivares.

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

em que: V_{ETC} é o volume evapotranspirado, L maço⁻¹ dia⁻¹; L_f e L_i são as leituras final e inicial do nível da água no reservatório de abastecimento, m; D é o diâmetro interno do reservatório de abastecimento, m; ΔT é o intervalo de tempo entre as leituras, dias; n é o número de maços de plantas no canal de cultivo.

São apresentados apenas os valores médios de CH, não sendo possível realizar a análise de variância, pois para cada tratamento utilizou-se apenas um reservatório com solução nutritiva.

2.7.5. Temperatura foliar

Na última colheita (aos 25 DAT), apenas no experimento de verão, foram realizadas leituras da temperatura foliar, utilizando-se um termômetro de infravermelho portátil com uma resolução de 0,1 °C, modelo GM300 (Benetech® Co., Ltd., Shenzhen, China). Para isso, previamente foram selecionadas três plantas de cada maço por parcela, e de cada planta selecionada uma folha localizada na parte superior sem qualquer interferência de sombreamento. As leituras foram feitas sempre no sentido perpendicular à posição da folha, a uma distância de 0,05 m da mesma. As leituras foram realizadas a cada 2 h das 7 às 17 h.

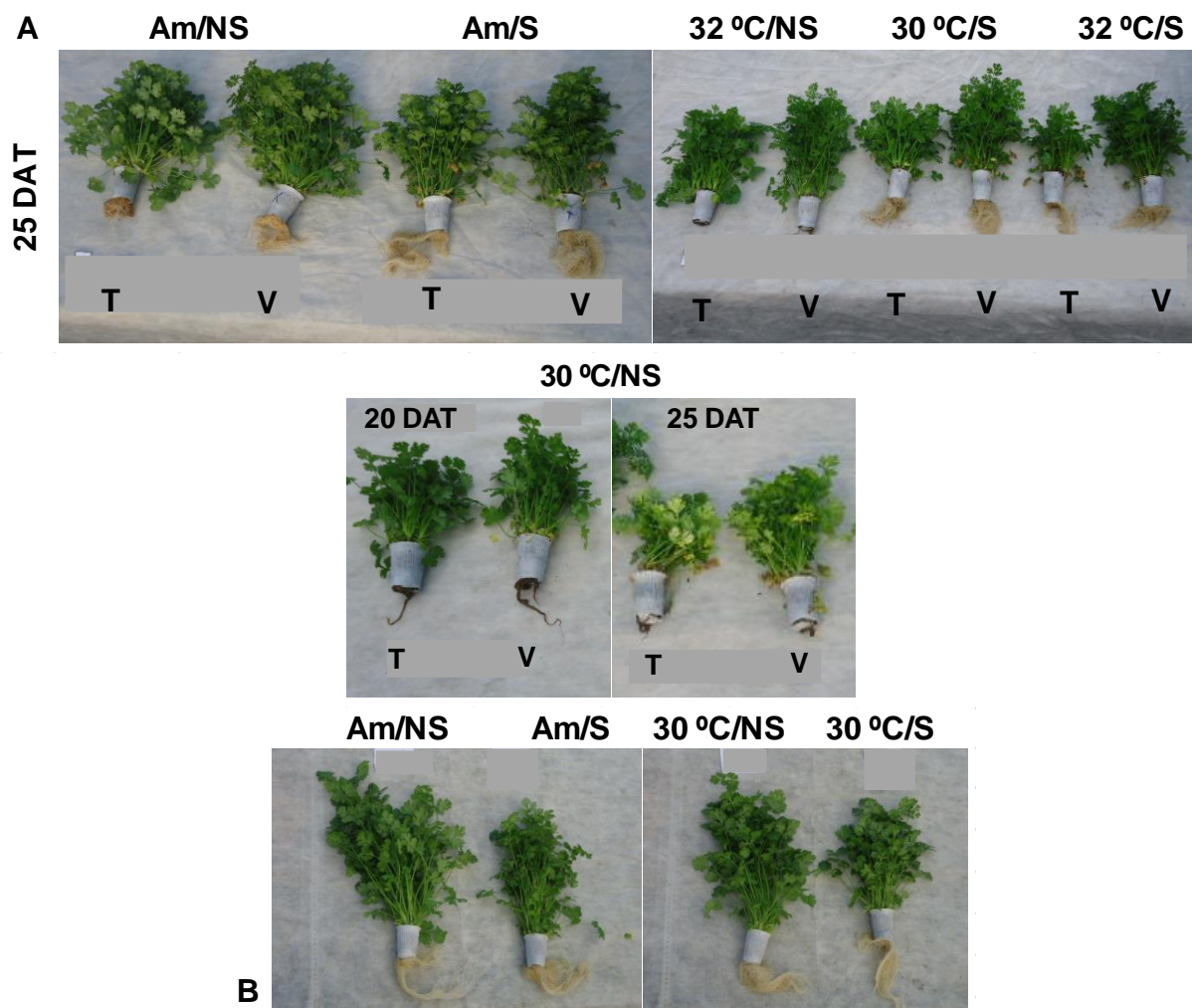
2.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância mediante o teste F. No experimento de verão, as médias obtidas em função da combinação das condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas foram agrupadas mediante o teste de Scott-Knott, enquanto as médias das cultivares de coentro foram comparadas pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. No experimento de outono-inverno as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de sintomas visuais

No experimento de verão, aos 6 DAT registraram-se para as duas cultivares de coentro sintomas visuais de queima nas bordas das folhas mais velhas das plantas cultivadas em condições de estresse salino (CEa 6,5 dS m⁻¹), independente das temperaturas das soluções, resultando em necrose (Figura 3A). Tais sintomas justificam-se pela alta demanda evapotranspirométrica, que resultou em maior aporte dos íons tóxicos (Na⁺ e/ou Cl⁻) para o interior da planta (PARVAIZ & SATYAWATI, 2008; WILLADINO & CAMARA, 2010; ALI & YUN, 2016; ACOSTA-MOTOS et al., 2017; ISMAIL & HORIE, 2017).



DAT - dias após o transplântio. T e V - são as cultivares de coentro 'Tabocas' e 'Verdão'. Am/NS, 30 °C/NS e 32 °C/NS - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição não salina. Am/S, 30 °C/S e 32 °C/S - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição salina.

Figura 3. Aspecto visual do coentro cultivado em sistema hidropônico NFT com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas, nos experimentos de verão (A) e outono-inverno (B).

Quantitativamente, as folhas sintomáticas permaneceram as mesmas até o final do experimento, não se verificando qualquer tipo de anomalias nas novas folhas emitidas posteriormente aos primeiros sintomas registrados (Figura 3A). Sintomas similares aos registrados no presente trabalho foram reportados por Cazuza Neto et al. (2014a) em estudo conduzido na primavera no mesmo local. Naquele trabalho a água com CE de $7,73 \text{ dS m}^{-1}$ ocasionou queima nas bordas foliares do coentro cv. 'Verdão' cultivado em hidroponia NFT. Para diferentes espécies cultivadas em condições hidropônicas sob estresse salino com NaCl, como rúcula (SILVA et al.,

2011), alface (SOARES et al., 2016) e morangueiro (FERREIRA et al., 2019) verificaram-se plantas sintomáticas pela toxidez de Na^+ e/ou Cl^- .

Comprova-se ainda que o estresse salino nas plantas se torna mais drástico nas épocas mais quentes (ANDRIOLO et al., 2008; SERGIO et al., 2012; NEGRÃO et al., 2017), pois no experimento de outono-inverno não foram registrados quaisquer tipos de sintomas visuais, seja na parte aérea e/ou raízes, em função dos estresses salino e de temperaturas das soluções (Figura 3B). Silva et al. (2018b) não registraram qualquer distúrbio em plantas de coentro cv. 'Verdão' em hidroponia DFT no inverno, mesmo sob CEa de $7,0 \text{ dS m}^{-1}$. Isso mostra a importância da realização de estudos repetidos em condições contrastantes de clima e para diferentes cultivares da mesma espécie.

No experimento de verão, nas condições de cultivo sem estresse salino (CEa $0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e com temperaturas das soluções ambiente e a 32°C , visualmente, verificaram-se anomalias nas raízes das plantas de coentro, sendo mais drásticas para cv. 'Tabocas', com desenvolvimento incipiente e de coloração escura (Figura 3A). Tais sintomas foram relacionados com a presença de *Pythium*, cujo agravamento é favorecido em condições de elevadas temperaturas e que ocasiona estresse nas plantas, diminuindo a sua resistência natural. Apesar desses sintomas nas raízes, a parte aérea não foi afetada.

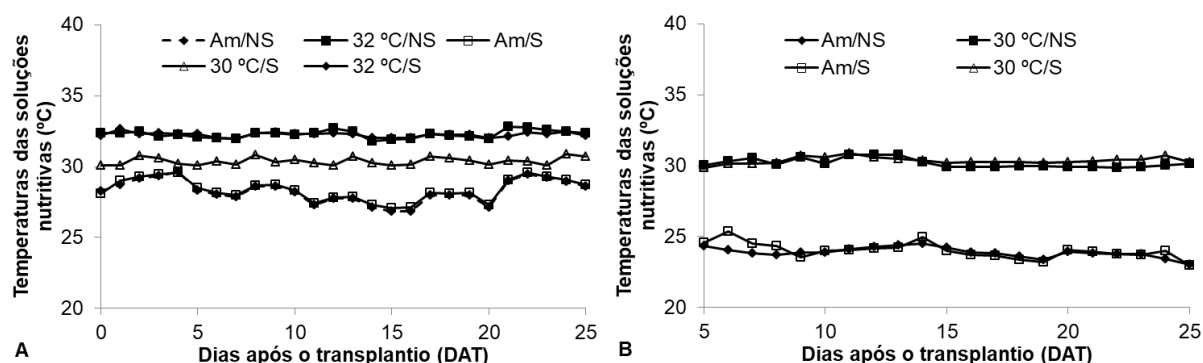
A concepção inicial do experimento era de seis tratamentos nas parcelas principais, no entanto, a partir dos 20 DAT na condição sem estresse salino e com temperatura a 30°C , as raízes de todas as plantas foram afetadas drasticamente, levando ao murchamento total da parte aérea no final do experimento (Figura 3A), excluindo-se esse tratamento.

Diferentemente do que se esperava em condições de cultivo sob estresse salino, as raízes não foram usualmente acometidas por *Pythium*. Conforme Corrêa & Bettiol (2009), o *Pythium* pode causar infecções subclínicas, não havendo exibição de sintomas clássicos da doença. Em alguns estudos têm-se relatado que a salinidade inibiu o surgimento de algumas espécies de *Pythium*, dependendo dos níveis de salinidade e infecção (Al-SADI et al., 2010; PAHLEVANI et al., 2013).

3.2. Temperaturas e condutividades elétricas das soluções nutritivas

No monitoramento contínuo das temperaturas das soluções nutritivas nos reservatórios, em geral, sob condições sem (CEa $0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e com estresse salino

(CEa $6,5 \text{ dS m}^{-1}$) as temperaturas médias diárias das soluções foram aproximadamente iguais, no verão (Figura 4A) e no outono-inverno (Figura 4B).



Am/NS, 30 °C/NS e 32 °C/NS - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição não salina. Am/S, 30 °C/S e 32 °C/S - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição salina.

Figura 4. Temperaturas médias diárias das soluções nutritivas nos experimentos de verão (A) e outono-inverno (B).

No experimento de verão sob temperatura ambiente, nos primeiros e últimos cinco dias registraram-se as maiores médias das temperaturas, chegando aproximadamente 30 °C. Para os tratamentos com temperaturas constantes (30 °C/S, 32 °C/NS e 32 °C/S) as médias durante o experimento foram de $30,38 \pm 0,27$; $32,28 \pm 0,26$ e $32,25 \pm 0,16$ °C, respectivamente (Figura 4A). No experimento de outono-inverno, nas diferentes condições de cultivo (Am/NS, Am/S, 30 °C/NS e 30 °C/S) as médias diárias das temperaturas das soluções foram da ordem de $23,90 \pm 0,36$; $24,00 \pm 0,55$; $30,17 \pm 0,32$ e $30,35 \pm 0,24$ °C, respectivamente (Figura 4B).

Conforme Yan et al. (2012), o efeito da temperatura na absorção de nutrientes é difícil de generalizar, pois esses efeitos variam com os diferentes processos fisiológicos das plantas, podendo ainda, conforme Monteiro Filho et al. (2018), causar problemas fitossanitários e de ordem nutricional nas plantas, especialmente devido à baixa disponibilidade de oxigênio para as raízes.

De modo geral, consideram-se adequados valores de temperaturas das soluções na faixa entre 20 e 25°C, ideal para absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas, portanto, favorecendo o crescimento da parte aérea (XU & HUANG, 2006; MONTOYA et al., 2017). Em regiões quentes as temperaturas das soluções ultrapassam 30 °C (BARBIERI et al., 2010; COMETTI et al., 2013; AL-RAWAHY et al., 2018; 2019), como verificado em cultivos com águas salobras em

hidroponia, com alface (SANTOS et al., 2010a; 2011), rúcula (SILVA et al., 2011; 2012) e coentro (SILVA et al., 2017), mas apesar disso, os autores não atribuíram qualquer dano nas plantas pelas elevadas temperaturas registradas.

As altas temperaturas das soluções podem comprometer as funções fisiológicas das plantas, tais como aquelas que envolvem formação de clorofila e processos fotossintéticos (NXAWE et al., 2011) e, conseqüentemente, o rendimento de fitomassa (SAKAMOTO & SUZUKI, 2015). No estudo de Nxawe et al. (2011), o aumentando da temperatura da solução até 34 °C resultou em rupturas estruturais e funcionais dos cloroplastos e redução na acumulação de clorofila, levando uma diminuição na taxa de fotossíntese em *Ornithogalum longibracteatum*.

Ao se avaliar o comportamento das temperaturas das soluções nos horários mais quentes do dia (entre 10-17 h), em geral, os valores constantes estabelecidos (desejados) nos respectivos tratamentos (30 e 32 °C) e os reais observados foram bem próximos, indicando que a metodologia adotada para o aquecimento das soluções foi adequada para atender os objetivos do presente trabalho (Tabela 3).

Tabela 3. Temperaturas das soluções desejadas e observadas no cultivo do coentro em hidroponia NFT ao longo dos experimentos de verão e outono-inverno, nos horários entre 10 e 17 h.

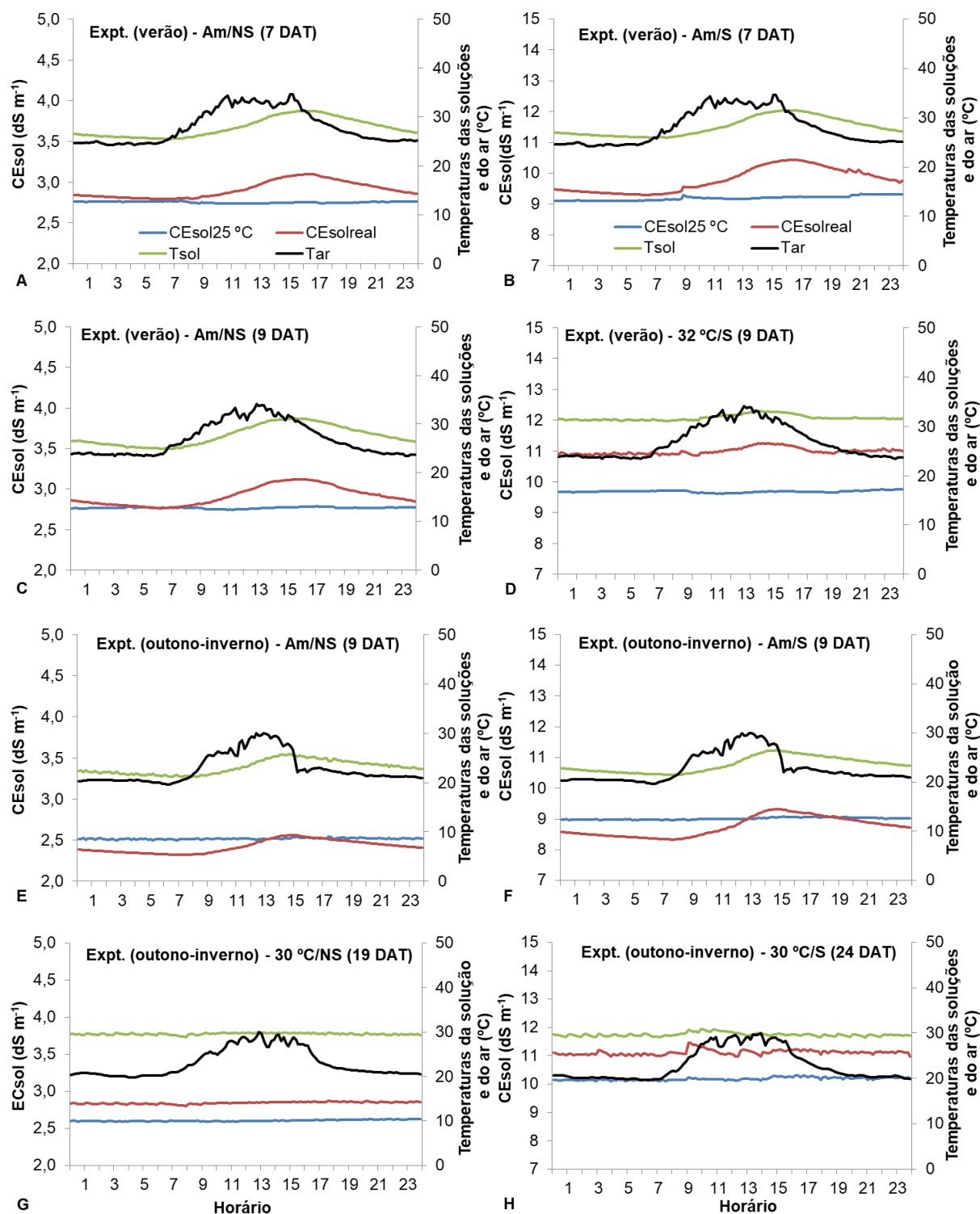
Temp. desejadas	Am/NS	Am/S	30 °C/NS	30 °C/S	32 °C/NS	32 °C/S
Experimento de verão						
Temp. observadas	28,1	28,1		30,6	32,4	32,3
Experimento de outono-inverno						
Temp. observadas	23,7	24,5	29,9	30,4		

Temp. - Temperaturas. Am/NS, 30 °C/NS e 32 °C/NS - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição não salina. Am/S, 30 °C/S e 32 °C/S - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição salina.

Ao se avaliar o comportamento das temperaturas das soluções e do ar ao longo do dia, em geral, no cultivo sem controle térmico (Am/NS e Am/S) as temperaturas das soluções ficaram abaixo das temperaturas do ar nos horários entre 7 e 15 h. Após esse último horário, as curvas se interceptam e ocorreram as maiores temperaturas das soluções (Figura 5), ou seja, ocorre um atraso no aquecimento e depois outro atraso no resfriamento das soluções ao longo do dia. A demora no aquecimento e no resfriamento da solução se deve ao calor específico da água,

sendo necessária elevada quantidade de calor (aproximadamente $4187 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) em relação ao ar ($1007 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$).

No experimento de verão, em geral, em função das altas temperaturas das soluções na condição sem controle térmico (Am/NS e Am/S) (Figuras 5A, 5B e 5C), os valores de CEsol reais foram quase sempre superiores aos padronizados à $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\text{CEsol}_{25 \text{ }^{\circ}\text{C}}$), isso porque os valores das temperaturas das soluções estavam acima de $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ficando em maior parte acima de $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ após 12 h. Na condição sem estresse salino, quando compararam-se apenas em um horário do dia (às 8 h da manhã) durante todo o experimento, os valores de CEsol padronizados à $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e reais foram próximos, com uma leve redução na CEsol no final do experimento (Figura 6).



DAT - dias após o transplanto. Am/NS e 30 °C/NS - temperatura da solução ambiente e a 30 °C em condição não salina. Am/S, 30 °C/S e 32 °C/S - temperatura da solução ambiente, a 30 e a 32 °C em condição salina.

Figura 5. Valores das condutividades elétricas das soluções nutritivas parametrizados à 25 °C ($CE_{sol\ 25\ ^\circ C}$) e reais ($CE_{sol\ real}$), temperaturas do ar (T_{ar}) e das soluções nutritivas (T_{sol}) ao longo de 24 h.

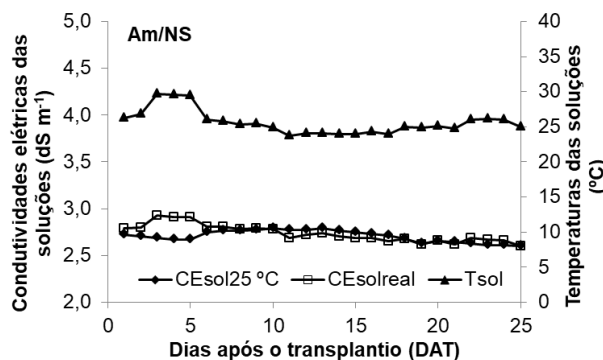


Figura 6. Valores das condutividades elétricas das soluções parametrizados à 25 °C (CEsol_{25 °C}) e reais (CEsol_{real}) e das temperaturas das soluções (Tsol) registrados às 8 h da manhã ao longo do experimento de verão, na condição de cultivo sob temperatura ambiente e sem estresse salino (Am/NS).

Os valores de CEsol reais e de CEsol padronizados à 25 °C se aproximam nos horários entre 5 e 7 h da manhã, quando as temperaturas das soluções diminuam lentamente, aproximando-se de 25 °C. No experimento de outono-inverno as temperaturas das soluções na maior parte do dia foram menores que 25 °C (Figuras 5E e 5F), nesse caso, os valores de CEsol reais foram menores que das CEsol padronizados à 25 °C.

No experimento de verão a CEsol real foi aproximadamente 13% maior que a CEsol padronizada à 25 °C, na condição sem (Figura 5A) e com estresse salino (Figura 5B) sob temperatura ambiente, aos 7 DAT. Aos 9 DAT as CEsol reais foram maiores em aproximadamente 11 e 15% sob temperatura ambiente sem estresse salino (Figura 5C) e temperatura a 32 °C com estresse salino (Figura 5D), respectivamente. Corroborando o resultado do experimento de verão, no outono-inverno sob temperatura ambiente o comportamento da CEsol foi similar nas condições de cultivo sem (Figura 5E) e com estresse salino aos 9 DAT (Figura 5F). No entanto, no outono-inverno as temperaturas das soluções nos horários mais quentes ficaram em torno dos 25 °C. Nesse caso, os valores de CEsol reais e padronizados à 25 °C convergiram. Sob a temperatura constante a 30 °C, os valores de CEsol reais foram maiores que os padronizados à 25 °C em aproximadamente 10 e 12% aos 19 e 24 DAT, no cultivo sem (Figura 5G) e com estresse salino (Figura 5H).

Tais resultados evidenciam o efeito da temperatura sobre a CEsol, pois com o aumento da temperatura ocorre aumento na dissociação dos sais na solução

nutritiva, o que pode resultar em mudanças na absorção dos nutrientes pelas raízes das plantas (HIKASHI et al., 2013; DING et al., 2018) e, por conseguinte, redução na produção (SAMARAKOON et al., 2006). Isso porque a cultura responde à realidade da rizosfera, ou seja, fica condicionada à CEsol real, e não à CEsol parametrizada à 25 °C, cuja importância é metodológica, servindo para comparação da salinidade em diferentes condições de temperaturas, seja para CE da água e/ou de uma solução nutritiva.

3.3. Crescimento e produção do coentro

No experimento de verão, em todos os períodos avaliados houve mudanças significativas dos efeitos isolados da combinação (condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções) e das cultivares de coentro sobre o diâmetro do caule, altura de planta (Tabela 4) e sobre as massas de matéria fresca ($MFPA_{\text{maço}}$) e seca da parte aérea do maço de plantas ($MSPA_{\text{maço}}$) (Tabela 5). Para a interação dos fatores em estudo, aos 25 DAT houve efeito significativo sobre o diâmetro do caule, $MFPA_{\text{maço}}$ e $MSPA_{\text{maço}}$.

No experimento de outono-inverno, houve efeito significativo das temperaturas das soluções sobre o diâmetro do caule (aos 15 e 20 DAT), altura de planta (aos 15, 20 e 25 DAT) (Tabela 4), $MFPA_{\text{maço}}$ (aos 10, 20 e 25 DAT) e $MSPA_{\text{maço}}$ (aos 20 e 25 DAT) (Tabela 5). Sob os níveis de CEa, em todos os períodos verificou-se efeito significativo sobre o diâmetro do caule, altura de planta, $MFPA_{\text{maço}}$ e $MSPA_{\text{maço}}$. Não houve interação significativa ($p > 0,05$) dos fatores em estudo, ou seja, nas condições de cultivo com ou sem estresse salino as plantas responderam de maneira similar às temperaturas das soluções nos diferentes períodos de avaliações.

Tabela 4. Resumo das análises de variância para o diâmetro do caule e altura de planta do coentro em condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas em sistema hidropônico NFT aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT), nos experimentos de verão e outono-inverno.

FV	GL	Quadrados médios							
		10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
-----Diâmetro do caule-----									
-----Altura de planta-----									
Experimento de verão									
Blocos	4	0,046**	0,016 ^{ns}	0,247**	0,119 ^{ns}	0,568 ^{ns}	2,542 ^{ns}	9,426 ^{ns}	6,177 ^{ns}
(Temp x CEa)	4	0,050**	0,189**	0,303**	0,759**	9,909**	35,974**	59,496**	90,078**
Erro (a)	16	0,006	0,011	0,033	0,041	0,619	1,236	5,218	2,835
Cultivar (C)	1	0,377**	0,632**	1,952**	2,962**	12,301**	45,125**	185,474**	720,481**
(Temp x CEa) x C	4	0,008 ^{ns}	0,063 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,333**	0,179 ^{ns}	0,146 ^{ns}	4,123 ^{ns}	6,858 ^{ns}
Erro (b)	20	0,010	0,025	0,061	0,036	1,030	0,768	4,245	2,635
CVa (%)		6,79	6,92	8,77	7,95	7,42	7,94	11,51	6,23
CVb (%)		9,05	10,51	11,88	7,48	9,56	6,25	10,38	6,01
Experimento de outono-inverno									
Blocos	4	0,005 ^{ns}	0,024*	0,045 ^{ns}	0,090 ^{ns}	0,235 ^{ns}	0,780 ^{ns}	2,313 ^{ns}	8,388 ^{ns}
Temp	1	0,003 ^{ns}	0,043*	0,619**	0,242 ^{ns}	0,242 ^{ns}	1,740*	10,296*	43,218*
CEa	1	0,048*	0,258**	0,899**	1,373**	23,328**	54,780**	177,906**	325,625**
Temp x CEa	1	0,001 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,029 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,722 ^{ns}	0,024 ^{ns}	0,741 ^{ns}	3,444 ^{ns}
Erro	12	0,008	0,006	0,035	0,094	0,352	0,259	1,223	5,266
CV (%)		7,51	5,00	8,58	10,64	5,34	3,11	4,44	5,84

FV - Fonte de variação. GL - grau de liberdade. Temp - temperatura da solução. CEa - condutividade elétrica da água. **, * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns - não significativo.

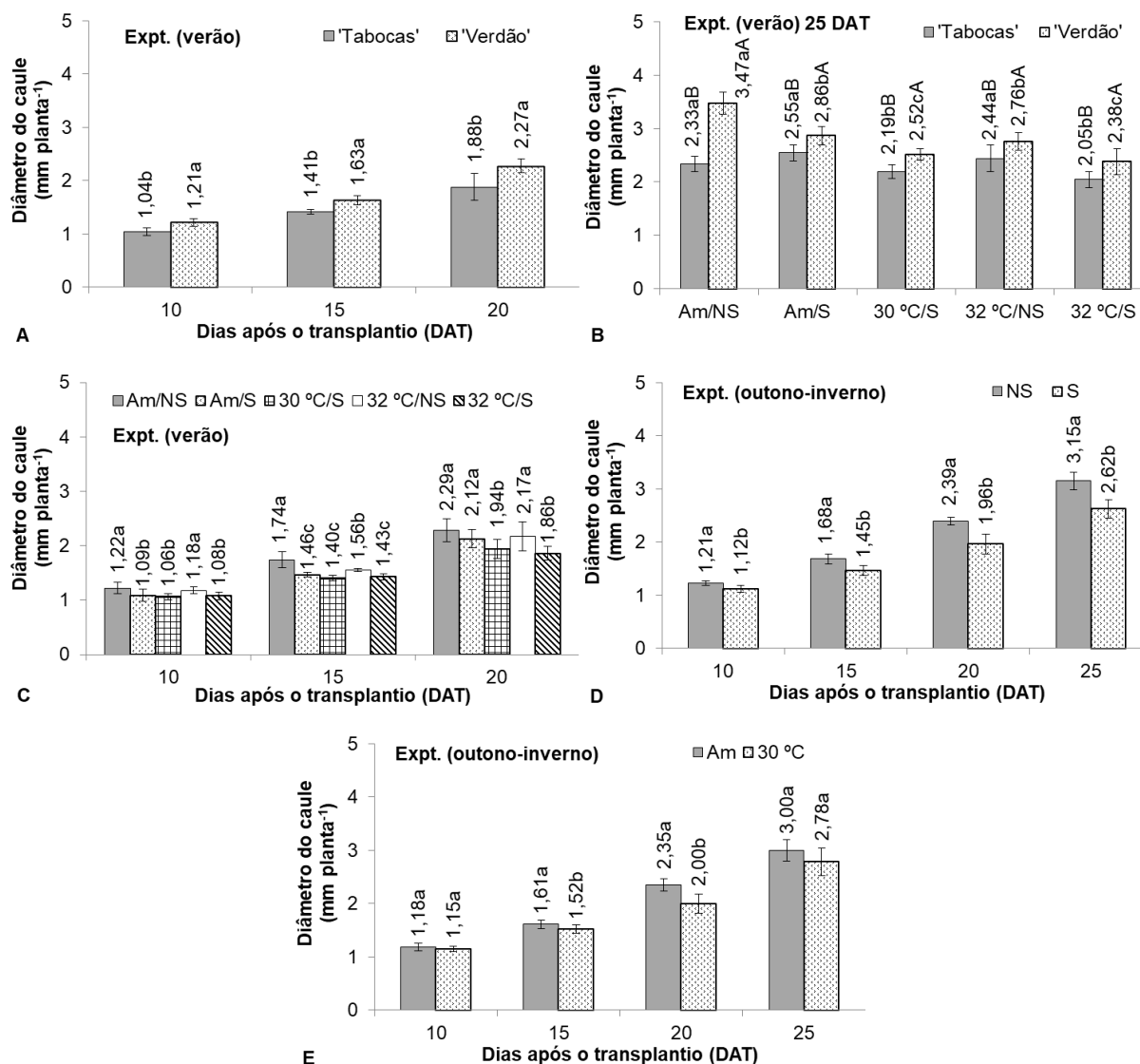
Tabela 5. Resumo das análises de variância para as massas de matéria fresca (MFPA_{maço}) e seca da parte aérea do maço (MSPA_{maço}) do coentro em condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas em sistema hidropônico NFT aos 10, 15, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT), nos experimentos de verão e outono-inverno.

FV	GL	Quadrados médios							
		10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT	10 DAT	15 DAT	20 DAT	25 DAT
-----MFPA _{maço} -----									
-----MSPA _{maço} -----									
Experimento de verão									
Blocos	4	1,030**	2,264 ^{ns}	79,474**	86,970*	0,010**	0,045 ^{ns}	0,773**	0,670*
(Temp x CEa)	4	7,049**	88,052**	546,080**	1990,486**	0,058**	0,356**	4,438**	18,646**
Erro (a)	16	0,100	2,354	16,306	26,733	0,002	0,059	0,089	0,210
Cultivar (C)	1	10,709**	91,584**	338,260**	1814,188**	0,140**	0,977**	2,654**	14,440**
(Temp x CEa) x C	4	0,622 ^{ns}	4,980 ^{ns}	14,308 ^{ns}	402,533**	0,007 ^{ns}	0,109 ^{ns}	0,112 ^{ns}	2,423**
Erro (b)	20	0,239	1,999	28,898	5,393	0,004	0,038	0,191	0,097
CVa (%)		10,38	16,93	19,89	13,16	13,02	25,94	13,99	11,33
CVb (%)		16,02	15,61	26,48	5,91	18,04	20,88	20,47	7,71
Experimento de outono-inverno									
Blocos	4	0,458 ^{ns}	1,068 ^{ns}	11,182 ^{ns}	63,045 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,051 ^{ns}	0,071 ^{ns}	0,648*
Temp	1	1,053*	4,122 ^{ns}	67,344**	654,025**	0,003 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,295**	0,832*
CEa	1	13,041**	103,149**	1115,122**	7611,631**	0,045**	0,325**	4,168**	23,026**
Temp x CEa	1	0,013 ^{ns}	1,885 ^{ns}	1,590 ^{ns}	26,289 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,024 ^{ns}
Erro	12	0,166	1,159	5,231	23,637	0,001	0,031	0,028	0,121
CV (%)		11,00	11,96	9,92	8,07	11,38	21,86	9,01	8,12

FV - Fonte de variação. GL - grau de liberdade. Temp - temperatura da solução. CEa - condutividade elétrica da água. **, * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns - não significativo.

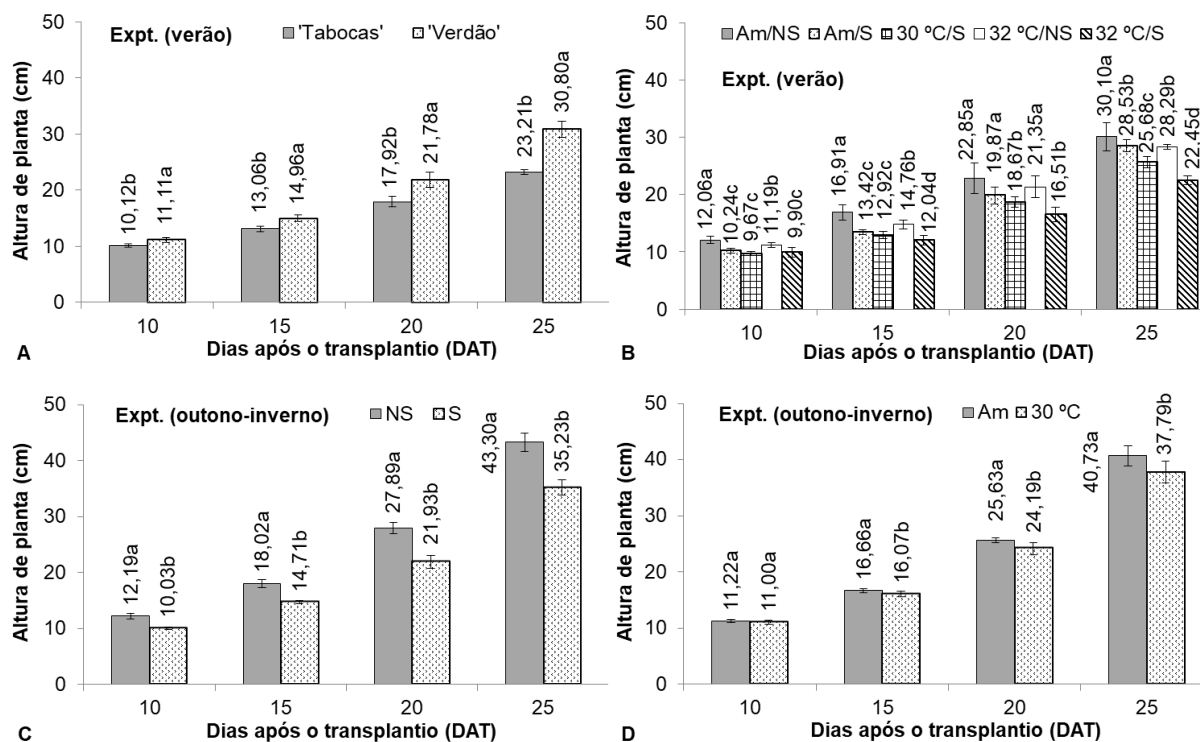
3.3.1. Diâmetro do caule e altura de planta do coentro

Em geral, verificaram-se maior crescimento do diâmetro do caule (Figuras 7A e 7B) e da altura de planta (Figura 8A) para cv. 'Verdão' em relação à cv. 'Tabocas'.



Na Figura B letras maiúsculas comparam-se as médias das cultivares de coentro dentro de cada condição de cultivo (teste de Tukey) e as letras minúsculas as comparações são isoladamente entre as cultivares (teste de Scott-Knott). Nas Figuras A, D e E (teste de Tukey) e C (teste de Scott-Knott) as médias com as mesmas letras dentro de cada período não diferem estatisticamente a 0,05 de probabilidade. Am/NS e 32 °C/NS - temperaturas das soluções ambiente e a 32 °C em condição não salina. Am/S, 30 °C/S e 32 °C/S - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição salina.

Figura 7. Médias do diâmetro do caule do coentro em hidroponia NFT cultivado em condições com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas.



Nas Figuras A, C e D (teste de Tukey) e B (teste de Scott-Knott) as médias com as mesmas letras dentro de cada período não diferem estatisticamente a 0,05 de probabilidade. Am/NS e 32 °C/NS - temperaturas das soluções ambiente e a 32 °C em condição não salina. Am/S, 30 °C/S e 32 °C/S - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição salina.

Figura 8. Médias da altura de planta do coentro em hidroponia NFT cultivado em condições com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas.

No experimento de verão, no dia do transplante as médias do diâmetro do caule foram de 0,69 e 0,83 mm planta⁻¹ e da altura de planta de 4,7 e 4,8 cm para cv. 'Tabocas' e cv. 'Verdão', respectivamente. Aos 10 e 15 DAT a superioridade da cv. 'Verdão' em relação à cv. 'Tabocas' quanto ao diâmetro do caule foi de aproximadamente 16%. Já, aos 20 DAT houve um aumento, que se manteve no mesmo patamar da diferença observada no transplante, de aproximadamente 21% (Figura 7A). Aos 25 DAT o diâmetro do caule foi ainda maior para cv. 'Verdão' na condição sem estresse salino e temperatura ambiente, sendo de aproximadamente 49% em relação à cv. 'Tabocas' (Figura 7B).

A altura de planta variou entre 11,11 e 30,80 cm dos 10 aos 25 DAT para cv. 'Verdão'. Para cv. 'Tabocas' os valores médios de altura de planta foram menores

em relação à cv. 'Verdão' em aproximadamente 9, 13, 18 e 25% aos 10, 15, 20 e 25 DAT (Figura 8A).

Tais resultados divergem dos reportados por Bonifacio et al. (2014), os quais não registraram diferenças significativas para altura de planta das cultivares de coentro 'Tabocas' e 'Verdão' cultivadas em substrato (areia) e irrigadas com solução nutritiva ($\text{CEsol } 1,90 \text{ dS m}^{-1}$). No entanto, corroboram com os resultados de Silva et al. (2015c) no cultivo em solo. Soares et al. (2017) não reportaram diferenças significativas na altura de planta das cultivares de coentro ('Tabocas' e 'Verdão') sob densidade de cinco plantas, enquanto que, sob densidade de oito plantas a cv. 'Verdão' teve maior crescimento em altura, em canais hidropônicos NFT de 58 mm.

Nas condições de cultivo sem ($\text{CEa } 0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e com estresse salino ($\text{CEa } 6,5 \text{ dS m}^{-1}$), o diâmetro do caule do coentro (Figuras 7B e 7C) foi menos sensível às diferentes temperaturas das soluções nutritivas do que a altura de planta (Figura 8B).

Na condição sem estresse salino, aos 15 DAT sob temperatura da solução a 32 °C o diâmetro do caule foi menor em aproximadamente 11% quando comparado com a temperatura ambiente (Figura 7C). Aos 25 DAT a redução foi ainda maior, de aproximadamente 20% considerando o desdobramento apenas para cv. 'Verdão' (Figura 7B). Para altura de planta, aos 10, 15 e 25 DAT as médias sob temperatura a 32 °C foram menores em relação à temperatura ambiente, em aproximadamente 7, 13 e 6%, respectivamente (Figura 8B).

Na condição de estresse salino aos 10 e 15 DAT, independente das temperaturas, as médias do diâmetro do caule não diferenciaram estatisticamente, com reduções médias de aproximadamente 12 e 18% em relação à temperatura ambiente sem estresse salino (Figura 7C). Aos 20 DAT as médias do diâmetro do caule foram menores apenas sob as temperaturas constantes a 30 e 32 °C (Figura 7C), assim como também verificado aos 25 DAT (Figura 7B) ao se avaliar o desdobramento para as cultivares. Para altura de planta, as reduções foram mais acentuadas sob temperatura a 32 °C, principalmente a partir dos 15 DAT (Figura 8B).

No experimento de outono-inverno dos 10 aos 20 DAT, sob estresse salino as reduções percentuais foram crescentes em relação à condição sem estresse, entre aproximadamente 7 e 18% e 18 e 21% para o diâmetro do caule (Figura 7D) e altura

de planta (Figura 8C), respectivamente. No período dos 20 aos 25 DAT na condição sem estresse salino as plantas já não cresciam com a mesma velocidade, pois intensificaram a mobilizar mais energia para produção de fitomassa, enquanto que, na condição sob estresse salino as plantas continuaram crescendo.

Quanto ao efeito da temperatura controlada a 30 °C em relação à temperatura ambiente, as maiores reduções foram observadas aos 20 DAT para o diâmetro do caule (Figura 7E) e aos 25 DAT para a altura de planta (Figura 8D), de aproximadamente 15 e 7%, respectivamente. Conforme vários relatos, o estresse térmico diminui várias funções das plantas, com efeito negativo no crescimento das raízes, fotossíntese, respiração, relações hídricas (GIRI et al., 2017), consequentemente na produção (AL-RAWAHY et al., 2018), como resultante da deterioração das funções fisiológicas das raízes (FALAH et al., 2010). As raízes das plantas são mais sensíveis aos danos relacionados ao estresse térmico do que a parte aérea (HUANG et al., 2012).

As variações na tolerância das espécies de plantas aos diferentes estresses dependem de um conjunto de fatores. Para as plantas sobreviverem as condições adversas, despendem um custo metabólico de energia, que é desviada do crescimento e redistribuída para manutenção das mesmas (PANDOLFI et al., 2012; BONIFACIO et al., 2014; MUNNS & GILLIHAM, 2015; ASHRAF et al., 2018), tendo como consequência redução no rendimento (BERNSTEIN et al., 2010).

Em várias espécies de plantas, o declínio no rendimento sob condições de estresse salino é comumente associado com a redução da capacidade fotossintética (SILVA JÚNIOR et al., 2012; WANG et al., 2016; CAMPOS JÚNIOR et al., 2018a), isso como consequência do aumento das concentrações de Na^+ e/ou Cl^- no tecido foliar (CHAVES et al., 2009; LIU et al., 2011). As respostas das plantas ao estresse salino são variáveis entre as espécies/cultivares, entre os diferentes órgãos e fases de crescimento (PARVAIZ & SATYAWATI, 2008; VELOSO et al., 2018), duração de exposição aos sais (ABBAS et al., 2015), do tipo e das concentrações de sais que as plantas são submetidas (AHMADI & SOURI, 2018), além de fatores ambientais, como temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa (HASANUZZAMAN et al., 2013).

Como discutido amplamente na literatura, um dos problemas que podem limitar o crescimento das plantas em condições salinas é a incapacidade de absorver

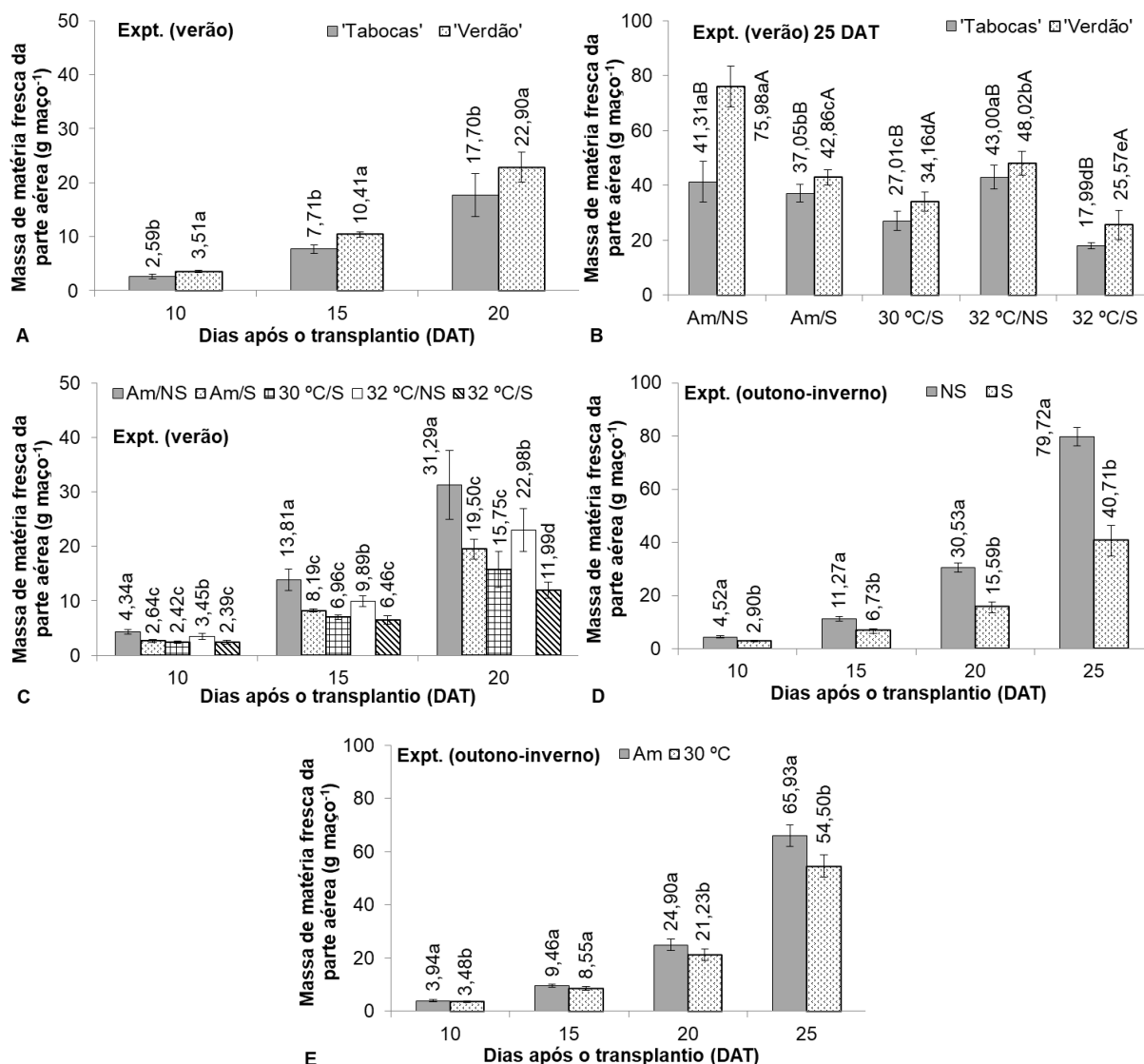
suficientemente K^+ (GIUFFRIDA et al., 2009; PETROPOULOS et al., 2017), como resultado das altas concentrações de Na^+ (FERREIRA NETO et al., 2014; SHABALA & POTTOSIN, 2014; ALKHATEEB et al., 2015; MUNNS et al., 2016; JIANG et al., 2017; BERTAZZINI et al., 2018; ROHMAN et al., 2018), causando assim, competição entre esses íons. O Na^+ compete com K^+ pelos principais sítios de ligação nos processos metabólicos no citoplasma, tais como reações enzimáticas, síntese de proteínas e funções ribossômicas (DREYER & UOZUMI, 2011; ALMEIDA et al., 2017).

Cazuza Neto et al. (2014a) reportaram reduções semelhantes para o diâmetro do caule e a altura de planta do coentro cv. 'Verdão' submetido ao estresse salino em hidroponia aos 26 DAT. Já no estudo de Sá et al. (2016), houve maior redução na altura de planta do que no diâmetro do caule do coentro, no cultivo em solo + substrato por 20 dias. Tal comportamento foi registrado para outras espécies de plantas (OLIVEIRA et al., 2015; ALBUQUERQUE et al., 2016; ARAUJO et al., 2016).

No estudo de Rebouças et al. (2013) com o coentro cv. 'Verdão' cultivado por 28 dias em substrato (fibra de coco) sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva, para as variáveis de crescimento as maiores reduções foram na altura de planta e na área foliar, da ordem de 12,16 e 13,87% por $dS\ m^{-1}$, respectivamente, enquanto que, o número de folhas reduziu em 7,48% por $dS\ m^{-1}$. Isso mostra que, como consequência do estresse salino ocorre redução no tamanho das folhas das plantas, mas sem deixar de produzi-las completamente (HEIDARI, 2012; JIANG et al., 2017; HEYDARIAN et al., 2018).

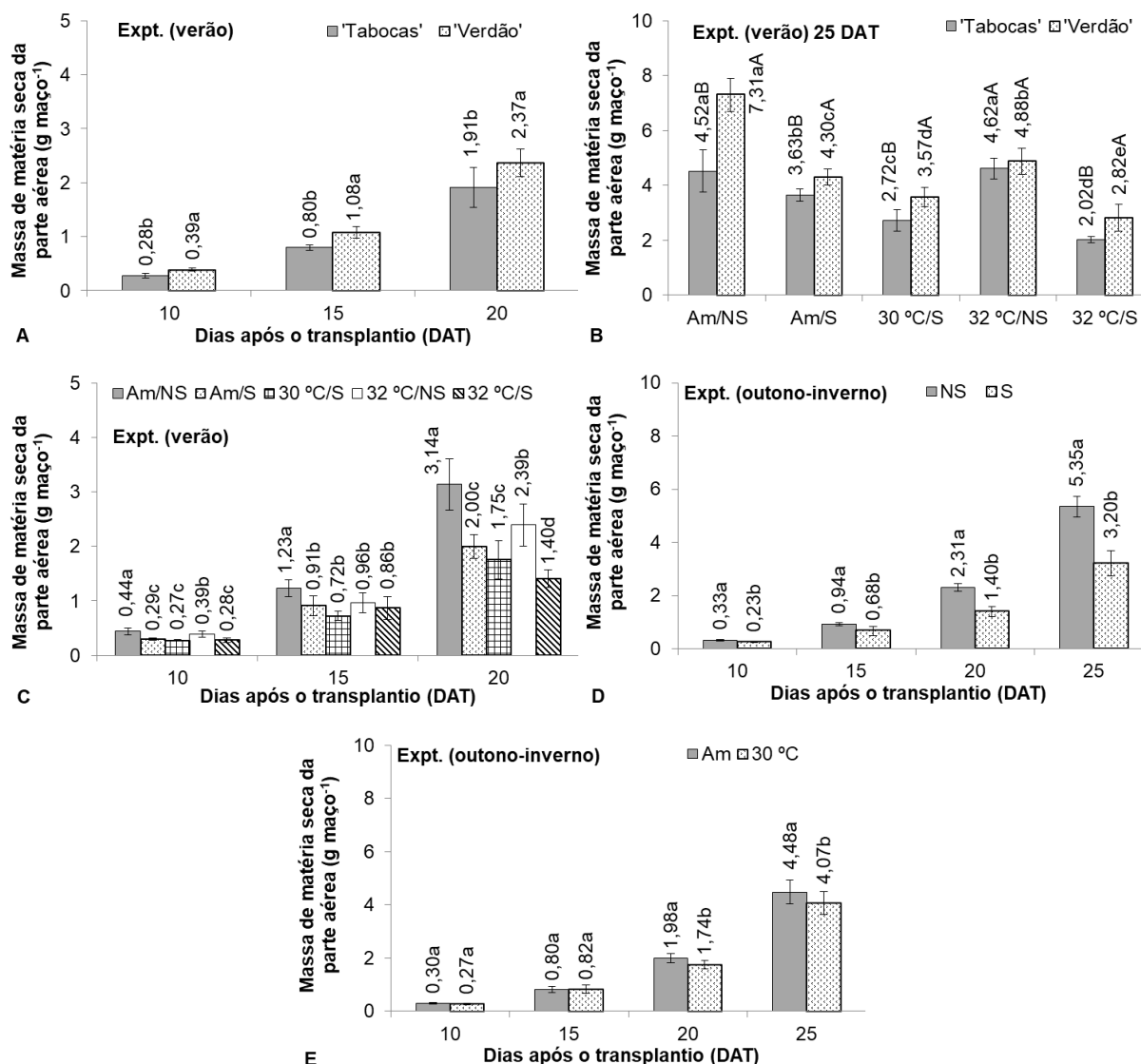
3.3.2. Massas de matéria fresca e seca da parte aérea do coentro

Assim como reportado para as variáveis de crescimento (Figuras 7 e 8), no experimento de verão as maiores produções de coentro foram obtidas para cv. 'Verdão' (Figuras 9A, 9B, 10A e 10B). Tomando como base a colheita dos 25 DAT, pois foi possível separar o efeito isolado das cultivares, verificou-se que a $MFP_{maço}$ da cv. 'Verdão', obtida na condição de cultivo sem estresse salino e temperatura ambiente, esteve no mesmo patamar nos dois experimentos, da ordem de 75,98 e 79,72 g (maço de plantas) nos experimentos de verão (Figura 9B) e outono-inverno (Figura 9D), respectivamente.



Na Figura B letras maiúsculas comparam-se as médias das cultivares de coentro dentro de cada condição de cultivo (teste de Tukey) e as letras minúsculas as comparações são isoladamente entre as cultivares (teste de Scott-Knott). Nas Figuras A, D e E (teste de Tukey) dentro de cada período e na Figura C (teste de Scott-Knott) as médias com as mesmas letras não diferem estatisticamente a 0,05 de probabilidade. Am/NS e 32 °C/NS - temperaturas das soluções ambiente e a 32 °C em condição não salina. Am/S, 30 °C/S e 32 °C/S - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição salina.

Figura 9. Médias da massa de matéria fresca da parte aérea do coentro em hidroponia NFT cultivado em condições com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas.



Na Figura B letras maiúsculas comparam-se as médias das cultivares de coentro dentro de cada condição de cultivo (teste de Tukey) e as letras minúsculas as comparações são isoladamente entre as cultivares (teste de Scott-Knott). Nas Figuras A, D e E (teste de Tukey) dentro de cada período e na Figura C (teste de Scott-Knott) as médias com as mesmas letras não diferem estatisticamente a 0,05 de probabilidade. Am/NS e 32 °C/NS - temperaturas das soluções ambiente e a 32 °C em condição não salina; Am/S, 30 °C/S e 32 °C/S - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e a 32 °C em condição salina.

Figura 10. Médias da massa de matéria seca da parte aérea do coentro em hidroponia NFT cultivado em condições com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas.

Em trabalhos anteriores, verificaram-se diferentes rendimentos de MFPA do coentro cv. 'Verdão' em condições hidropônicas, da ordem de 92,66 g (maço de oito plantas) aos 26 DAT (CAZUZA NETO et al., 2014a) e 49,79 g (maço de 24 plantas) aos 24 DAT (SILVA et al., 2015a), em sistema NFT e maços espaçados em 0,30 m.

Silva et al. (2016a) e Silva et al. (2018b) reportaram produções de 50,33 e 44,05 g (maço de 12 plantas) aos 25 DAT, em sistema DFT em tubos e maços espaçados em 0,07 m.

As diferenças nos resultados de tais trabalhos estão associadas às características dos sistemas hidropônicos, época de cultivo e principalmente o efeito da densidade de plantas por unidade de cultivo e espaçamentos na linha de cultivo, que implica nas disponibilidades de solução por maço de plantas, onde adotaram-se acima de 5 L (CAZUZA NETO et al., 2014a; SILVA et al., 2015a) e menores que 1 L (SILVA et al., 2016a; SILVA et al., 2018b) em comparação aos 4 L no presente estudo.

No experimento de verão, as diferenças na $MFP_{maço}$ (Figura 9A) e na $MSP_{maço}$ (Figura 10A) entre as cultivares de coentro foram ainda maiores que nas variáveis de crescimento, isso devido aos caules mais tenros e alongados em altura das plantas da cv. 'Verdão', acrescentando-se ainda o maior tamanho das folhas (dados não quantificados).

Os rendimentos da cv. 'Verdão' foram maiores que os da cv. 'Tabocas' em aproximadamente 36, 35 e 29% para $MFP_{maço}$ (Figura 9A) e 39, 35 e 24% para $MSP_{maço}$ (Figura 10A) aos 10, 15 e 20 DAT, respectivamente. Aos 25 DAT os rendimentos da cv. 'Verdão' foram ainda maiores na condição de cultivo sem estresse salino e temperatura ambiente, de aproximadamente 84 e 62% para as $MFP_{maço}$ (Figura 9B) e $MSP_{maço}$ (Figura 10B). Como o coentro é comercializado com base em massa fresca, é mais vantajoso manter as plantas no sistema hidropônico até os 25 DAT, pois os rendimentos duplicaram (cv. 'Tabocas') e triplicaram (cv. 'Verdão') em relação à colheita cinco dias antes (aos 20 DAT).

Ao se avaliar o efeito combinado (com e sem estresse salino e temperaturas das soluções), em geral, as variáveis $MFP_{maço}$ (Figuras 9B e 9C) e $MSP_{maço}$ (Figuras 10B e 10C) reduziram sob temperatura a 32 °C na condição sem estresse salino desde os 10 DAT. No entanto, avaliando-se apenas na condição sob estresse salino, sob essa mesma temperatura, em relação à temperatura ambiente, o rendimento do coentro só reduziu a partir dos 20 DAT.

No experimento de outono-inverno, sob o estresse salino as reduções foram aproximadamente entre 36 e 49% para $MFP_{maço}$ (Figura 9D) e para $MSP_{maço}$ entre 30 e 40% (Figura 10D) dos 10 aos 25 DAT. Sob temperatura da solução a 30 °C em

relação à temperatura ambiente as reduções foram menores, de aproximadamente 12, 15 e 17% para MFPA_{maço} aos 10, 20 e 25 DAT (Figura 9E) e 12 e 9% para MSPA_{maço} aos 20 e 25 DAT (Figura 10E).

Apesar das reduções nas variáveis do coentro avaliadas em função das temperaturas das soluções, deve-se ressaltar que as mesmas foram constantes durante todo ciclo, diferentemente das condições normais de cultivo, onde se esperam temperaturas mais amenas no início da manhã e final da tarde e as mais elevadas no restante do dia.

A MFPA_{maço} (25,57 g maço⁻¹) obtida na condição mais crítica dos estresses (salino e temperatura a 32 °C) para cv. 'Verdão' é compatível com aquela reportada por Silva et al. (2018b) em hidroponia DFT em tubos sob salinidade de 7,0 dS m⁻¹, para a mesma cultivar.

Em vários estudos, os maiores acúmulos de matéria fresca e/ou seca da parte aérea das plantas foram obtidos sob diferentes faixas de temperaturas das soluções nutritivas. Para alface, a 20 °C (QIN et al., 2007), até 26 °C (BREMENKAMP et al., 2012a; COMETTI et al., 2013), até 32 °C (BREMENKAMP et al., 2012b), entre 20-30 °C (SAKAMOTO & SUZUKI, 2015), até 25 °C (SILVA et al., 2016c) e 17,9-24,0 °C (ILAHİ et al., 2017). Para o espinafre, até 28 °C (NXAWE et al., 2009), 20 °C (CHADIRIN et al., 2011ab; 2012) e 18 °C (ITO et al., 2013).

Em resumo, sob os estresses salino e térmico combinados, com base nos resultados da produção de MFPA_{maço}, quando se dispõe apenas de água salobra com CE de até 6,5 dS m⁻¹, é viável o cultivo do coentro sob condições hidropônicas com temperatura da solução nutritiva até 30 °C. Também é possível o cultivo sob temperatura da solução a 32 °C, desde que se utilize água de baixa salinidade (CEa 0,3 dS m⁻¹).

3.4. Consumo hídrico do coentro

No experimento de verão, os valores do consumo hídrico acumulado do coentro em 25 dias foram de 3,86 e 3,80 L maço⁻¹ na condição sem estresse salino e temperaturas ambiente e a 32 °C. Na condição de estresse salino e temperaturas ambiente, a 30 e a 32 °C os valores de consumo foram de 3,54; 3,29 e 2,75 L maço⁻¹ (Figura 11A). Já no experimento de outono-inverno, com uma menor demanda evapotranspirométrica, os valores de consumo hídrico foram menores, da ordem de

1,72 e 1,44 L maço⁻¹ sob temperatura ambiente e de 2,02 e 1,09 L maço⁻¹ sob temperatura a 30 °C nas condições de cultivo sem e com estresse salino, respectivamente (Figura 11B).

Tais valores de consumo hídrico registrados no presente trabalho estão de acordo com outros estudos no mesmo local em diferentes épocas com o coentro. Em hidroponia NFT sob CEa de 0,30 dS m⁻¹, Cazusa Neto et al. (2014b) reportaram consumo de 2,59 L para produzir um maço de oito plantas no período de 25 DAT (na primavera). Silva et al. (2016a; 2018b) registraram consumo de 1,45 L (no verão) e 0,89 L (no inverno) para produzir um maço de 12 plantas em sistema DFT em tubos no período de 24 DAT, sob CEa de 0,32 e 0,26 dS m⁻¹, respectivamente.

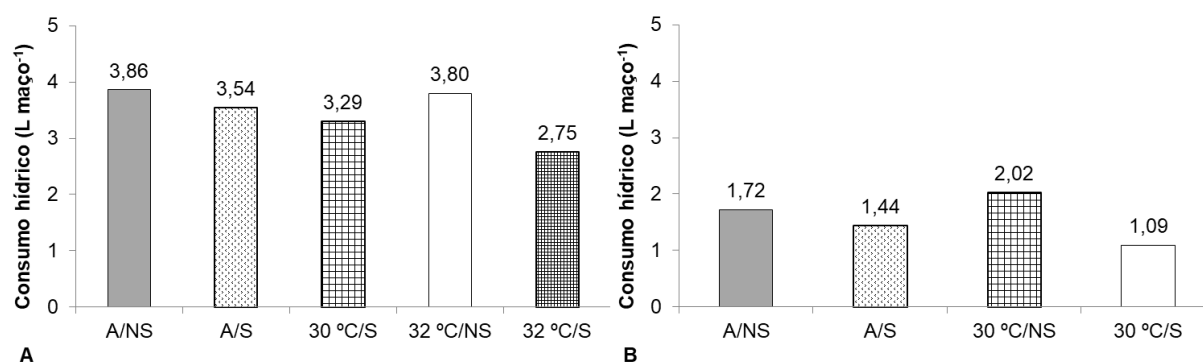


Figura 11. Consumo hídrico acumulado (25 DAT) do coentro em condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas em sistema hidropônico NFT, nos experimentos de verão (A) e outono-inverno (B).

3.5. Temperatura foliar

Com exceção do horário das 13 h (quando apenas houve efeito significativo isolado das cultivares de coentro e da combinação das condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções), nos demais horários houve interação significativa dos fatores em estudo para a temperatura foliar do coentro (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo das análises de variância para temperatura foliar do coentro (cv. 'Tabocas' e cv. 'Verdão') em condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas em diferentes horários, no experimento de verão.

FV	GL	Quadrados médios					
		7 h	9 h	11 h	13 h	15 h	17 h
		Temperatura foliar					
Blocos	4	0,071 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,314 ^{ns}	0,061 ^{ns}	0,310*
(Temp x CEa)	4	1,520**	2,698**	2,244**	10,660**	0,230 ^{ns}	0,377*
Erro (a)	16	0,053	0,050	0,062	0,313	0,100	0,101
Cultivar (C)	1	0,952**	0,274*	2,420**	0,696**	0,125 ^{ns}	0,001 ^{ns}
(Temp x CEa) x C	4	0,294*	1,483**	0,508**	0,089 ^{ns}	0,409**	0,237**
Erro(b)	20	0,085	0,034	0,053	0,085	0,084	0,042
CVa (%)		0,94	0,74	0,74	1,72	1,03	1,18
CVb (%)		1,18	0,61	0,69	0,90	0,95	0,75

FV - Fonte de variação. GL - grau de liberdade. Temp - temperatura da solução. CEa - condutividade elétrica da água. **, * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns - não significativo.

As temperaturas foliares das cultivares de coentro seguiram diferentes comportamentos ao longo do dia (Tabela 7). Em condições de cultivo sob temperatura ambiente (Am/NS e Am/S), nos horários em que houve diferença significativa entre as médias, verificaram-se menores temperaturas nas folhas da cv. 'Verdão' em relação à cv. 'Tabocas', tendo-se maior amplitude (1,28 °C) às 9 h na condição de estresse salino.

Às 7 h (32 °C/NS) e 17 h (32 °C/S) também foram observadas as menores temperaturas foliares para cv. 'Verdão', sendo que as diferentes não ultrapassaram 0,65 °C. Para os horários das 11 e 17 h (32 °C/NS), às 11 h (32 °C/S) e às 9, 11 e 15 h (30 °C/S), as temperaturas foliares foram menores para cv. 'Tabocas', quando verificaram-se as maiores amplitudes sob estresse salino (30 °C/S e 32 °C/S), da ordem de 0,78 e 1,02 °C, respectivamente.

Tabela 7. Desdobramentos para temperatura foliar das cultivares de coentro em condições de cultivo com e sem estresse salino com diferentes temperaturas das soluções nutritivas em diferentes horários, no experimento de verão.

Tratamentos	Am/NS	Am/S	30 °C/S	32 °C/NS	32 °C/S
Horário 7 h					
‘Tabocas’	25,12 aA	24,06 cA	25,04 aA	25,16 aA	24,54 bA
‘Verdão’	24,46 bB	23,94 cA	24,96 aA	24,54 bB	24,64 bA
Horário 9 h					
‘Tabocas’	31,40 aA	30,44 bA	29,72 dB	30,38 bA	30,10 cA
‘Verdão’	30,94 aB	29,16 dB	30,50 bA	30,50 bA	30,20 cA
Horário 11 h					
‘Tabocas’	34,20 aA	32,96 bA	33,02 bB	32,98 bB	33,12 bB
‘Verdão’	34,20 aA	32,96 dA	33,76 bA	33,42 cA	34,14 aA
Horário 13 h					
‘Tabocas’	33,00 A	32,70 A	30,86 A	32,90 A	33,58 A
‘Verdão’	32,74 A	32,78 A	30,54 A	32,64 A	33,20 A
Média	32,87 b	32,74 b	30,70 c	32,77 b	33,37 a
Horário 15 h					
‘Tabocas’	30,88 aA	30,80 aA	30,26 bB	30,70 aA	30,76 aA
‘Verdão’	30,52 bA	30,36 bB	30,72 aA	30,34 bA	30,96 aA
Horário 17 h					
‘Tabocas’	26,84 bA	27,02 bA	27,22 aA	27,16 aB	27,22 aA
‘Verdão’	27,02 bA	26,80 bA	27,30 aA	27,50 aA	26,80 bB

Dentro de cada horário, médias com letras minúsculas iguais nas linhas (teste de Scott-Knott) e maiúsculas nas colunas (teste de Tukey) não diferem estatisticamente. Am/NS e 32 °C/NS - temperaturas das soluções ambiente e a 32 °C em condição não salina. Am/S, 30 °C/S e 32 °C/S - temperaturas das soluções ambiente, a 30 e 32 °C em condição salina.

Nas condições de cultivo sob os estresses salino e/ou temperaturas das soluções em grande parte dos horários avaliados ocorreram as menores temperaturas foliares. Tais resultados divergem do que se relata na literatura, pois em condições de estresse ocorre redução da condutância estomática, reduzindo a perda de calor por meio da transpiração, aumentando, assim, a temperatura foliar (CRUZ et al., 2003; HATFIELD & PRUEGER, 2015; ACOSTA-MOTOS et al., 2017).

Em vários estudos têm-se reportado para diferentes espécies de plantas, aumento na temperatura foliar sob os diferentes tipos de estresses, como salinidade (AZEVEDO NETO et al., 2004; VIANA et al., 2004; SOUSA et al., 2012; SIRAULT et al., 2009; LEITE, 2017; CRUZ et al., 2018) e déficit hídrico (VIEIRA JÚNIOR et al., 2007; SHAHENSHAH & ISODA, 2010; TRENTIN et al., 2011; SARAIVA et al., 2014; VIEIRA et al., 2014; RAMÍREZ et al., 2015; SILVA et al., 2015b; COSTA et al., 2018).

As maiores temperaturas foliares na condição sem estresse salino no presente trabalho se justificam pelas injúrias no sistema radicular promovidas pelo *Pythium* (Figura 3A), com decorrente declínio nas funções fisiológicas das raízes, incluindo limitação na absorção de água e nutrientes e seu transporte para as folhas (HUANG & XU, 2000; HUANG et al., 2012; GIRI et al., 2017). Mesmo que afetadas pelo fungo, plantas sob a condição sem estresse salino não exibiram tais injúrias.

4. CONCLUSÕES

Os efeitos dos estresses combinados (salino e temperatura a 32 °C) foram mais deletérios no rendimento do coentro no experimento de verão.

Apenas no experimento de verão registraram-se nas plantas das duas cultivares de coentro sintomas de toxidez pela salinidade, no entanto, não se comprometeu a qualidade das plantas.

Com base na qualidade visual das plantas de coentro produzidas, foi possível seu cultivo em solução nutritiva com temperatura a 30 °C empregando-se água salobra com até 6,5 dS m⁻¹. Também foi viável o cultivo em solução com temperatura acima de 30 °C, desde que não se utilize água salobra.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, T.; BALAL, R. M.; SHAHID, M. A.; PERVEZ, M. A.; AYYUB, C. M.; AQUEEL, M. A.; JAVAID, M. M. Silicon-induced alleviation of NaCl toxicity in okra (*Abelmoschus esculentus*) is associated with enhanced photosynthesis, osmoprotectants and antioxidant metabolism. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 6, p. 1-15, 2015.

ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNANDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. **Agronomy**, v. 7, n. 1, p. 1-38, 2017.

AHMADI, M.; SOURI, M. K. Growth and mineral content of coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants under mild salinity with different salts. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 40, p. 1-8, 2018.

ALBUQUERQUE, J. R. T.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; PAIVA, E. P.; ARAÚJO, E. B. G.; SOUTO, L. S. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de pepino sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 2, p. 486-495, 2016.

ALI, A.; YUN, D. J. Differential selection of sodium and potassium ions by TsHKT1;2. **Plant Signaling & Behavior**, v. 11, n. 8, p. 1-4, 2016.

ALKHATEEB, S. A.; ALKHATEEB, A. A.; SOLLIMAN, M. E. D. In vitro response of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) to K/Na ratio under saline conditions. **Biological Research**, v. 48, p. 1-9, 2015.

AL-MASKRI, A.; AL-KHARUSI, L.; AL-MIQBALI, H. Effects of salinity stress on growth of lettuce (*Lactuca sativa*) under closed-recycle nutrient film technique. **International Journal of Agriculture & Biololy**, v. 12, n. 3, p. 377-380, 2010.

ALMEIDA, D. M.; OLIVEIRA, M. M.; SAIBO, N. J. M. Regulation of Na⁺ and K⁺ homeostasis in plants: towards improved salt stress tolerance in crop plants. **Genetics and Molecular Biology**, v. 40, n. 1 (suppl), p. 326-345, 2017.

AI-SADI, A. M.; AI-MASOUDI, R. S.; AI-HABSI, N.; AI-SAID, F. A.; AI-RAWAHY, S. A.; AHMED, M.; DEADMAN, M. L. Effect of salinity on pythium damping-off of cucumber and on the tolerance of *Pythium aphanidermatum*. **Plant Pathology**, v. 59, n. 1, p. 112-120, 2010.

AI-RAWAHY, M. S.; AI-RAWAHY, S. A.; AI-MULLA, Y. A.; NADAF, S. K. Impact of rhizosphere's thermal change on the development and production of hydroponically grown cucumber under controlled environment. **Asian Journal of Agriculture and Food Sciences**, v. 6, n. 4, p. 152-165, 2018.

AI-RAWAHY, M. S.; AI-RAWAHY, S. A.; AI-MULLA, Y. A.; NADAF, S. K. Effect of cooling root-zone temperature on growth, yield and nutrient uptake in cucumber grown in hydroponic system during summer season in cooled greenhouse. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 1, p. 47-60, 2019.

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.; MADALÓZ, J. C. C.; GODOI, R. S.; JANISCH, D. I.; BARROS, C. A. P. Tolerance to salinity of chicory plants grown in hydroponics. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1142-1144, 2008.

ARAUJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016.

ASHRAF, M.; SHAHZAD, S. M.; IMTIAZ, M.; RIZWAN, M. S.; ARIF, M. S.; KAUSAR, R. Nitrogen nutrition and adaptation of glycophytes to saline environment: a review. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 64, n. 9, p. 1181-1206, 2018.

AZEVEDO NETO, A. D.; PRISCO, J. T.; ENÉAS-FILHO, J.; LACERDA, C. F.; SILVA, J. V.; COSTA, P. H. A.; GOMES-FILHO, E. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 1, p. 31-38, 2004.

BARBIERI, E.; MELO, D. J. F.; ANDRADE, L. F.; PEREIRA, E. W. L.; COMETTI, N. N. Condutividade elétrica ideal para o cultivo hidropônico de alface em ambiente tropical. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2 (Suplemento – CD Rom), p. S303-S308, 2010.

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

BERTAZZINI, M.; SACCHI, G. A.; FORLANI, G. A differential tolerance to mild salt stress conditions among six Italian rice genotypes does not rely on Na⁺ exclusion from shoots. **Journal of Plant Physiology**, v. 226, p. 145-153, 2018.

BONIFACIO, 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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014. p. 5482-5489.

BREMENKAMP, D. M.; GALON, K.; HELL, L. R.; PASSOS, G.; CAZAROTI, E. P. F.; COMETTI, N. N. Efeito da temperatura da solução nutritiva no crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2 (Suplemento), p. S596-S604, 2012b.

BREMENKAMP, D. M.; GALON, K.; PASSOS, G.; HELL, L. R.; CAZAROTI, E. P. F.; COMETTI, N. N. Efeito da temperatura da solução nutritiva sobre características agrônômicas da alface (*Lactuca sativa* L.) hidropônica. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2 (Suplemento), p. S588-S595, 2012a.

CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; MARTINS, J. B.; SILVA, E. F. F.; ALMEIDA, C. D. G. C. Rocket production in a low cost hydroponic system using brackish water. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 1008-1016, 2018a.

CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, E. F. F.; MARTINS, J. B.; ROLIM, M. M. Consumption, efficiency and water content of arugula under different management of brackish nutritional solutions. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 6, p. 885-892, 2018b.

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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014b. p. 3685-3693.

CHADIRIN, Y.; HIDAKA, K.; SAGO, Y.; WAJIMA, T.; KITANO, M. Application of temperature stress to root zone of spinach II. Effect of the high temperature pre-treatment on quality. **Environmental Control in Biology**, v. 49, n. 4, p. 157-164, 2011a.

CHADIRIN, Y.; HIDAKA, K.; TAKAHASHI, T.; SAGO, Y.; WAJIMA, T.; KITANO, M. Application of temperature stress to roots of spinach I. Effect of the low temperature stress on quality. **Environmental Control in Biology**, v. 49, n. 3, p. 133-139, 2011b.

CHADIRIN, Y.; SAGO, Y.; HIDAKA, K.; WAJIMA, T.; KITANO, M. Application of temperature stress to root zone of spinach III. Effective method for short term application of low and high temperature stress to roots. **Environmental Control in Biology**, v. 50, n. 3, p. 199-207, 2012.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.

COMETTI, N. N.; BREMENKAMP, D. M.; GALON, K.; HELL, L. R.; ZANOTELLI, M. F. Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce crop. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 287-292, 2013.

COSTA, J. O.; COELHO, R. D.; BARROS, T. H. S.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; FERNANDES, A. L. T. Physiological responses of coffee tree under irrigation levels. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 5, p. 648-656, 2018.

CORREIA, E. B.; BETTIOL, W. **Controle biológico da podridão de raízes causada por *Pythium* spp. em cultivos hidropônicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 26p. (Documentos, 77).

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

CRUZ, A. F. S.; SILVA, G. F.; SILVA, E. F. F.; SOARES, H. R.; SANTOS, J. S. G.; LIRA, R. M. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p. 622-627, 2018.

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

DIAS, N. S.; LIMA, F. E.; SILVA, C. R.; SOUSA NETO, O. N.; GHEYI, H. R. Use of reject brine from desalination on different development stages of hydroponic lettuce. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 76-81, 2011.

DING, X.; JIANG, Y.; ZHAO, H.; GUO, D.; HE, L.; LIU, F.; ZHOU, Q.; NANDWANI, D.; HUI, D.; YU, J. Electrical conductivity of nutrient solution influenced photosynthesis, quality, and antioxidant enzyme activity of pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis*) in a hydroponic system. **Plos One**, v. 13, n. 8, p. 1-15, 2018.

DREYER, I.; UOZUMI, N. Potassium channels in plant cells. **The FEBS Journal**, v. 278, p. 4293-4303, 2011.

ESPASANDIN, F. D.; CALZADILLA, P. I.; MAIALE, S. J.; RUIZ, O. A.; SANSBERRO, P. A. Overexpression of the arginine decarboxylase gene improves tolerance to salt stress in *Lotus tenuis* plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 37, n. 1, p. 156-165, 2018.

FALAH, M. A. F.; WAJIMA, T.; YASUTAKE, D.; SAGO, Y.; KITANO, M. Responses of root uptake to high temperature of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in soil-less culture. **Journal of Agricultural Technology**, v. 6, n. 3, p. 543-558, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, J. F. S.; LIU, X.; SUAREZ, D. L. Fruit yield and survival of five commercial strawberry cultivars under field cultivation and salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 401-410, 2019.

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. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, 2014. p. 3843-3850.

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

GIRI, A.; HECKATHORN, S.; MISHRA, S.; KRAUSE, C. Heat stress decreases levels of nutrient-uptake and assimilation proteins in tomato roots. **Plants**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2017.

GIUFFRIDA, F.; MARTORANA, M.; LEONARDI, C. How sodium chloride concentration in the nutrient solution influences the mineral composition of tomato leaves and fruits. **HortScience**, v. 44, n. 3, p. 707-711, 2009.

GUIMARÃES, R. F. B.; NASCIMENTO, R.; MELO, D. F.; RAMOS, J. G.; PEREIRA, M. O.; CARDOSO, J. A. F.; LIMA, S. C. Production of hydroponic lettuce under different salt levels of nutritive solution. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 11, p. 242-252, 2017.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In: AHMAD, P.; AZOOZ, M. M.; PRASAD, M. N. V. (eds). **Ecophysiology and responses of plants under salt stress**. New York: Springer, 2013. p. 25-87.

HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. **Weather and Climate Extremes**, v. 10, p. 4-10, 2015.

HEIDARI, M. Effects of salinity stress on growth, chlorophyll content and osmotic components of two basil (*Ocimum basilicum* L.) genotypes. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 2, p. 379-384, 2012.

HEYDARIAN, Z.; YU, M.; GRUBER, M.; COUTU, C.; ROBINSON, S. J.; HEGEDUS, D. D. Changes in gene expression in *Camelina sativa* roots and vegetative tissues in response to salinity stress. **Scientific Reports**, v. 8, p. 1-22, 2018.

HIKASHI, M.; ISHIKAWA, K.; MORI, M.; YASUTAKE, D. Control of viscosity in different concentrations and temperatures of nutrient solution for hydroponic system. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 46, n. 4, p. 281-286, 2013.

KHAN, M. S.; PANDEY, M. K.; HEMALATHA, S. Comparative studies on the role of organic biostimulant in resistant and susceptible cultivars of rice grown under saline stress - organic biostimulant alleviate saline stress in tolerant and susceptible cultivars of rice. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 21, n. 5, p. 459-467, 2018.

HUANG, B.; RACHMILEVITCH, S.; XU, J. Root carbon and protein metabolism associated with heat tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 9, p. 3455-3465, 2012.

HUANG, B.; XU, Q. Root growth and nutrient element status of creeping bentgrass cultivars differing in heat tolerance as influenced by supraoptimal shoot and root temperatures. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n. 7, p. 979-990, 2000.

ILAH, W. F. F.; AHMAD, D.; HUSAIN, M. C. Effects of root zone cooling on butterhead lettuce grown in tropical conditions in a coir-perlite mixture. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 58, n. 1, p. 1-4, 2017.

ISMAIL, A. M.; HORIE, T. Genomics, physiology, and molecular breeding approaches for improving salt tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 68, p. 405-434, 2017.

ITO, A.; SHIMIZU, H.; HIROKI, R.; NAKASHIMA, H.; MIYASAKA, J.; OHDOI, K. Effect of different durations of root area chilling on the nutritional quality of spinach. **Environmental Control in Biology**, v. 51, n. 4, p. 187-191, 2013.

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

JIANG, C.; ZU, C.; LU, D.; ZHENG, Q.; SHEN, J.; WANG, H.; LI, D. Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na⁺ accumulation and antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1-14, 2017.

LEITE, T. S. Efeito da irrigação salina no crescimento inicial de *Pisum sativum* L. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 4, p. 270-274, 2017.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 497-505, 2015.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R.; WILLADINO, L. G. Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 13-19, 2018.

LIU, Y.; DU, H.; WANG, K. Differential photosynthetic responses to salinity stress between two perennial grass species contrasting in salinity tolerance. **HortScience**, v. 46, n. 2, p. 311-316. 2011.

MARTÍNEZ, J. P.; ANTÚNEZ, A.; ARAYA, H.; PERTUZÉ, R.; FUENTES, L.; LIZANA, X. C.; LUTTS, S. Salt stress differently affects growth, water status and antioxidant enzyme activities in *Solanum lycopersicum* and its wild relative *Solanum chilense*. **Australian Journal of Botany**, v. 62, n. 5, p. 359-368, 2014.

MENG, R.; SAADE, S.; KURTEK, S.; BERGER, B.; BRIEN, C.; PILLEN, K.; TESTER, M.; SUN, Y. Growth curve registration for evaluating salinity tolerance in barley. **Plant Methods**, v. 13, p. 1-9, 2017.

MONTEIRO FILHO, A. F.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, M. R. Q. A.; FERNANDES, J. D.; SILVA, C. R.; FERNANDES, P. D. Monitoring, calibration and maintenance of optimized nutrient solutions in curly lettuce (*Lactuca sativa*, L.) hydroponic cultivation. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 4, p. 572-582, 2018.

MONTOYA, A. P.; OBANDO, F. A.; MORALES, J. G.; VARGAS, G. Automatic aeroponic irrigation system based on Arduino's platform. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 850, p. 1-11, 2017.

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

MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops – what is the cost?. **New Phytologist**, v. 208, n. 3, p. 668-673, 2015.

MUNNS, R.; JAMES, R. A.; GILLIHAM, M.; FLOWERS, T. J.; COLMER, T. D. Tissue tolerance: an essential but elusive trait for salt-tolerant crops. **Functional Plant Biology**, v. 43, n. 12, p. 1103-1113, 2016.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 3, p. 651-681, 2008.

NEGRÃO, S.; SCHMÖCKEL, S. M.; TESTER, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. **Annals of Botany**, v. 119, n. 1, p. 1-11, 2017.

NIU, G.; SUN, Y.; MASABNI, J. Impact of low and moderate salinity water on plant performance of leafy vegetables in a recirculating NFT system. **Horticulturae**, v. 4, n. 1, p. 1-13, 2018.

NXAWÉ, S.; LAUBSCHER, C. P.; NDAKIDEMI, P. A. Effect of regulated irrigation water temperature on hydroponics production of spinach (*Spinacia oleracea* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 12, p. 1442-1446, 2009.

NXAWÉ, S.; NDAKIDEMI, P. A.; LAUBSCHER, C. P. Chlorophyll pigmentation and photosynthetic parameters in *Ornithogalum longibracteatum* L. as affected by varying temperatures in hydroponics solution. **International Journal of the Physical Sciences**, v. 6, n. 12, p. 2965-2972, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; GUEDES, R. A. A.; GOMES, L. P.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 204-210, 2015.

OLIVEIRA, L. A. R.; CARDOSO, M. N.; OLIVEIRA, A. C. A.; MACHADO, C. A.; SANTANA, F. V.; CARDOSO, B. T.; CASTRO, E. M.; SILVA, A. V. C.; LEDO, A. S. Biochemical, physiological and growth changes in response to *in vitro* salinity in sugarcane. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 6, p. 1649-1662, 2018.

PAHLEVANI, M.; BAGMOHAMADI, H.; GHADERI, M.; RAZAVI, S. E. Genotype and NaCl salinity influence *Pythium ultimum* damping-off in safflower. **Plant Breeding and Seed Science**, v. 68, n. 1, p. 89-105, 2013.

PANDOLFI, C.; MANCUSO, S.; SHABALA, S. Physiology of acclimation to salinity stress in pea (*Pisum sativum*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 84, p. 44-51, 2012.

PARVAIZ, A.; SATYAWATI, S. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants – a review. **Plant, Soil and Environment**, v. 54, n. 3, p. 89-99, 2008.

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

PETROPOULOS, S. A.; LEVIZOU, E.; NTATSI, G.; FERNANDES, A.; PETROTOS, K.; AKOUMIANAKIS, K.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. F. R. Salinity effect on nutritional value, chemical composition and bioactive compounds content of *Cichorium spinosum* L. **Food Chemistry**, v. 214, p. 129-136, 2017.

QIN, L.; HE, J.; LEE, S. K.; DODD, I. C. An assessment of the role of ethylene in mediating lettuce (*Lactuca sativa*) root growth at high temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 11, p. 3017-3024, 2007.

RAMÍREZ, A. J. F.; COELHO, R. D.; PIZANI, M. A. M.; SILVA, C. J. Determinação do índice de estresse hídrico em tomateiros cereja (*Lycopersicum Solanum* var. cerasiforme.) com câmara infravermelha. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 218-224, 2015.

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.

ROHMAN, M. M.; ISLAM, M. R.; MAHMUDA, B. M.; BEGUM, S.; FAKIR, O. A.; AMIRUZZAMAN, M. Higher K⁺/Na⁺ and lower reactive oxygen species and lipid peroxidation are related to higher yield in maize under saline condition. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 5, p. 239-247, 2018.

SÁ, F. V. S.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; FERREIRA NETO, M.; SILVA, R. A.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; ALMEIDA, F. A.; ALVES NETO, A. Tolerance of coriander cultivars under saline stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3728-3732, 2016.

SAKAMOTO, M.; SUZUKI, T. Effect of root-zone temperature on growth and quality of hydroponically grown red leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Red Wave). **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 14, p. 2350-2360, 2015.

SAMARAKOON, U. C.; WEERASINGHE, P. A.; WEERAKKODY, W. A. P. Effect of electrical conductivity [EC] of the nutrient solution on nutrient uptake, growth and yield of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) in stationary culture. **Tropical Agricultural Research**, v. 18, n. 1, p. 13-21, 2006.

SANTOS, A. C.; SILVA, M. G.; BOECHAT, C. L.; CHAGAS, D. S.; MENDES, W. S. Brackish water: an option for producing hydroponic *Capsicum annuum* in laminar flows of mineral nutrients. **Revista Colombiana de Ciencias Horticolas**, v. 12, n. 1, p. 147-155, 2018.

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 Agrônômica**, 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, 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.

SARAIVA, G. F. R.; ANDRADE, R. S.; SOUZA, G. M. Termografia por infravermelho como ferramenta de diagnóstico precoce de estresse hídrico severo em soja. **Agrarian Academy**, v. 1, n. 2, p. 158-169, 2014.

SERGIO, L.; De PAOLA, A.; CANTORE, V.; PIERALICE, M.; CASCARANO, N. A.; BIANCO, V. V.; Di VENERE, D. Effect of salt stress on growth parameters, enzymatic antioxidant system, and lipid peroxidation in wild chicory (*Cichorium intybus* L.). **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 34, n. 6, p. 2349-2358, 2012.

SHABALA, S.; POTTOSIN, I. Regulation of potassium transport in plants under hostile conditions: implications for abiotic and biotic stress tolerance. **Physiologia Plantarum**, v. 151, n. 3, p. 257-279, 2014.

SHAHENSHAH.; ISODA, A. Effects of water stress on leaf temperature and chlorophyll fluorescence parameters in cotton and peanut. **Plant Production Science**, v. 13, n. 3, p. 269-278, 2010.

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

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

SILVA, E. N.; FERREIRA-SILVA, S. L.; FONTENELE, A. V.; RIBEIRO, R. V.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Photosynthetic changes and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and heat stresses in *Jatropha curcas* plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 167, n. 14, p. 1157-1164, 2010.

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, 2013a.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015b.

SILVA JÚNIOR, E. A.; GOUVEIA-NETO, A. S.; OLIVEIRA, R. A.; MOURA, D. S.; CUNHA, P. C.; COSTA, E. B.; CÂMARA, T. J. R.; WILLADINO, L. G. Water deficit and salt stress diagnosis through LED induced chlorophyll fluorescence analysis in *Jatropha curcas* L. **Journal of Fluorescence**, v. 22, n. 2, p. 623-630, 2012.

SILVA JUNIOR, F. J. **Estratégias de uso de águas salobras no cultivo da cebolinha em hidroponia de baixo custo**. 2017. 67p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, J. S.; PAZ, V. P. S.; SOARES, T. M.; ALMEIDA, W. F.; FERNANDES, J. P. Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 947-962, 2018a.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. O.; PINHO, J. S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 547-552, 2018b.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; FREITAS, F. T. O.; RAFAEL, M. R. S. Consumo hídrico do coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. In: IV Inovagri International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSal/INSTITUTO FUTURE, 2017.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A. Crescimento e produção de coentro hidropônico sob diferentes densidades de semeadura e diâmetros dos canais de cultivo. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 312-326, 2016b.

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

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

SILVA, R. B.; BARBOSA, W. S. S.; ALBUQUERQUE NETO, J. C.; CESAR, D. N.; SANTOS, W. E.; SANTOS NETO, A. L. Crescimento e produtividade de cultivares de coentro sob adubação fosfatada. III Inovagri International Meeting, 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI, 2015c. p. 1932-1947.

SILVA, S.; NASCIMENTO, R.; OLIVEIRA, H.; CARDOSO, J. A. F.; XAVIER, D. A.; SILVA, S. S. Levels of nitrate, pigments and thermographic analysis of lettuce under different temperatures of nutrient solution. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 19, p. 1668-1673, 2016c.

SIRAULT, X. R. R.; JAMES, R. A.; FURBANK, R. T. A new screening method for osmotic component of salinity tolerance in cereals using infrared thermography. **Functional Plant Biology**, v. 36, n. 11, p. 970-977, 2009.

SOARES, C. S.; SILVA, J. A.; SILVA, G. N. Produção de coentro em diferentes espaçamentos dos canais hidropônicos. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22, p. 1-5, 2017.

SOARES, H. R. **Cultivo de couve-flor em sistema hidropônico NFT utilizando águas salobras**. 2018. 117p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

SOARES, H. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M.; SILVA, G. F. Water and physiological relationships of lettuce cultivated in hydroponics with brackish waters. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 216-222, 2019.

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; LIRA, R. M.; BEZERRA, R. R. Mineral nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 656-664, 2016.

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

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.

SOUSA, A. E. C.; LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; UYEDA, C. A. Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 144-152, 2012.

SOUZA, D. G.; REZENDE, E. P. L.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A. A.; RAFAEL, M. R. S.; SILVA, M. G. Produção hidropônica de cebolinha com água salobra e diferentes frequências de irrigação. In: XI Encontro Brasileiro de Hidroponia e III Simpósio Brasileiro de Hidroponia, 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: LabHidro/UFSC, 2016. p. 68-72.

TRENTIN, R.; ZOLNIER, S.; RIBEIRO, A.; STEIDLE NETO, A. J. Transpiração e temperatura foliar da cana-de-açúcar sob diferentes valores de potencial matricial. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 6, p. 1085-1095, 2011.

VELOSO, L. L. S. A.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, I. T. S.; ARAUJO, E. B. G.; SILVA, W. L. Formation of soursop seedlings irrigated using waters with different salinity levels and nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v. 34, (suplemento 1), p. 151-160, 2018.

VIANA, P. C. **Eficiência do uso de águas salobras no cultivo hidropônico da couve-folha**. 2017. 175p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.

VIANA, S. B. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARNEIRO, P. T. Índices morfofisiológicos e índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 23-30, 2004.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; DELAZARI, F. T. Indicadores morfo-fisiológicos do estresse hídrico para a cultura da cana-de-açúcar em função de lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, v. 30, suplemento 1, p. 65-75, 2014.

VIEIRA JÚNIOR, P. A.; DOURADO NETO, D.; OLIVEIRA, R. F.; PERES, L. E. P.; MARTIN, T. N.; MANFRON, P. A.; BONNECARRÈRE, R. A. G. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 555-561, 2007.

WANG, L. Y.; LIU, J. L.; WANG, W. X.; SUN, Y. Exogenous melatonin improves growth and photosynthetic capacity of cucumbers under salinity-induced stress. **Photosynthetica**, v. 54, n. 1, p. 19-27, 2016.

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

XU, Q.; HUANG, B. Seasonal changes in root metabolic activity and nitrogen uptake for two cultivars of creeping bentgrass. **HortScience**, v. 41, n. 3, p. 822-826, 2006.

YAN, Q.; DUAN, Z.; MAO, J.; LI, X.; DONG, F. Effects of root-zone temperature and N, P, and K supplies on nutrient uptake of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings in hydroponics. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 58, n. 6, p. 707-717, 2012.

ZRIBI, O. T.; HESSINI, K.; TRABELSI, N.; ZRIBI, F.; HAMDI, A.; KSOURI, R.; ABDELLY, C. *Aeluropus littoralis* maintains adequate gas exchange, pigment composition and phenolic contents under combined effects of salinity and phosphorus deficiency. **Australian Journal of Botany**, v. 65, n. 5, p. 453-462, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na proposta inicial do projeto todos os experimentos seriam conduzidos no sistema hidropônico DFT adaptado em tubos, pois em estudos anteriores com o coentro submetido a diferentes condições de cultivo (diâmetro dos canais hidropônicos, densidade de plantas, intervalos de recirculação da solução e estresse salino) os resultados foram promissores.

A partir dos primeiros estudos (Capítulo 1) surgiu a necessidade de avaliar não apenas a sazonalidade do cultivo em função das épocas do ano, ou seja, a influência das temperaturas do ar, mas também as temperaturas das soluções nutritivas na rizosfera. Inicialmente a proposta foi conduzir um experimento só para avaliar o efeito das temperaturas das soluções, como foi feito entre novembro e dezembro de 2017. O coentro (cv. 'Tabocas' e cv. 'Verdão') foi submetido às seguintes temperaturas: ambiente, a 30, 33, 36, 39 e 42 °C. A partir desse experimento, além da temperatura ambiente, seriam selecionadas mais duas temperaturas constantes para condução de outro experimento em interação com e sem estresse salino. Na primeira semana desse experimento (primavera) sob as temperaturas constantes, todas as plantas eram sintomáticas, com folhas amareladas, evoluindo para necrose e secamento. No final do experimento, sob temperatura ambiente as folhas das plantas da cv. 'Tabocas' eram amareladas e tinham sistema radicular escurecido.

A partir desses resultados decidiu-se que não era viável manter as pesquisas no sistema DFT, alterando-se para o sistema NFT. No NFT as raízes das plantas só tinham contato com a solução nutritiva aquecida no momento em que o sistema funcionava. Nesse caso, tornando-se menos prejudicial para o desenvolvimento das plantas do que no DFT. Decidiu-se também utilizar menor amplitude entre as temperaturas testadas.

Conforme os resultados dos dois primeiros experimentos conduzidos no sistema DFT adaptado em tubos, o emprego do mesmo só se justifica em locais remotos, onde o fornecimento de energia elétrica é um fator limitante para o desenvolvimento da atividade hidropônica.

Nos outros dois experimentos sob os estresses salino e térmico, com base nos resultados da produção de MFPA_{maço}, quando se dispõe apenas de água salobra (6,5 dS m⁻¹) foi viável o cultivo do coentro sob condições hidropônicas com temperatura da solução nutritiva até 30 °C. Também foi possível o cultivo sob temperatura da solução a 32 °C, desde que se utilize água de baixa salinidade (CEa 0,3 dS m⁻¹).

Nesse contexto, abre-se uma nova linha de pesquisa para avaliar a interação dos estresses salino e temperaturas das soluções nutritivas para o cultivo de diferentes espécies de plantas em condições hidropônicas.

A continuidade das pesquisas nessa temática será possível devido à aprovação de um projeto “**Cultivo hidropônico de hortaliças folhosas utilizando-se soluções nutritivas preparadas com águas salobras à diferentes temperaturas**” na chamada universal do CNPq (nº 28/2018).