



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ - REITORIA DE PÓS - GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

TESE DE DOUTORADO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
CULTIVO DE PIMENTÃO HIDROPÔNICO UTILIZANDO ÁGUA COM
DIFERENTES QUALIDADES: SALOBRA, RESIDUÁRIA E DE CHUVA**

GUILHERME DE FREITAS FURTADO

Campina Grande - PB

Fevereiro – 2019

GUILHERME DE FREITAS FURTADO

Engenheiro Agrônomo

**CULTIVO DE PIMENTÃO HIDROPÔNICO UTILIZANDO ÁGUA COM
DIFERENTES QUALIDADES: SALOBRA, RESIDUÁRIA E DE CHUVA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientadores: **Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento**
Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior

Campina Grande - PB

Fevereiro – 2019

F992c

Furtado, Guilherme de Freitas.

Cultivo de pimentão hidropônico utilizando água com diferentes qualidades: salobra, residuária e de chuva / Guilherme de Freitas Furtado. - Campina Grande, 2019.

141 f.: il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento.

Referências.

1. Água Salobra. 2. *Capsicum annuum L.* 3. Efluente Doméstico. 4. Solução Nutritiva. I. Nascimento, Ronaldo do. II. Título.

CDU 635.649(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

GUILHERME DE FREITAS FURTADO

**“CULTIVO DE PIMENTÃO HIDROPÔNICO UTILIZANDO ÁGUA COM
DIFERENTES QUALIDADES: SALINA, RESIDUÁRIA E DE CHUVA”**

APROVADO(A): 14 de fevereiro de 2019

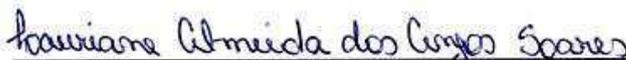
BANCA EXAMINADORA



Dr. Ronaldo do Nascimento
Orientador – UAEA/CTRN/UFPG



Dr. José Amilton Santos Júnior
Orientador – UFRPE



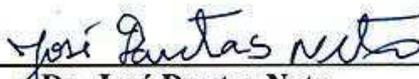
Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares
Examinadora – UAGRA/CCTA/UFPG



Dr. Geovani Soares de Lima
Examinador – UAGRA/CCTA/UFPG



Dra. Soahd Arruda Rached Farias
Examinadora – UAEA/CTRN/UFPG



Dr. José Dantas Neto
Examinador – UAEA/CTRN/UFPG

*A Deus
A meus pais, Maria Aparecida de Freitas Furtado
Palitot e José Juca Furtado, pelo constante apoio,
carinho, compreensão e, sobretudo, pelo exemplo
de pessoas que são para mim.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por todas as conquistas e bênçãos concedidas;

A meus pais, José Juca Furtado, em especial a minha mãe, Maria Aparecida de Freitas Furtado Palitot, por sempre estarem presentes na minha vida, pelo apoio, carinho, dedicação, amizade, por cada palavra e conselho proferidos a mim;

A meus irmãos, Bruno Eduardo de Freitas Furtado e Ana Jéssica de Freitas Furtado, pelo companheirismo e amizade;

A minha noiva, Ana Carolina Rodrigues Palmeira, pelo amor, carinho, companheirismo, paciência e amizade sempre dedicadas a mim;

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo;

À minha orientadora de mestrado, Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves, pelos ensinamentos e dedicação no período de orientação;

Ao prof. Dr. José Amilton dos Santos Júnior, pelas orientações e apoio durante o desenvolvimento do experimento de tese;

A meu orientador, Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento, pela orientação e confiança depositadas durante a realização deste curso;

Aos amigos Adaan, Jônatas, Felipe, Geovani, Lauriane, Elysson, por sempre estarem prontos a me ajudar quando precisei;

Aos secretários da Coordenação de Pós-graduação, Roberto, Aparecida e Gilson, pela atenção e ajuda;

A toda a minha família, por todo apoio, carinho e incentivo durante a minha formação;

Aos examinadores Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima, Prof. Dr. José Dantas Neto e Profa. Dra. Soahd Arruda Rached Farias, por se disporem a contribuir para a melhoria deste trabalho;

A todos os professores do CTRN, pelos ensinamentos, grandes responsáveis pelo meu desenvolvimento;

Aos colegas da pós-graduação: Mateus, Antônio, Carlos, Wesley e Tainara, pelo companheirismo ao longo do curso;

A todos os amigos que conquistei durante o curso e com quem tive a oportunidade de compartilhar sala de aula e trocar experiências, e a todos que me ajudaram, direta ou indiretamente.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	<i>Página</i>
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xviii
CAPITULO I – INTRODUÇÃO	19
I.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	20
I.2.OBJETIVOS	22
I.2.1 Objetivo Geral.....	22
I.2.2 Objetivos Específicos.....	22
CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA	23
II.1. A CULTURA DO PIMENTÃO.....	24
II.2. HIDROPONIA.....	25
II.2.1. Classificação dos sistemas hidropônicos.....	25
II.3. USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS	28
II.3.1 Uso de água salobra.....	29
II.3.2. Uso de água residuária.....	30
II.4. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA.....	31
II.5. PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO	32
II.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
CAPÍTULO III – MATERIAL E MÉTODOS GERAL	40
III.1. Localização e caracterização da área experimental.....	41
III.2. O módulo hidropônico.....	41
III.3. Solução nutritiva.....	42
III.4. Água salobra utilizada nos experimentos.....	43
III.5. Formação de mudas.....	44
III.6. Delineamento experimental e tratamentos.....	44
III.6.1. Experimento I.....	44
III.6.2. Experimento II.....	46
III.7. Variáveis a serem analisadas.....	47
III.7.1. Variáveis de crescimento.....	47
III.7.2. Variáveis fisiológicas.....	48

III.7.2.1. Trocas gasosas	48
III.7.2.2. Fluorescência da clorofila a.....	48
III.7.3. Variáveis de produção.....	49
III.7.4. Análise estatística.....	49
III.8. Referências Bibliográficas	49
CAPÍTULO IV – PESQUISAS REALIZADAS.....	51
IV.1. Crescimento de pimentão sob diferentes concentrações de efluente doméstico e soluções nutritivas em sistema hidropônico.....	52
IV.2. Fluorescência da clorofila do pimentão sob diferentes concentrações de efluente doméstico e soluções nutritivas em sistema hidropônico.....	65
IV.3. Fitomassa e produção de pimentão sob diferentes concentrações de efluente doméstico e soluções nutritivas em sistema hidropônico	80
IV.4. Crescimento do pimentão sob diferentes misturas de águas e concentrações de H ₂ O ₂ em sistema hidropônico.....	96
IV.5. Trocas gasosas do pimentão sob diferentes misturas de águas e concentrações de H ₂ O ₂ em sistema hidropônico.....	109
IV.6. Fitomassa e produção do pimentão sob diferentes misturas de águas e concentrações de H ₂ O ₂ em sistema hidropônico.....	127

FURTADO, G.F. **Cultivo de pimentão hidropônico utilizando água com diferentes qualidades: salobra, residuária e de chuva.** 2019. 141 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO: A escassez hídrica quantitativa e qualitativa, aliada aos altos níveis salinos dos reservatórios das regiões semiáridas inviabilizam em muitos casos uma agricultura sustentável. Além disso, o aproveitamento do potencial hídrico e nutricional do efluente doméstico é uma alternativa viável para essas regiões. Nesse sentido, uso de estratégias de manejo que possibilitem viabilizar o uso combinado de água salobra, água de chuva e efluente doméstico no preparo de solução nutritiva pode ser uma estratégia eficaz no cultivo hidropônico. Nessa perspectiva, objetivou-se estudar a viabilidade do cultivo de pimentão cv. All Big em um módulo hidropônico, aproveitando a água salobra disponível, efluente doméstico e as águas captadas da chuva. Realizaram-se dois experimentos, desenvolvidos em ambiente protegido pertencente ao CTRN/UFCG em módulo hidropônico. O primeiro experimento consistiu da mistura entre água salina (AS) e efluente doméstico (ED), resultando em seis proporções: P1 = 50% AS + 50% ED; P2 = 40% AS + 60% ED; P3 = 30% AS + 70% ED; P4 = 20% AS + 80% ED; P5 = 10% AS + 90% ED; P6 = 100% ED) e de duas concentrações nutricionais da solução nutritiva (S1 = 80% e S2 = 100%) do quantitativo recomendado para hidroponia, resultando em 12 tratamentos e 60 unidades experimentais, conduzidos sob delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 2, com 5 repetições e 3 plantas úteis por repetição. No segundo experimento, os tratamentos consistiram da mistura entre água salina (AS) e água de chuva (AC), resultando em 4 proporções: P1 = 10% AS + 90% AC; P2 = 20% AS + 80% AC; P3 = 30% AS + 70% AC; P4 = 40% AS + 60% AC) e três concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) [C1 = 0,0 (Controle); C2 = 7,5 µM; C3 = 15 µM], resultando em 12 tratamentos e 60 unidades experimentais, sob delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3, com 5 repetições e 3 plantas úteis por repetição. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste ‘F’, em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e no caso de significância, da interação entre os fatores ou dos fatores principais isoladamente, realizou-se teste de Tukey. Em termos gerais, constatou-se que a aplicação da solução nutritiva na proporção de 30% de água salobra (AS) + 70% de efluente doméstico (ED) e 80% da concentração nutricional promove maior produção de massa de frutos por planta de pimentão. As proporções entre água salobra e efluente doméstico não promovem danos fotoinibitórios aos centros de reação do FSII. A aplicação de H₂O₂ promove aclimação

de plantas de pimentão à salinidade da solução nutritiva, contudo em salinidade superior a 3,32 dS m⁻¹ a aplicação de 15 µM intensificou os efeitos deletérios da salinidade da solução. A maior produção de frutos foi obtida com a solução nutritiva na proporção de 30% água salobra + 70% água de chuva, com a aplicação de H₂O₂ na concentração de 7,5 µM.

Palavras-chave: água salobra, *Capsicum annuum* L., efluente doméstico, solução nutritiva

FURTADO, G.F. **Hydroponic pepper cultivation using water with different qualities: saline, residuary and rain.** 2019. 141 s. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande. Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT: The quantitative and qualitative water scarcity, coupled with the high saline levels of the semi-arid reservoirs, make sustainable farming in many cases unfeasible. In addition, harnessing the water and nutritional potential of domestic wastewater is a viable alternative for these regions. In this sense, the use of management strategies that enable the combined use of brackish water, rainwater and domestic effluent in the preparation of nutrient solution can be an effective strategy in hydroponic cultivation. From this perspective, the objective was to study the viability of growing cv. All Big in a hydroponic module, taking advantage of available brackish water, domestic effluent and rainwater. Two experiments were carried out in a protected environment belonging to CTRN / UFCG in hydroponic module. The first experiment consisted of the mixture between saline water (SW) and domestic effluent (DE), resulting in six proportions: P1 = 50% SW + 50% DE; P2 = 40% SW + 60% DE; P3 = 30% SW + 70% DE; P4 = 20% SW + 80% DE; P5 = 10% SW + 90% DE; P6 = 100% DE) and two nutritional concentrations of the nutrient solution (S1 = 80% and S2 = 100%) of the recommended amount for hydroponics, resulting in 12 treatments and 60 experimental units, conducted under a completely randomized experimental design in a factorial scheme. 6 x 2, with 5 repetitions and 3 useful plants per repetition. In the second experiment, the treatments consisted of the mixture between saline (SW) and rainwater (RW), resulting in 4 proportions: P1 = 10% SW + 90% RW; P2 = 20% SW + 80% RW; P3 = 30% SW + 70% RW; P4 = 40% SW + 60% RW) and three concentrations of hydrogen peroxide (H₂O₂) [C1 = 0.0 (Control); C2 = 7.5 µM; C3 = 15 µM], resulting in 12 treatments and 60 experimental units, under a completely randomized experimental design, in a 4 x 3 factorial scheme, with 5 repetitions and 3 useful plants per repetition. The obtained data were subjected to analysis of variance by the 'F' test, at a level of 0.05 and 0.01 probability and in case of significance, the interaction between the factors or the main factors alone, Tukey test was performed. In general terms, it was found that the application of nutrient solution in the proportion of 30% brackish water (SW) + 70% domestic effluent (DE) and 80% nutritional concentration promotes higher fruit mass production per sweet pepper plant. The proportions between brackish water and domestic effluent do not promote photoinhibitory damage to FSII reaction centers. The application of H₂O₂ promotes the acclimatization of pepper plants to the salinity of the nutrient solution,

however in salinity higher than 3.32 dS m^{-1} the application of $15 \text{ }\mu\text{M}$ intensified the deleterious effects of salinity of the solution. The highest fruit yield was obtained with 30% brackish water + 70% rainwater nutrient solution, with the application of $7.5 \text{ }\mu\text{M H}_2\text{O}_2$.

Keywords: *Capsicum annuum* L., saline water, wastewater, nutrient solution

LISTA DE TABELAS

Capítulo III

Página

Tabela 1. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (FURLANI et al. 1999)	43
Tabela 2. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos	45
Tabela 3. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos no experimento II	47

Capítulo IV, subitem IV.1

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos	56
Tabela 2. Resumo do teste ‘F’ para a altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do pimentão aos 55 e 96 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e efluente doméstico (P) e concentrações nutricionais da solução nutritiva (C)	58
Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para altura de plantas do pimentão (cm), de plantas de pimentão cv. All Big aos 55, e 96 dias após o semeio – DAS58	
Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para diâmetro do caule do pimentão (mm), de plantas de pimentão cv. All Big aos 55, e 96 dias após o semeio – DAS	59
Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para número de folhas do pimentão, de plantas de pimentão cv. All Big aos 55, e 96 dias após o semeio – DAS	60
Tabela 6. Desdobramento da interação entre os tratamentos para área foliar do pimentão (cm ²), de plantas de pimentão cv. All Big aos 55, e 96 dias após o semeio – DAS	61

Capítulo IV, subitem IV.2

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos	69
Tabela 2. Resumo do teste ‘F’ para a fluorescência inicial (F ₀), para fluorescência máxima (F _m), fluorescência variável (F _v), eficiência quântica do FSII (F _v /F _m) e razão (F _v /F ₀) do pimentão aos 78 e 94 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e efluente doméstico(P) e concentrações nutricionais da solução nutritiva (C)	70

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para fluorescência inicial (F0) de plantas de pimentão (cv. All Big) aos 78 e 94 (B) dias após o semeio – DAS	72
Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para fluorescência máxima (Fm) de plantas de pimentão (cv. All Big) aos 78 e 94 (B) dias após o semeio – DAS	73
Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para fluorescência variável (Fv) de plantas de pimentão (cv. All Big) aos 78 e 94 (B) dias após o semeio – DAS	74
Tabela 6. Desdobramento da interação entre os tratamentos para eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) de plantas de pimentão (cv. All Big) aos 78 e 94 (B) dias após o semeio – DAS	75
Tabela 7. Desdobramento da interação entre os tratamentos para razão (Fv/F0) de plantas de pimentão (cv. All Big) aos 78 e 94 (B) dias após o semeio – DAS	76

Capítulo IV, subitem IV.3

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos	84
Tabela 2. Resumo do teste ‘F’ para a massa fresca (MFF) e seca (MSF) de folhas, massa fresca (MFC) e seca (MSC) de caule, massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea do pimentão aos 120 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e efluente doméstico(P) e concentrações nutricionais da solução nutritiva (C)	86
Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFF) e seca (MSF) de folhas de plantas de pimentão (cv. All Big) aos 120 dias após o semeio – DAS	87
Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFC) e seca (MSC) de caule de plantas de pimentão (cv. All Big) aos 120 dias após o semeio – DAS	88
Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea de plantas de pimentão (cv. All Big) aos 120 dias após o semeio – DAS	89
Tabela 6. Resumo do teste ‘F’ para comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa fresca de frutos por planta (MFFP) e massa seca de frutos por planta (MSFP) do pimentão aos 120 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e efluente doméstico(P) e concentrações nutricionais da solução nutritiva (C)	90

Tabela 7. Desdobramento da interação entre os tratamentos para comprimento do fruto (CF) e diâmetro do fruto (DF) de plantas de pimentão (cv. All Big) aos 120 dias após o semeio – DAS.....	91
Tabela 8. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca de frutos por planta (MFFP) e massa seca de frutos por planta (MSFP) de plantas de pimentão (cv. All Big) aos 120 dias após o semeio – DAS	92

Capítulo IV, subitem IV.4

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos	100
Tabela 2. Resumo do teste ‘F’ para a altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do pimentão aos 53 e 83 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e água de chuva (P) e concentrações de H_2H_2 (C)	101
Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para altura de plantas (cm) do pimentão (cv. All Big) aos 53 e 83 dias após o semeio – DAS.....	102
Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para diâmetro de caule (mm) do pimentão (cv. All Big) aos 53 e 83 dias após o semeio – DAS.....	103
Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para número de folhas do pimentão (cv. All Big) aos 53 e 83 dias após o semeio – DAS	104
Tabela 6. Desdobramento da interação entre os tratamentos para área foliar (cm ²) do pimentão (cv. All Big) aos 53 e 83 dias após o semeio – DAS	105

Capítulo IV, subitem IV.5

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos	113
Tabela 2. Resumo do teste ‘F’ para condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (E), concentração interna de carbono (<i>C_i</i>), taxa de assimilação de CO ₂ (<i>A</i>), eficiência instantânea no uso da água (EUA) e eficiência instantânea da carboxilação (EICI) aos 24, e 61 dias após o semeio do pimentão (DAS)	115
Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para condutância estomática – <i>gs</i> (mol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹), de plantas de pimentão cv. All Big aos 24, e 61 dias após o semeio – DAS.....	116

Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para transpiração – E ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) de plantas de pimentão cv. All Big aos 24 e 61 dias após o semeio – DAS.....	117
Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para concentração interna de CO_2 – C_i ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), de plantas de pimentão cv. All Big aos 24 e 61 dias após o semeio – DAS.....	118
Tabela 6. Desdobramento da interação entre os tratamentos para taxa de assimilação de CO_2 - A ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) de plantas de pimentão cv. All Big aos 24 e 61 dias após o semeio – DAS.....	120
Tabela 7. Desdobramento da interação entre os tratamentos para a eficiência instantânea no uso da água (EUA-A/E) de plantas de pimentão cv. All Big aos 24 e 61 dias após o semeio – DAS.....	121
Tabela 8. Desdobramento da interação entre os tratamentos para a eficiência instantânea da carboxilação (EICI - A/C_i) de plantas de pimentão cv. All Big aos 24 e 61 dias após o semeio – DAS.....	122

Capítulo IV, subitem IV.6

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos	131
Tabela 2. Resumo do teste ‘F’ para a massa fresca (MFF) e seca (MSF) de folhas, massa fresca (MFC) e seca (MSC) de caule, massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea do pimentão aos 110 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e água de chuva (P) e concentrações de H_2O_2 (C)	132
Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFF) e seca de folhas (MSF) do pimentão (cv. All Big) aos 110 dias após o semeio – DAS.....	134
Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFC) e seca de caule (MSC) do pimentão (cv. All Big) aos 110 dias após o semeio – DAS.....	135
Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) do pimentão (cv. All Big) aos 110 dias após o semeio – DAS	136
Tabela 6. Resumo do teste ‘F’ para comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF) e massa fresca de frutos por planta (MFFP) aos 110 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e água de chuva (P) e concentrações de H_2O_2 (C)	136

Tabela 7. Desdobramento da interação entre os tratamentos para comprimento do fruto (CF) e diâmetro do fruto (DF) do pimentão (cv. All Big) aos 110 dias após o semeio – DAS.....	137
Tabela 8. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca de frutos por planta (MFFP) do pimentão (cv. All Big) aos 110 dias após o semeio – DAS...	138

LISTA DE FIGURAS

Página

Capítulo II

Figura 1. Representação de um sistema de cultivo hidropônico com aeração estática (floating)	26
Figura 2. Representação de um sistema de cultivo hidropônico em sistema NFT.....	27
Figura 3. Representação de um sistema de cultivo hidropônico em aeroponia	27
Figura 4. Cultivo de tomate em substrato de fibra de coco com fornecimento da solução por gotejamento	28

Capítulo III

Figura 1. Desenho esquemático e em perspectiva do módulo hidropônico	42
Figura 2. Recirculação da solução nutritiva	43
Figura 3. Bandejas plásticas (A) e copos de 200 ml perfurados (B)	44
Figura 4. Mudas de pimentão aos 30 DAS (A), vista panorâmica do experimento (B), fase de floração do pimentão (C) e fase de frutificação (D)	46
Figura 5. Aplicação de H ₂ O ₂ conforme tratamentos	47

Capítulo I

Introdução

I.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A disponibilidade de água é condição fundamental para a existência de todo ser vivo e para uma agricultura sustentável. Entretanto, nem sempre é possível uma condição hídrica satisfatória em termos de quantidade e qualidade em certas regiões, como é o caso do semiárido brasileiro, em função do seu índice de precipitação pluviométrica, das elevadas taxas de evapotranspiração e da formação geológica (SARDINHA et al., 2008). Nesse sentido, a agricultura de sequeiro torna-se praticamente inviável nessas regiões, que em função do déficit hídrico anual (em média 2.000 mm), induz a necessidade de utilizar-se de tecnologias que melhor aproveitem a água disponível. Conforme Silva et al. (2015), nessas regiões destaca-se o cultivo de hortaliças em pequenas áreas com água proveniente de poços com elevados teores de sais, o que contribui para uma baixa produtividade.

Considerando o aumento progressivo da população mundial, o consumo de água na agricultura como consequência irá aumentar gradativamente. Deste modo, a adoção de tecnologias que propiciem soluções adequadas para uso racional da água além de fontes alternativas deste recurso sobressaem em importância, como, captação de água da chuva em que, o volume acumulado, entre outras situações, pode auxiliar na atenuação de níveis salinos de águas superficiais e subsuperficiais através da mistura de águas, viabilizando o uso de águas outrora descartadas em sistemas de produção resilientes.

Outro fato que merece destaque é o reúso de água, a qual se torna evidente quando avaliada a deficiente infraestrutura sanitária existente no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento (BARROSO & WOLFF, 2011), em que a ausência de tratamento adequado aos resíduos gerados pode acarretar danos ao meio ambiente e prejuízo à saúde das populações. Conforme dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 (IBGE, 2010), 55,2% dos municípios brasileiros apresentam rede coletora de efluente doméstico bruto, destes apenas 28,5% dispõem de sistema para tratamento de efluente doméstico. Estima-se que 31,8 milhões de habitantes vivem em área rural, o que corresponde a 18,71% da população brasileira que, em quase sua totalidade, lançam os efluentes diretamente nos rios, lagos ou mesmo no solo localizado nas proximidades das moradias. Segundo o IBGE (2010) o lançamento descontrolado de efluente doméstico em corpos hídricos representa uma das principais causas da poluição hídrica no Brasil e no mundo. Diante disso, o uso de água residuária torna-se uma alternativa expressiva de convivência com a seca no semiárido nordestino, os impactos desses efluentes no ambiente e promovendo produtividade agrícola satisfatória (SANTOS et al., 2012).

Cuba et al. (2015) avaliando a aplicação de efluente doméstico tratado como fonte alternativa de água para o cultivo hidropônico de alface, observaram economia de alguns fertilizantes em relação à solução nutritiva recomendada, não havendo prejuízos da produtividade da cultura. Shaer-Barbosa et al. (2014) mencionam que a utilização do efluente tratado pode representar uma fonte de água e nutrientes disponível para aplicação na agricultura, mesmo durante os períodos de estiagem. Bizari et al. (2018) observaram que a água de reúso complementada com fertilizantes pode ser uma fonte alternativa para o cultivo hidropônico de gladiolo (espécie ornamental) em substituição à água de abastecimento do sistema convencional. Conforme Santos et al. (2011) como estes sistemas dispensam o uso do solo, o potencial matricial da água tende a ser zero, possibilitando o uso de água de salinidade mais elevada. No tocante à água residuária são vários os seus benefícios para a agricultura, como, possibilidade de substituição parcial de fertilizantes minerais, por terem em sua composição água e nutrientes e diminuição do impacto ambiental, em função da redução da contaminação dos corpos hídricos.

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) vem se destacando como uma das olerícolas de grande importância econômica, sendo plantado e consumido em todo o território brasileiro e é plantado e consumido em todo o território nacional. É uma hortaliça com boa adaptação às condições do Semiárido, onde no Nordeste, destacam-se como principais produtores os estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Bahia em ordem decrescente (NASCIMENTO, 2014).

Desta forma, a produção de hortaliças no semiárido brasileiro, pode ser otimizada com o uso de técnicas que viabilizem o manejo de águas com excesso de sais, podendo-se destacar também o processo de aclimatação, que consiste na exposição prévia de uma planta a determinado tipo de estresse, provocando mudanças metabólicas, que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a nova exposição ao estresse (ARAGÃO et al., 2011). A utilização de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) de forma exógena em quantidades pequenas nas plantas surge como uma alternativa promissora de aclimatação das plantas ao estresse salino. Azevedo Neto et al. (2005) constataram que o pré-tratamento de plântulas de arroz utilizando H_2O_2 em solução nutritiva, induziu a aclimatação, conferindo maior tolerância à salinidade. De acordo com Andrade (2013) o H_2O_2 é a molécula mais indicada para a função de aclimatação, devido ao maior tempo de meia-vida, à maior estabilidade e à capacidade de difundir-se livremente através das membranas celulares.

Diante disso, considerando-se que grande parte das fontes hídricas da região semiárida brasileira tem seu uso restrito para a agricultura em função do excesso de sais e que a produção nessas áreas é realizada por pequenos agricultores utilizando mão de obra familiar, torna-se

necessário a realização de pesquisas que minimizem os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação no crescimento inicial e capacidade produtiva das culturas de expressão social e econômica como o pimentão (COSME et al., 2011). Ademais, são incipientes as informações relacionadas ao cultivo de pimentão em sistema hidropônico, notadamente utilizando água salobra no preparo da solução nutritiva.

I.2. OBJETIVOS

I.2.1. Geral

Estudar a viabilidade do cultivo de pimentão em um módulo hidropônico de baixo custo, para regiões semiáridas, aproveitando a água salobra, efluente doméstico, as águas captadas da chuva e utilização de peróxido de hidrogênio como atenuador do estresse salino. 288558

I.2.2. Específicos

- a) Avaliar diferentes proporções de diluição da água salobra com a água de chuva e efluente doméstico no cultivo de pimentão em sistema hidropônico;
- b) Avaliar o crescimento, trocas gasosas fluorescência da clorofila *a* e produção de pimentão sob diferentes proporções de água (salobra, chuva e efluente doméstico) em sistema hidropônico;
- c) Avaliar a viabilidade do uso de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) no processo de aclimação do pimentão cultivado em sistema hidropônico sob condições de estresse salino.

Capítulo II

Revisão de Literatura

II.1. A CULTURA DO PIMENTÃO

O pimentão (*Capsicum annum* L.) vem se destacando como uma das olerícolas de grande importância econômica, sendo plantado e consumido em todo o território brasileiro. Pertence à família das solanáceas, de clima tropical e de origem latino-americana. De acordo com Silva et al. (2001), o pimentão tem origem na América Central, em regiões de clima tropical, sobretudo no México, se espalhando pelo mundo após a chegada dos colonizadores europeus. As flores são pequenas, isoladas e hermafroditas, sendo a planta autógama (FILGUEIRA, 2012). O pimentão floresce e frutifica em qualquer comprimento de dia, porém, o florescimento, a frutificação e a maturação dos frutos são mais precoces em dias curtos, favorecendo a produtividade (CARVALHO et al., 2011). O sistema radicular pode atingir até 1,0 m de profundidade, crescendo normalmente em torno dos 0,3 m; o caule é pubescente, cujo comprimento varia de 0,4 a 1,0 m em cultivos a campo e de 0,75 a 1,5 m em cultivo protegido (GOTTO & TIVELLI, 1998); possui maior desenvolvimento em temperaturas entre 25° e 30°C, sendo sensível a baixas temperaturas e intolerância a geadas (HENZ et al., 2007); ciclo médio de 90 a 130 dias, podendo atingir até 390 dias em ambiente protegido; é considerada moderadamente sensível à salinidade do solo, tendo uma redução percentual com o incremento da condutividade elétrica do extrato de saturação de 0%, 10%, 25%, 50% e 100%, respectivamente para valores de 1,5; 2,2; 3,3; 5,1 e 8,1 dS m⁻¹ (AYRES & WESTCOT, 1999).

A produtividade média de pimentão no Brasil é de 22 t ha⁻¹, ocupando uma área de 15.000 ha, com produção de 334.615 toneladas, segundo Goto et al. (2016), o país é o 15° em área cultivada no mundo e 2° em produtividade. O cultivo de pimentão ocupa posição de destaque entre as 10 hortaliças mais plantadas e com maior produção no mundo, em área produzida fica atrás da cebola, tomate e batata, nesta ordem. É uma das culturas mais indicadas para ser utilizada em ambiente protegido, pois é possível a produção em diferentes épocas, alcançando maiores preços no mercado. Seu fruto pode ser colhido no estágio verde ou maduro (vermelho, amarelo, laranja, creme e roxo) (ARAÚJO NETO et al., 2009); possuem alto teor de vitamina C e são utilizados na fabricação de condimentos, temperos, conservas, molhos e corante em sopas de preparo instantâneo e embutido de carne (CASALI & STRINGHETA, 1984; REIFSCHNEIDER, 2000).

Dentre os países produtores destacam-se China, México, Turquia, Estados Unidos e Espanha com produção média respectivamente de, 234.503; 3.296.875; 2.608.172; 962.679 e 1.277.908 de toneladas (FAO, 2019). Dentre os estados brasileiros destaca-se São Paulo com

uma área cultivada de 2.604 ha, produção de 130.751 t e produtividade média de 50,2 t ha⁻¹ superior à média nacional que é de 35 a 40 t ha⁻¹ (IEA, 2011).

II.2. HIDROPONIA

Apalavra hidroponia é originária do grego, em que hydro significa água, e ponos significa trabalho, ou seja, a proporção destas duas palavras resulta em “trabalho com água”. Esta técnica é, também, conhecida como cultivo sem solo e neste caso torna-se claro a necessidade de utilização de uma solução nutritiva para viabilizar o cultivo de plantas sem o uso de solo (soilless culture).

O sistema hidropônico conforme Rodrigues (2002) refere-se a uma técnica alternativa de cultivo de plantas com solução nutritiva balanceada na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais. Tal sistema pode ser classificado em aberto ou fechado; no primeiro caso, a solução nutritiva é aplicada uma única vez às plantas, não sendo reutilizada, sendo normalmente utilizado em cultivo com substratos; já no sistema fechado, o excesso de solução aplicado é recirculado e reaplicado (CASTELLANE & ARAÚJO, 1994). A depender a técnica utilizada pode haver maior ou menor disponibilidade de água e nutrientes às plantas. No Brasil, a técnica mais utilizada a do NFT (Nutrient Film Technique) (SANTOS et al., 2011).

II.2.1. Classificação dos sistemas hidropônicos

Os sistemas hidropônicos podem ser classificados: a) Quanto à movimentação da solução nutritiva; em estáticos ou dinâmicos; b) Quanto ao reaproveitamento da solução lixiviada: sistema aberto ou fechado; c) Quanto à forma de sustentação da planta: meio líquido e substrato; Também podem ser divididos em outros dois grupos básicos, que são os ativos e os passivos, em que nos sistemas passivos a solução hidropônica permanece estática e é conduzida às raízes através de um meio de cultura com alta capilaridade, geralmente ligado a um pavio; nos sistemas ativos é necessária a utilização de uma bomba para a circulação da solução de nutrientes (SEDIYAMA & PEDROSA, 1999).

Dentre os diversos sistemas hidropônicos existentes destacam-se: hidroponia de aeração estática (floating), Sistema NFT, sistema aeropônico e cultivo com substratos (BEZERRA NETO, 2016).

a) **Hidroponia de aeração estática (floating):** Esse sistema consiste em manter as plantas com as raízes completamente submersas na solução nutritiva em um recipiente de com grande volume de solução nutritiva, utilizando-se usualmente placas de poliestireno (isopor) com furos, para garantir a sustentação das plantas e mantê-las na posição vertical (Figura 1). Nesse sistema, há a necessidade de ajuste frequente da solução nutritiva, para reduzir o desbalanço nutricional e variação do pH do meio, em virtude da absorção de nutrientes pelas raízes. Este sistema de cultivo é adequado apenas para plantas leves, não se prestando, portanto, para plantas de maior porte como o tomate, pepino etc.

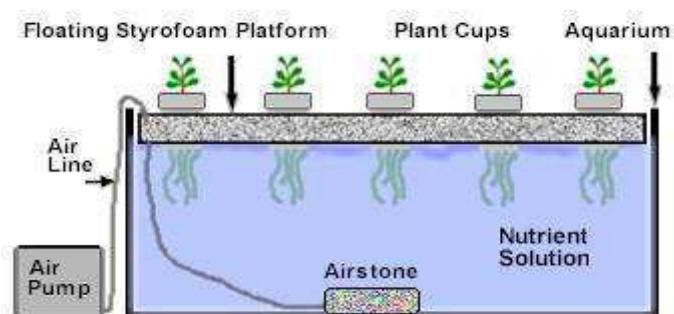


Figura 1. Representação de um sistema de cultivo hidropônico com aeração estática (floating)

b) **Sistema NFT (Nutrient Film Technique):** A técnica do filme nutriente ou técnica do fluxo laminar de nutrientes, baseia-se no cultivo das plantas em canais por onde a solução nutritiva circula, intermitentemente, em intervalos definidos e controlados por um temporizador (Figura 2). As raízes das plantas ficam apenas parcialmente submersas na lâmina de solução nutritiva que circula, de forma a permitir a respiração normal das raízes. Existem no mercado perfis hidropônicos próprios para este sistema de cultivo, e também podem ser utilizados tubos de PVC inteiros ou cortados ao meio, longitudinalmente.

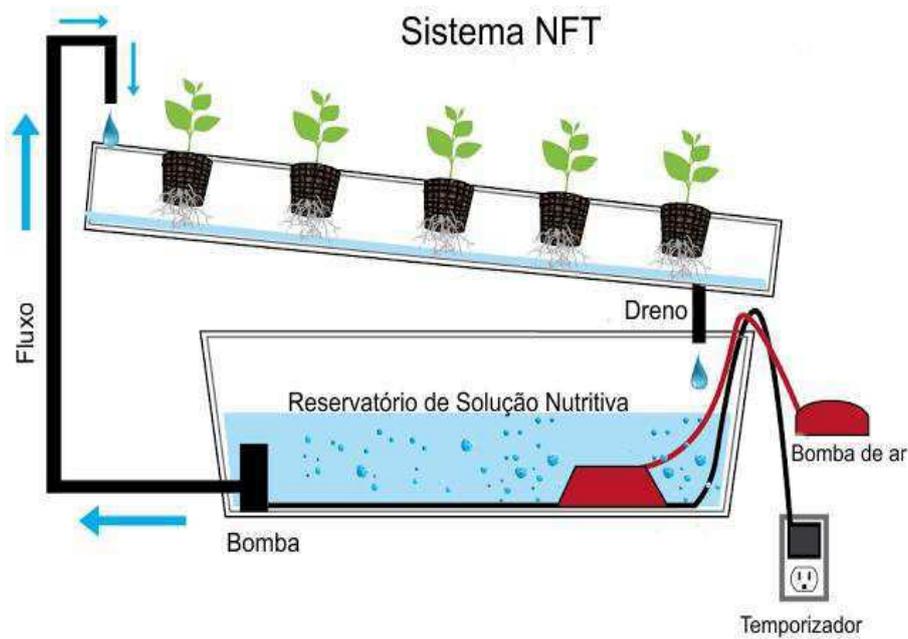


Figura 2. Representação de um sistema de cultivo hidropônico em sistema NFT

c) Aeroponia: Nesse sistema as plantas em que as raízes ficam suspensas no ar e recebem nebulizações intermitentes de solução nutritiva, ficando a umidade relativa do ar, no ambiente radicular, próxima a 100%. As plantas ficam suspensas pelo caule em um suporte e as raízes são mantidas dentro de câmaras opacas protegidas da luz, para evitar o desenvolvimento de algas. Este sistema é pouco utilizado comercialmente devido ao custo de implantação e dificuldades operacionais. Algumas pessoas, inadequadamente, costumam confundir aeroponia com hidroponia vertical (Figura 3).

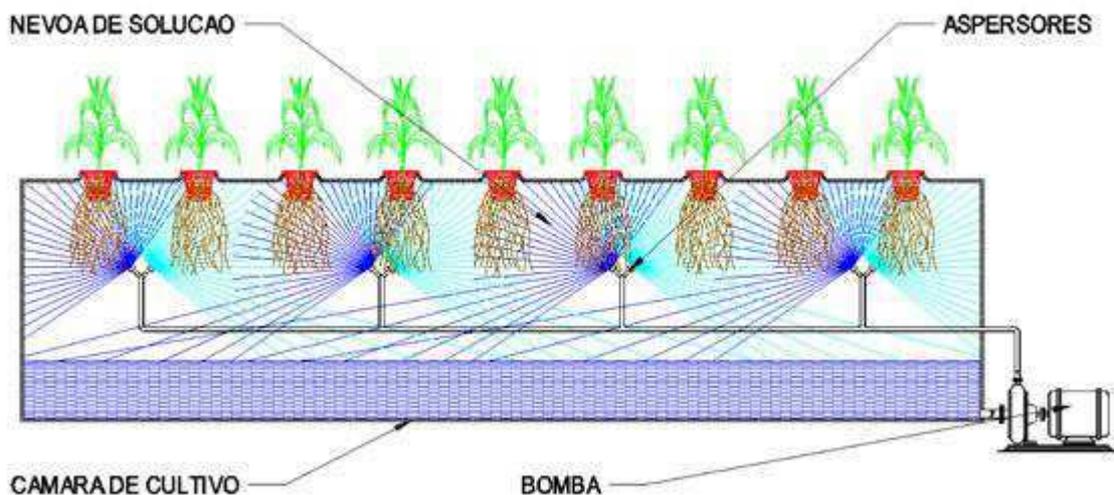


Figura 3. Representação de um sistema de cultivo hidropônico em aeroponia

d) Cultivo com substratos: Neste sistema as plantas são cultivadas em vasos e utiliza-se um substrato inerte ou pouco ativo quimicamente como pó de coco, areia lavada, cascalho e argila expandida, para dar sustentação às plantas (Figura 4). É considerado um sistema de cultivo aberto, em que o fornecimento da solução nutritiva pode se dar por capilaridade, gotejamento, inundação e circulação. Os recipientes mais utilizados nesse tipo de cultivo são os vasos, tubos de PVC, canaletas, filmes plásticos, canteiros de alvenarias, telhas e sacos.



Figura 4. Cultivo de tomate em substrato de fibra de coco com fornecimento da solução por gotejamento

II.3. USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS

O aproveitamento de fontes alternativas, como água com excesso de sais e água residuária na irrigação das culturas tem sido utilizado como estratégia para convivência com a escassez dos recursos hídricos, notadamente, em regiões semiáridas. Conforme Barroso & Wolff (2011) o desenvolvimento de tecnologias que promovam o reúso de água torna-se evidente quando avaliada a deficiência na infraestrutura sanitária existente no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento. No tocante as águas com excesso de sais, torna-se necessário buscar tecnologias que promovam o uso racional e maior aproveitamento na produção vegetal, diminuindo consequentemente, os impactos ambientais.

Os sistemas de cultivo hidropônico representam uma alternativa de grande viabilidade ante o cultivo convencional, proporcionando vantagens para o consumidor, para o produtor e para o ambiente, como obtenção de produtos de alta qualidade, ciclo curto, com maior

produtividade, menor gasto de água, de insumos agrícolas e de mão de obra (PAULUS et al., 2012). No entanto, conforme Santos Júnior et al. (2016) o uso de hidroponia convencional possui algumas desvantagens em pequenas comunidades rurais, tais como o alto custo inicial em razão do nível tecnológico exigido; o risco de perda da cultura por problemas relacionados à energia elétrica; a necessidade de mão de obra especializada e de acompanhamento permanente em função da solução nutritiva que requer cuidados especiais de manejo, assim como questões de mercado, incompatíveis com a agricultura familiar; vulnerabilidade e o grau de descapitalização dos agricultores familiares.

Nesse sentido, os sistemas de cultivo hidropônico com circulação fechada podem viabilizar a utilização fontes alternativas de água, em virtude de não permitir a aplicação direta dessas águas ao solo, evitando, o contato direto do homem com a água e promovendo aproveitamento do aporte nutricional, redução da manipulação agrícola de grandes áreas e os danos provocados pela ação antrópica, como por exemplo, a desertificação. Além disso, esses sistemas funcionam como sistema de irrigação e de drenagem, permitindo o destino apropriado dos sais, ao final da produção.

II.3.1 Uso de água salobra

O uso da irrigação em regiões semiáridas é uma prática praticamente indispensável para uma produção agrícola em larga escala. O aumento da área irrigada e a diminuição da disponibilidade de água de boa qualidade têm incrementado a utilização de águas marginais, com diferentes níveis de salinidades (OLIVEIRA et al., 2011). Em muitos casos essas águas possuem concentrações de sais, em níveis inviáveis para utilização direta na irrigação convencional da maioria dos cultivos. No solo o excesso de sais, reduz a disponibilidade de água para as culturas em função do aumento do potencial osmótico da solução, além de trazer problemas como o efeito de íons tóxicos específicos sobre a fisiologia vegetal, reduzindo o rendimento da cultura e a qualidade da produção. Nesse sentido, uma alternativa é o cultivo hidropônico para produção vegetal intensiva, em função desse tipo de sistema de cultivo promover maior tolerância à salinidade em relação ao cultivo no solo, por ter maior disponibilidade de água para as plantas em função da ausência do potencial mátrico, que é uma das causas da diminuição da energia livre de água (SOARES et al., 2007).

A qualidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva é fator fundamental para se obter elevada produtividade e qualidade dos produtos, seja no cultivo utilizando o sistema

NFT (GONDIM et al., 2010) ou o cultivo em substrato. Em função dos altos níveis salinos dos reservatórios das regiões semiáridas, o uso dessas águas em proporção com água doce poderia ser útil para incrementar o rendimento das culturas. Conforme Soares et al. (2010) o aproveitamento e uso exclusivamente de águas salobras para a reposição do volume evapotranspirado em hidroponia pode ser menos danoso às culturas de ciclo curto do que o seu emprego apenas para o preparo da solução nutritiva, pois a salinização gradual seria menos danosa do que a salinidade constante, mas estabelecida desde o início do ciclo. Segundo Silva et al. (2015) a proporção de água doce para o preparo de solução nutritiva e águas salobras para reposição do volume evapotranspirado pode ser uma estratégia eficaz para o incremento da produção de coentro em hidroponia. De acordo com Lira et al. (2015) e Soares et al. (2015) o uso de água salobra em cultivos hidropônicos pode ser uma alternativa viável para os produtores com disponibilidade de águas salobras e restrição de água doce, mesmo com redução na produtividade.

II.3.2 Uso de água residuária

A água residuária vem sendo utilizada na agricultura como um elemento estratégico na gestão e aproveitamento dos recursos hídricos, em virtude de promover suprimento da demanda do setor, ademais, pode oferecer suprimento nutricional (ALVES et al., 2009; REBOUÇAS et al., 2010; AZEVEDO et al., 2013), reduzindo custos com fertilizantes sintéticos e promovendo maior equilíbrio nutricional entre as áreas de produção e as regiões consumidoras. Conforme Azevedo et al. (2013) o aproveitamento da água residuária na irrigação das culturas vem sendo utilizado como estratégia eficaz no convívio com a escassez de recursos hídricos em regiões semiáridas.

Esse aproveitamento permite a reciclagem de água e de nutrientes em um intercâmbio entre as regiões produtoras e consumidoras de produtos agrícolas, proporcionando aos sistemas de produção dessas regiões disponibilidade de água para expansão dos cultivos e redução dos custos com aquisição de fertilizantes (SANTOS JUNIOR et al., 2013). Conforme Santos Junior (2013), no entanto, o efeito de diluição em períodos chuvosos reduz a qualidade nutricional da água residuária armazenada em mananciais abertos, o que a torna passível de ser aproveitado no preparo da solução nutritiva. Nesse sentido o uso de água proveniente do tratamento de efluentes cresceu, acentuadamente, em todo o mundo, particularmente em regiões semiáridas, como resposta à necessidade de aumentar a produção agrícola, principalmente de alimentos,

sem aplicação de fertilizantes sintéticos (ANDRADE et al. 2012). Além disso, o reúso de água remove parcial ou totalmente o teor de nutrientes contido nos efluentes como, nitrogênio e fósforo, antes do seu despejo nos corpos de água, impedindo a eutrofização dos mananciais.

Diversos trabalhos confirmam as vantagens proporcionadas pelo aproveitamento de águas residuárias na produção agrícola. Chatzakis et al. (2011) e Santos Júnior et al. (2011) observaram que o efluente de águas residuais pode ser utilizado na irrigação do girassol funcionando também como fonte de nutrientes para a cultura. Andrade et al. (2012) verificaram que o uso de água residuária proporciona melhor qualidade comercial e durabilidade pós-colheita dos genótipos de girassol ornamental em sistema orgânico de cultivo. Entretanto, Fonteles et al. (2015) citam que adição de efluente doméstico tratado não influenciaram no desenvolvimento e produção da alface.

II.4. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA

Atualmente o aproveitamento de água da chuva é praticado em países como Estados Unidos, Alemanha, Japão, entre outros. No Brasil, o sistema é utilizado em algumas regiões do semiárido como fonte de suprimento de água para consumo humano e animal, devido a irregularidade das chuvas onde, observa-se constantemente grandes riscos de perda total ou parcial da produção agrícola (SILVA et al., 2007).

O aproveitamento de água da chuva é em algumas regiões, notadamente no semiárido, a única alternativa ao uso de águas potáveis em atividades que não dependam do seu uso exclusivo, sendo considerada como agente mitigador dos impactos negativos da escassez hídrica (TORDO, 2004). Conforme Campos (2004) seu uso está associado ao alto índice de precipitação, problemas de abastecimento de água potável, preços elevados e restrições impostas pelo poder público. Nesse sentido, é imprescindível o aproveitamento dessas águas nos agrossistemas e isto pode ser conseguido com o uso de técnicas de captação aliado a sistemas de cultivo de baixa exigência hídrica (PORTO et al., 2006).

A captação das águas pluviais pode ser feita através de diversos meios como; coleta em telhado, lajedo de pedra armazenadas em cisternas, barreiros, açudes e barragens subterrâneas. Entretanto, um sistema de reúso mal projetado, pode ocasionar malefícios diretos ou indiretos aos usuários, independente da forma de operação (SILVA et al., 2010). Conforme a legislação brasileira (Resolução do Conama nº 430 de 2011) águas de chuva são tratadas como efluente (efluentes), pois ela é captada pelos telhados e pisos, sendo conduzidas pelos sistemas urbanos

de drenagem, após carrearem impurezas dissolvidas, suspensas, ou simplesmente arrastadas mecanicamente, para outros mananciais (córregos, rios, açudes) os quais abastecerão as Estações de Tratamento de Água Potável.

Diante disso, a conservação da água, por meio do uso racional e de reúso tem pode ser uma ferramenta eficiente na preservação dos recursos hídricos. Segundo Weber et al. (2010) os ganhos ambientais gerados se relacionam a redução da captação e emissão de poluentes promovendo maior preservação quantitativa e qualitativa desse recurso. Tais autores mencionam, entretanto, que o reúso proporciona apenas a substituição de uma água de qualidade superior por outra de qualidade mínima necessária à atividade em questão, o que não aumenta a eficiência de uso da água. Nesse sentido, intervenções de ordem comportamental e física devem preceder o reúso da água ou o uso de água pluvial, pois podem trazer maiores benefícios ambientais otimização de seu uso.

II.5. PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO

Os efeitos inibidores do estresse salino no crescimento e desenvolvimento de plantas já são muito conhecidos, entretanto os mecanismos de tolerância de plantas a essas condições ainda não foram completamente esclarecidos, especialmente quando se refere ao uso de espécies reativas de oxigênio (EROs) como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). De modo geral, as plantas estão adaptadas a conviverem com certos níveis de EROs, entretanto, seu acúmulo nos tecidos pode levar à toxicidade e resultar na morte celular (FORMAN et al., 2010). As EROs são formas reduzidas do oxigênio molecular extremamente reativas, que incluem o ânion superóxido (O_2^-), radical hidroxílico (OH^\cdot), oxigênio singleto (1O_2) peróxido de hidrogênio (H_2O_2), e estão presentes na célula vegetal como subprodutos normais do metabolismo aeróbico e de processos fotoxidativos (ARORA et al., 2002; MITTLER, 2002), sendo produzidas em diferentes compartimentos celulares, tais como cloroplastos, mitocôndrias, membrana plasmática, peroxissomos, entre outros (APEL & HIRT, 2004; CHEN et al., 2004).

A produção das EROs pelos tecidos vegetais, incluindo H_2O_2 , aumentam sob condições de estresse, como a salinidade. O estresse ambiental, portanto, resulta em estresse oxidativo em plantas (FAROOQ et al., 2015), e são geralmente considerados prejudiciais às células vegetais em virtude de provocarem danos extremos as moléculas, como DNA, proteínas e lipídios (GILL & TUTEJA, 2010). De acordo com Ashraf (2009) a produção desses antioxidantes garante

formação de um mecanismo de defesa, o qual promove adaptação de plantas a situações de estresses abióticos, tornando-as aptas a sobreviver sob condições ambientais negativas.

Apesar do seu papel deletério, alguns autores defendem que em pequenas concentrações, o H_2O_2 funciona como sinalizador molecular das condições ambientais (MITTLER, 2002; MILLER et al., 2008), favorecendo o processo de aclimatação, o qual se constitui em uma alternativa para aumentar a capacidade de sobrevivência das plantas a condições adversas. A aclimatação refere-se ao processo, no qual um indivíduo é exposto previamente a um determinado estresse, favorecendo a mudanças metabólicas que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse. Quando essa exposição prévia é feita com um estresse diferente do segundo (estresse definitivo), diz-se que essa aclimatação induziu uma tolerância cruzada (NEILL et al., 2002).

Dentre os processos de aclimatação ao estresse salino, o do pré-tratamento das plantas com pequenas quantidades de H_2O_2 tem se mostrado promissor (GONDIM et al., 2011). Andrade (2013) menciona que o H_2O_2 é a molécula mais apropriada para a função de aclimatação, devido ao maior tempo de meia-vida, à maior estabilidade e à capacidade de difundir-se livremente através das membranas celulares. Diversas pesquisas têm comprovado o efeito benéfico do pré-tratamento de H_2O_2 em baixas concentrações na indução à tolerância de várias espécies de plantas ao estresse salino, protegendo-as de danos oxidativos. Gondim et al. (2011) e Silva et al. (2016), trabalhando com milho, verificaram aclimatação das plantas ao estresse salino, revertendo parcialmente os efeitos deletérios da salinidade no seu crescimento. Silva et al. (2018), verificaram que a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em maracujazeiro, atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação.

Além disso, a pulverizações foliares com H_2O_2 reduzem significativamente efeitos induzidos pela salinidade, aumentando as atividades da enzima catalase em milho (GONDIM et al., 2012). Kilic & Kahraman (2016) citam que o H_2O_2 pode reduzir os efeitos deletérios do estresse salino e sua aplicação contribui positivamente para o crescimento e desenvolvimento das plantas de cevada, ativando as enzimas catalases e peroxidases em concentrações subtóxicas, promovendo mecanismos de defesa e fornecendo uma adaptação significativa à salinidade.

II.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, W.W.A.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V.L.A. de. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária adubado com nitrogênio e fósforo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.4, p.41-46, 2009.
- ANDRADE, C.A. O papel do peróxido de hidrogênio na tolerância de soja (*Glicine max*) ao alagamento. Lavras: UFLA, 2013. 59p. Dissertação Mestrado.
- ANDRADE, L.O.; GHEYI, H.R.; NOBRE, R.G.; DIAS, N.S.; NASCIMENTO, E.C.S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. *IDESIA*, v.30, n.2, p.19-27, 2012.
- ANDRADE, L.O.; GHEYI, H.R.; NOBRE, R.G.; DIAS, N.S.; NASCIMENTO, E.C.S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. *Idesia*, v.30, n.2, p.19-27, 2012.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review Plant Biotechnology*, v.55, p.373-399, 2004.
- ARAGÃO, G.F.; GOMES-FILHO, E.; CAMELO, M.E.; TARQUINIO, P.O.J. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciências Agrárias*, v.42, n.2, p.373-381, 2011.
- ARAÚJO NETO, S.E.; AZEVEDO, J.M.A.; GALVÃO, R.O.; OLIVEIRA, E.B.L.; FERREIRA, R.L.F. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes substratos. *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1408-1413, 2009.
- ARORA, A.; SAIRAM, R.K.; SRIVASTAVA, G.C. Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science*, v.82, n.10, p.1227-1238, 2002.
- ASHRAF M. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advances*, v.27, n.1, p.84-93, 2009.
- AYRES, R.S.; WESCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Tradução de GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; DAMASCENO, E.F.A.V. Campina Grande, UFPB, 1999. 153p.
- AZEVEDO NETO, A. D., PRISCO, J. P.; ENÉAS-FILHO, J.; MEDEIROS, J-V. R.; GOMES-FILHO, E. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, v.162, n.10, p.1114-1122, 2005.
- AZEVEDO, J.; DUTRA, I.C.B.; COSTA, F.G.B; BATISTA, R.O.; COSTA, L.R. Alterações químicas de cambissolo fertirrigado com água residuária doméstica tratada. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, v.9, n.2, p.66-76, 2013.
- BARROSO, L.B.; WOLFF, C.B. Reúso de efluente sanitário na irrigação de culturas agrícolas. *Engenharia Ambiental*, v.8, n.3, p.225- 236, 2011.

- BEZERRA NETO, E. O cultivo hidropônico. In: BEZERRA NETO, E. Hidroponia. Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades. Recife: EDUFRPE, v.6, n.6, 2017. p.15-40.
- BIZARI, D.R.; BATTIBUGLI, J.V.F.; CARDOSO, J.C.; GAZAFFI, R.; SOUZA, C.F. Água de reúso no cultivo de gladiolo em sistema hidropônico. Irriga, v.23, n.2, p.286-297, 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 430, de 13 de Maio de 2011.
- CAMPOS, M.A.S. Aproveitamento de água pluvial em edifícios residências multifamiliares na cidade de São Carlos. São Carlos: UFSCAR, 2004. 131 p. (Dissertação de Mestrado).
- CAMPOS, V.B.; OLIVEIRA, A.P.; CAVALCANTE, L.F.; PRAZERES, S.S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.8, n.2, p.72-79, 2008.
- CARVALHO, J.A.; REZENDE, F.C.; AQUINO, R.F.; FREITAS, W.A.; OLIVEIRA, E.C. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 6, p. 569-574, 2011.
- CASALI, V.W.D.; STRINGHETA, P.C. Melhoramento do pimentão e pimenta para fins industriais. Informe Agropecuário, v.10, n.113, p.23-25, 1984.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. Cultivo sem solo: hidroponia. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43 p.
- CHATZAKIS, M.K.; TZANAKAKIS, V.A.; MARA, D.D.; ANGELAKIS, A.N. Irrigation of castor bean (*Ricinus communis* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) plant species with municipal wastewater effluent: Impacts on soil properties and seed yield. Water, v.3, p.1112-1127, 2011.
- CHEN, H.X.; GAO, H.Y.; AN, S.Z.; LI, J. Dissipation of excess energy in Mehler-peroxidase reaction in Rumex leaves during salt shock. Photosynthetica, v.42, n.1, p.117-122, 2004.
- COSME, C.R.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; OLIVEIRA, E.M.M.; SOUSA NETO, O.N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental, v.15, n.5, p.499-504, 2011.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT, 2019. <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. 21 Mai. 2019.

- FAROOQ, M.; HUSSAIN, M.; WAKEEL, A.; SIDDIQUE, K.H.M. Salt stress in maize: effects, resistance mechanisms, and management. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v.35, n.2, p.461-481, 2015.
- FILGUEIRA, F.A.R. *Novo Manual de Olericultura. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2012. 421p.
- FONTELES, J.L.V.; MOURA, K.K.C.F.; DIAS, N.S.; CARNEIRO, J.V.; GUEDES, R.A.A. Crescimento e Produção de Duas Cultivares de Alface Utilizando Água de Efluente Tratado. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.9, n.5, p.320 - 325, 2015.
- FORMAN, H. J.; MAIORINO, M.; URSINI, F. Signaling functions of reactive oxygen species. *Biochemistry*, v.49, n.5, p.835-842, 2010.
- GILL, S.S., TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.48, n.12, p.9090-930, 2010.
- GONDIM, A.R.O.; FLORES, M.E.P.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. *Bioscience Journal*, v.26, p.894-904, 2010.
- GONDIM, F.A.; GOMES FILHO, E.; COSTA, J.H.; ALENCAR, N.L.M.; PRISCO, J.T. Catalase plays a key role in salt stress acclimation induced by hydrogen peroxide pretreatment in maize. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.56, p.62-71, 2012.
- GONDIM, F.A.; GOMES-FILHO, E.; MARQUES, E.C.; PRISCO, J.T. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Ciência Agrônômica*, v.42, n.2, p.373-381, 2011.
- GOTO, R.; CUMHA, A.R.; SANDRI, M.A.; ONO, E.O. Exigências Climáticas e Ecofisiologia. In: Carlos Nick; aluizio borém. (Org.). *Pimentão: do plantio à colheita*. 1.ed. Viçosa: UFV, 2016. p.17-33.
- GOTTO, R.; TIVELLI, S. W. *Produção em ambiente protegido: condições subtropicais*. São Paulo: Editora UNESP, 1998. 319p.
- HENZ, G.P.; COSTA, C.S.R.; CARVALHO, S.; BANCI, C.A. Como cultivar pimentão: alta produtividade. *Revista Cultivar Hortaliças e Frutas*, n.42, p.1-7, 2007.
- IBGE. *Pesquisa nacional de saneamento básico 2008*. Rio de Janeiro: MPOG, MC, 2010. 219p.
- IEA - Instituto de Economia Agrícola. Banco de dados: estatística produção agrícola. IEA, 2011 e 2012. <[http:// www. iea.sp.gov.br](http://www.iea.sp.gov.br)>. 19 Jan. 2017.

- KILIC, S.; KAHRAMAN, A. The mitigation effects of exogenous hydrogen peroxide when alleviating seed germination and seedling growth inhibition on salinity-induced stress in barley. *Polish Journal of Environmental Studies*, v.25, n.3, p.1053-1059, 2016.
- 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.
- MILLER, G.; SHULAEV, V.; MITTLER, R. Reactive oxygen signaling and abiotic stress. *Physiologia Plantarum*, v.133, p.481-489, 2008.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, v.7, n.9, p.405-410, 2002.
- NASCIMENTO, W.M. *Produção de Sementes de Hortaliças*. 1.ed., 2014. 315p.
- NEILL, S. J.; DESIKAN, R.; HANCOCK, J. Hydrogen peroxide signaling. *Current Opinion in Plant Biology*, v.5, n.05, p.388-395, 2002.
- 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, 2012.
- PORTO, E.R.; BRITO, L.T.L.; ANJOS, J.B.; SILVA, M.S.L.; MOURA, M.S.B. Formas de garantir água na seca. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 48 p. (ABC da agricultura familiar, 13).
- REBOUÇAS, J.R.L.; DIAS, N.S.; GONZAGA, M.I.S.; GHEYI, H.R.; SOUSA NETO, O.N. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de efluente doméstico tratado. *Revista Caatinga*, v.23, n.1, p.97-102, 2010.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B. *Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil*. Brasília: EMBRAPA, 2000. 113p.
- RODRIGUES, L.R.F. *Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido*. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762p.
- SANTOS JÚNIOR, J.A. *Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores de girassol em sistema hidropônico para regiões semiáridas*. 2013. 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

- 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, 2016.
- SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; ARAUJO, D.L.; GUEDES FILHO, D.H. Substratos e diferentes concentrações da solução nutritiva preparada em água residuária no crescimento do girassol. *Revista Ciência Agronômica*, v.45, n.4, p.696-707, 2014.
- SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; SOARES, F.A.L.; NOBRE, R.G. Doses de boro e água residuária na produção de girassol. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.4, p.857-864, 2011.
- 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, J.G.; PIVELI, R.P.; CAMPOS, F.; SUNDEFELD, G.; SOUSA, T.S.; CUTOLO, S. A. Análise parasitológica em efluentes de estações de tratamento de águas residuárias. *Revista de Patologia Tropical*, v.41, n.3, p.319-336. 2012
- SARDINHA, D.S.; CONCEIÇÃO, F.T.; SOUZA, A.D.G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M.; GONÇALVES, J.C.S.I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.13, n.1, p.329-338, 2008.
- SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W. *Hidroponia: uma técnica alternativa de cultivo*. Belo Horizonte: EPAMIG, 1999. 12p.
- SHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M.E.P.; MEDEIROS, Y.D.P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. *Ambiente e Sociedade*, v.17, n.2, p.17-32, 2014.
- SILVA, A.A.R.; LIMA, G.S.; AZEVEDO, C.A.V.; VELOSO, L.L.S.A.; CAPITULINO, J.D. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de maracujá. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC, 2018, Maceió, Alagoas. Anais...
- SILVA, E.M.; LACERDA, F.H.D.; MEDEIROS, A.S.; SOUZA, L.P.; PEREIRA, F.H.F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.3, p.01-07, 2016.
- SILVA, M.A.G.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; FERNANDES, H.G.; GRANJA, F.A.; SCIVITTARO, W.B. Efeito do nitrogênio e potássio na nutrição do pimentão cultivado

- em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.4, p.913-922, 2001.
- 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.S.L.; MENDONÇA, C.E.S.; ANJOS, J.B.; FERREIRA, G.B.; SANTOS, J.C.P.; OLIVEIRA NETO, M.B. Barragem Subterrânea: Uma opção de sustentabilidade para a agricultura familiar do semi-árido do Brasil. Recife: EMBRAPA, 2007. 10p. (Circular Técnica 36).
- SILVA, W.M., SOUZA, L.O., REGO, L.H.A., ANJOS, T.C. Avaliação da reutilização de águas cinzas em edificações, construções verdes e sustentáveis. *Enciclopédia Biosfera*, v.6, n.11, p.1-15, 2010.
- SOARES, H.R.; SILVA, E.F.F.; SILVA, G.F.; PEDROSA, E.M.R.; ROLIM, M.M.; SANTOS, A.N. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.7, p.636-642, 2015.
- SOARES, T.M.; DUARTE, S.N.; SILVA, E.F.F.; JORGE, C.A. Proporção 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.; BONFIMSILVA, E.M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. *Irriga*, v.12, n.2, p.235-248, 2007.
- TORDO, O.C. Caracterização e avaliação do uso de águas de Chuva para fins potáveis. Blumenau: FURB, 2004. 120p. (Dissertação de Mestrado).
- WEBER, C.C.; CYBIS, L.F.; BEAL, L.L. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.15, n.3, p.291-300, 2010.

Capítulo III

Material e Métodos Geral

III. MATERIAL E METODOS GERAL

III.1. Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa foi desenvolvida em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizada nas coordenadas geográficas de 7° 12' 52" latitude Sul e 35° 54' 24" longitude Oeste e altitude de 550 m.

A casa de vegetação utilizada para a condução desta pesquisa é do tipo 'arco' com a cobertura em plástico translúcido, possuindo fechamento lateral e frente/fundo com filme plástico transparente 150 micras, construída em estrutura metálica e ferro, com orientação no sentido leste oeste, possuindo 30 m de comprimento, 20 m de largura e 4 m de altura do pé direito.

III.2. O módulo hidropônico

O sistema hidropônico adotado consistiu no uso de 12 tubos de PVC de 6 m de comprimento e 100 mm de diâmetro, instalados em nível, com joelhos nas extremidades sendo que, em um deles, instalou-se uma torneira para saída de água, garantindo assim um nível de 0,04 m de solução ao longo do tubo, em tempo, os copos com as mudas foram acondicionados em aberturas (células) com diâmetro de 60 mm, espaçadas a 30 cm. Em cada célula, foi inserido um copo descartável de 200 ml (com microperfurações no fundo e na parte de baixo das laterais) preenchido com fibra de coco lavada, de modo que cada copo acondicionou uma planta. Estes tubos foram alocados em uma estrutura vertical de madeira, com seis metros de comprimento, 1,4 m de largura e 1,8 de altura (SANTOS JÚNIOR et al., 2016) (Figura 1).

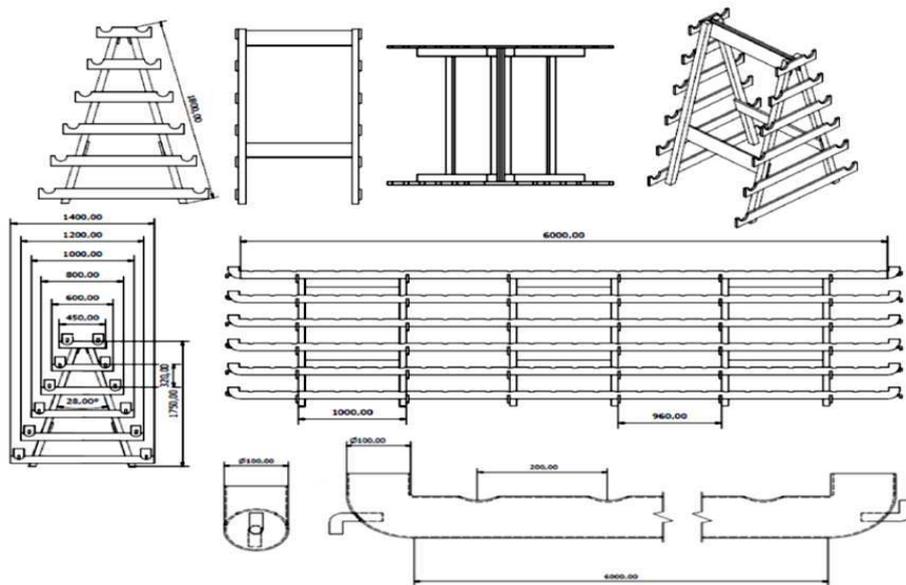


Figura 1. Desenho esquemático e em perspectiva do módulo hidropônico

III.3. Solução nutritiva

A solução nutritiva proposta por Furlani et al. (1999) (Tabela 1) foi acondicionada em reservatórios distintos conforme cada tratamento, sendo preparados volumes iniciais de 100 L. Diariamente e de forma manual adicionou-se 40 L de solução nutritiva duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 h) por tubo, conforme tratamentos, com vistas à recirculação dos nutrientes, tendo sido monitorado diariamente a CE_{sn} e o pH_{sn} . A reposição da lâmina evapotranspirada no respectivo reservatório foi efetuada semanalmente, com a respectiva mistura de águas utilizada no preparo da solução nutritiva.



Figura 2. Recirculação da solução nutritiva

Tabela 1. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (FURLANI et al. 1999)

Sal ou fertilizante*	g 1.000 L ⁻¹
Nitrato de cálcio hydro especial	750,0
Nitrato de potássio	500,0
Fosfato monoamônico (MAP)	150,0
Sulfato de magnésio	400,0
Conmicros**	42,5

*Os fertilizantes foram diluídos nessa ordem

**Mistura de micronutrientes para hidroponia

III.4. Água salobra utilizada nos experimentos

A água salobra utilizada para o preparo da solução nutritiva dos experimentos foi coletada na barragem do Assentamento Vitória (latitude 7°20'47,49" S e longitude 36° 2'28,00" O), coletada após seis meses sem ocorrência de precipitação, com as seguintes características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,24), a CE (29,15 dS m⁻¹), o K (0,012 g L⁻¹), o Na (5,50 g L⁻¹), o Ca (0,41 g L⁻¹) e o Mg (1,2 g L⁻¹) e RAS de 30,74 (mmol L⁻¹)^{0,5}. Para viabilizar o uso desta água salina, procedeu-se a sua diluição (LACERDA et al., 2010) em água de chuva (CE≈0) estabelecendo-se o nível de salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹, em que o volume da mistura foi determinado conforme a equação 1.

$$P2 = CEF + CEa1/CEa2 - CEa1 \quad (1)$$

Em que,

P2 = proporção da água de maior salinidade (%)

CEF = concentração final da mistura, $dS\ m^{-1}$;

CEa1 = Condutividade elétrica da água de menor salinidade, em $dS\ m^{-1}$;

CEa2 = Condutividade elétrica da água de maior salinidade, em $dS\ m^{-1}$.

III.5. Formação de mudas

As mudas de pimentão cv. All Big foram formadas em bandejas plásticas de 36 células, semeando-se 2 a 3 sementes por célula. O desbaste foi realizado aos 15 DAS deixando uma plântula por célula; as mudas foram irrigadas com água de chuva diariamente, pela manhã e à tarde, até os 30 DAS. Aos 31 DAS, as mudas foram transplantadas para copos plásticos descartáveis de 200 mL, perfurados nas laterais e no fundo, preenchidos com fibra de coco; foram inseridas nos tubos, conforme tratamentos previamente estabelecidos (Figura 3).

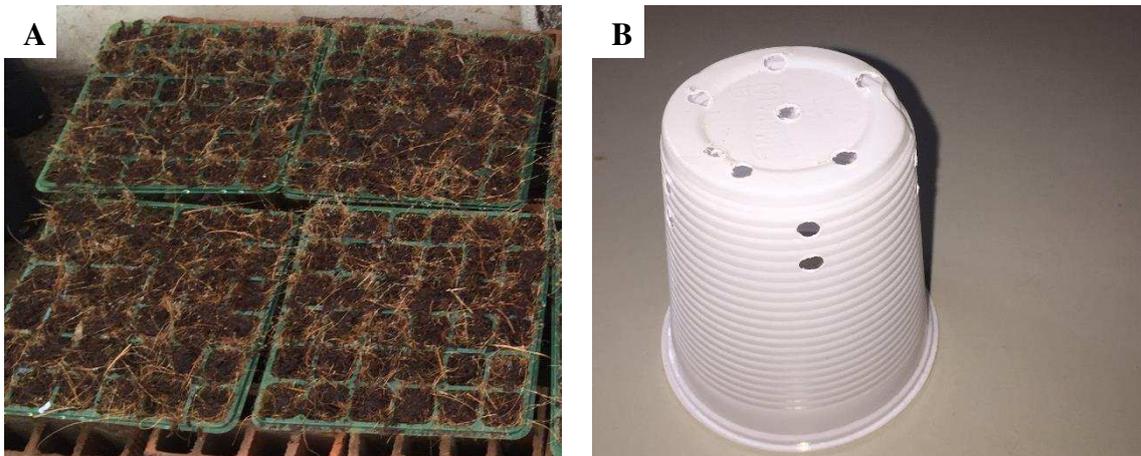


Figura 3. Bandejas plásticas (A) e copos de 200 ml perfurados (B)

III.6. Delineamento experimental e tratamentos

III.6.1. Experimento I

Os tratamentos consistiram da mistura entre água salina (AS) e efluente doméstico (ED), resultando em seis proporções: P1 = 50% AS + 50% ED; P2 = 40% AS + 60% ED; P3 = 30% AS + 70% ED; P4 = 20% AS + 80% ED; P5 = 10% AS + 90% ED; P6 = 100% ED) e de duas

concentrações nutricionais da solução nutritiva [S1 = 80% e S2 = 100%] da recomendação proposta por Furlani et al. (1999)], resultando em 12 tratamentos e 60 unidades experimentais, conduzidos sob delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x2, com 5 repetições e 3 plantas úteis por repetição.

O efluente doméstico foi coletado na estação de tratamento de efluentes do INSA (Instituto Nacional do Semiárido) em Campina Grande, o qual passou por um processo de filtragem e possui as seguintes características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,98), a CE (1,72 dS m⁻¹), o K (0,029 g L⁻¹), o Na (0,15 g L⁻¹), o Ca (0,016 g L⁻¹) e o Mg (0,025 g L⁻¹) e RAS de 4,5 (mmol L⁻¹)^{0,5}, o qual após da água salobra (CE = 3,0 dS m⁻¹) nas proporções preestabelecidas e solubilização dos fertilizantes (FURLANI et al., 1999) atingiram os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) conforme tabela 1.

Tabela 2. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos no experimento I

Proporções	Soluções/CE _{sn} (dS m ⁻¹)	
	S1 = 80%	S2 = 100%
P1= 50%AS + 50%ED	3,88	4,42
P2= 40%AS + 60%ED	3,87	4,20
P3= 30%AS + 70%ED	3,79	4,06
P4= 20%AS + 80%ED	3,56	3,66
P5= 10%AS + 90%ED	3,02	3,62
P6= 100%ED	2,93	3,31

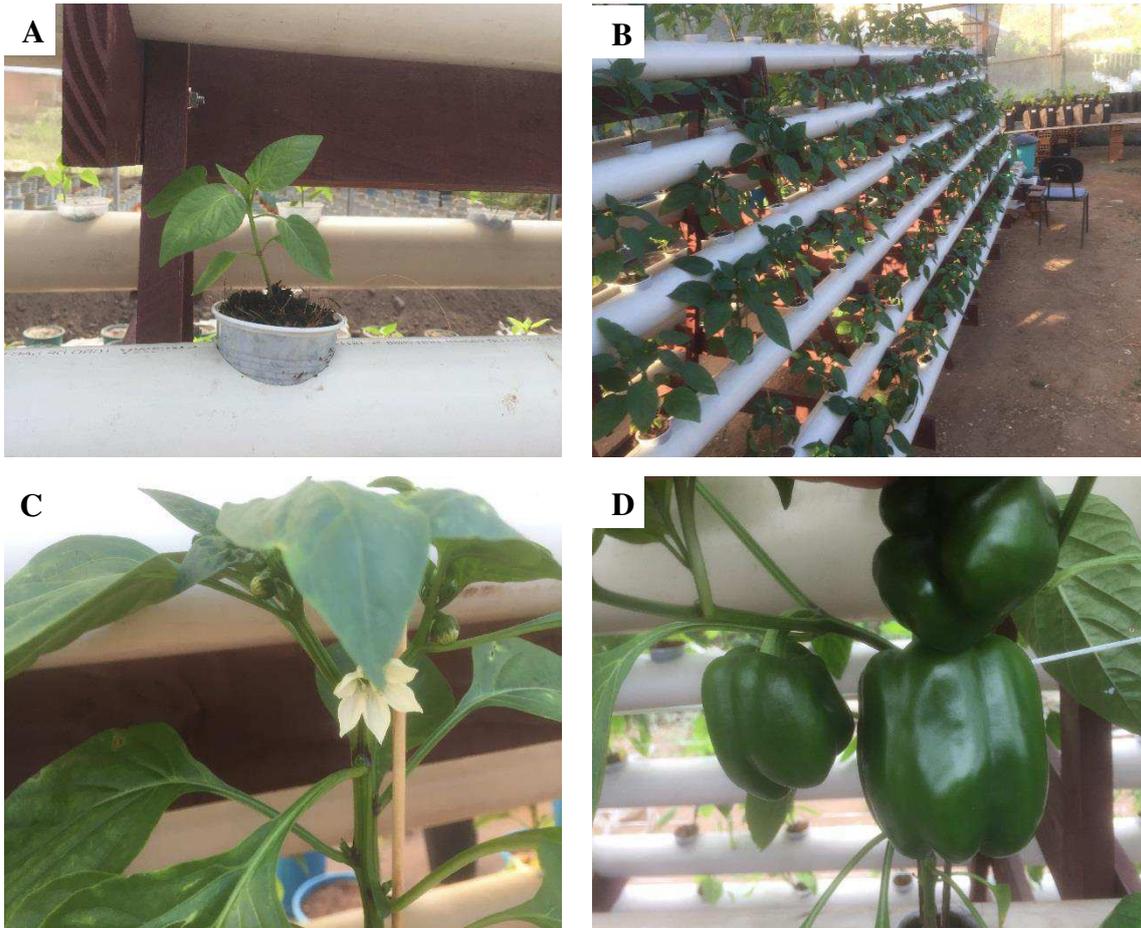


Figura 4. Mudanças de pimentão aos 30 DAS (A), vista panorâmica do experimento (B), fase de floração do pimentão (C) e fase de frutificação (D)

III.6.2. Experimento II

No segundo experimento, os tratamentos consistiram da mistura entre água salina (AS) e água de chuva (AC), resultando em 4 proporções: P1 = 10% AS + 90% AC; P2 = 20% AS + 80% AC; P3 = 30%AS + 70%AC; P4 = 40%AS + 60%AC) e três concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) [C1 = 0,0 (Controle); C2 = 7,5 μ M; C3 = 15 μ M], resultando em 12 tratamentos e 60 unidades experimentais, sob delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3, com 5 repetições e 3 plantas úteis por repetição.

Nesse sentido, os tratamentos resultaram da adição de água salobra ($CE = 3,0 \text{ dS m}^{-1}$) com mais água de chuva nas proporções preestabelecidas e solubilização dos fertilizantes (FURLANI et al., 1999) atingiram os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) conforme tabela 2.

Tabela 3. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos no experimento II

Proporções	CE _{sn} (dS m ⁻¹)
P1= 10%AS + 90%AC	2,72
P2= 20%AS + 80%AC	3,02
P3= 30%AS + 70%AC	3,32
P4= 40%AS + 60%AC	3,62

As soluções de H₂O₂ foram preparadas a partir de uma solução a 1mmol L⁻¹ de H₂O₂, com base no peso molecular, até atingir as concentrações desejadas, utilizando-se para diluição água deionizada. As aplicações foram realizadas via foliar a cada 7 dias a partir dos 42 dias após a semeadura (DAS) até os 63 DAS (fase de floração), no final da tarde (17:00 h), com uso de um borrifador manual e isolando-se as plantas com auxílio de uma lâmina em polietileno (Figura 5).



Figura 5. Aplicação de H₂O₂ conforme tratamentos

III.7. Variáveis a serem analisadas

III.7.1. Variáveis de crescimento

Altura da planta (cm): realizadas medições da altura com a utilização de uma régua graduada, desde o colo da planta até a inserção da última folha.

Diâmetro caulinar (mm): a avaliação do diâmetro caulinar foi realizada com o auxílio de um paquímetro digital, verificando-se o diâmetro do caule a 5 cm de altura em relação ao solo.

Número de folhas: contou-se as folhas considerando-se as totalmente expandidas com comprimento mínimo de 3 cm.

Área foliar (cm²): a área foliar foi mensurada pelo método não destrutivo, empregando a metodologia proposta por Swart et al. (2004), conforme a equação 2.

$$AF = [(0,61906 * C * L) + (0,206 * C^2) - (0,5142 * C)] \quad (2)$$

Em que,

AF= área foliar (cm²);

C = comprimento da folha (cm)

L= largura da folha (cm).

Fitomassas: as plantas foram cortadas e separadas em caule, folhas e raiz, recolhidas em sacos de papel e levadas à estufa a 65 °C, permanecendo durante 72h, determinando-se posteriormente massa fresca e seca de folhas; massa fresca de seca de caule; e massa fresca e seca da parte aérea.

III.7.2. Variáveis fisiológicas

III.7.2.1. Trocas gasosas

Foram avaliados as seguintes variáveis: taxa de assimilação de CO₂, (Fotossíntese) (*A*) (μmol m⁻² s⁻¹), transpiração (*E*) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), condutância estomática (*g_s*) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ (*C_i*) (μmol m⁻² s⁻¹) na terceira folha a partir do ápice, utilizando-se equipamento portátil de análises de trocas gasosas por meio de infravermelho (IRGA). Após a coleta dos dados foram quantificadas a eficiência instantânea do uso da água (EUA) (*A/E*) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e a eficiência instantânea da carboxilação (EIC_i) (*A/C_i*).

III.7.2.2. Fluorescência da clorofila a

A emissão de fluorescência da clorofila a foi quantificada com a utilização de fluorômetro portátil de luz modulada (Handy PEA Hansatech Instruments), a partir do qual se obteve a fluorescência inicial (F_o), a fluorescência máxima (F_m), a fluorescência variável ($F_m - F_o$) e a eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), após adaptação das folhas ao escuro ($H''30$ min).

III.7.3. Variáveis de produção

A massa fresca e seca de frutos por plantas; comprimento de frutos, dado em mm, tomado no eixo que vai da base da inserção do pedúnculo ao ápice do fruto; e diâmetro de frutos, em mm, tomado no maior diâmetro transversal do fruto. Para determinação da massa seca de frutos, o material vegetal foi acondicionado em bandejas de alumínio e levadas para estufa de circulação de ar a uma temperatura de 65° por 72 h até se obter massa constante.

III.7.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste 'F', em nível de $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ de probabilidade. No caso de significância, da interação entre os fatores ou dos fatores principais isoladamente, realizou-se teste de Tukey, utilizando-se o software para análises estatísticas-SISVAR (FERREIRA, 2014).

III.8. Referências Bibliográficas

- FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e 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: IAC, 1999. 52p. (Boletim Técnico 180).
- LACERDA, C.F.; COSTA, R.N.T.; BEZERRA, M.A.; GHEYI, H.R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p.303-317.

- 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, 2016.
- SWART, E. A. M.; GROENWOLD1, R.; KANNE1, H. J.; STAM, P.; MARCELIS L. F. M.; VOORRIPS, R. E. Non-destructive estimation of leaf area for different plant ages and accessions of *Capsicum annuum* L. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, v.79, n.5, p.764–770, 2004.

Capítulo IV

Pesquisas Realizadas

Capítulo IV

Subitem IV.1

Crescimento de pimentão sob diferentes concentrações de efluente doméstico e soluções nutritivas em sistema hidropônico ¹

Growth of pepper under different concentration domestic effluent and nutritive solutions used in the hydroponic system

¹ Artigo publicado na Revista Agricultural Sciences, v.9, p.925-935, 2018

Crescimento de pimentão sob diferentes concentrações de efluente doméstico e soluções nutritivas em sistema hidropônico

RESUMO: A disponibilidade de água é uma condição fundamental para garantir a produção agrícola. No entanto, uma condição hídrica satisfatória nem sempre é possível em termos de quantidade e qualidade em determinadas regiões, como no semiárido brasileiro. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o crescimento de pimentão cv. All Big em um sistema hidropônico de baixo custo, sob diferentes proporções de água salobra e efluente doméstico sob duas concentrações da solução nutritiva. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com tratamentos dispostos em esquema fatorial (6×2), com 5 repetições, sendo os tratamentos compostos pela proporção de água salobra (AS) e efluente doméstico(ED), resultando em seis proporções: P1 = 50%AS + 50%ED; P2 = 40%AS + 60%ED; P3 = 30%AS + 70%ED; P4 = 20%AS + 80%ED; P5 = 10%AS + 90%ED; P6 = 100%ED) e de duas concentrações nutricionais da solução nutritiva (S1 = 80% e S2 = 100%). A solução nutritiva preparada a 80% de sua concentração normal apresentou melhor desempenho no desenvolvimento das plantas quando misturada com as proporções de água contendo mais efluentes. A proporção de 30% de água salobra e 70% de efluente doméstico (30%AS + 70%ED) com concentração de 80% da solução nutritiva promoveu resultados satisfatórios nas variáveis biométricas estudadas.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L., água salobra, reúso de água, solução nutritiva.

Growth of pepper under different concentration domestic effluent and nutritive solutions used in the hydroponic system

ABSTRACT: Water availability is a fundamental condition for sustainable agriculture. However, a satisfactory water condition is not always possible in terms of quantity and quality in certain regions, such as the Brazilian semi-arid region. Thus, the purpose of this extremely important research was to evaluate the growth of cv. All Big with six combinations of wastewater plus saline and two nutrient solution percentages, in a low-cost hydroponic system. The experiment was carried out in a greenhouse at the Department of Agricultural Engineering at Federal University of Campina Grande. A completely randomized experimental design was

used, with treatments arranged in a factorial scheme (6×2), with 5 replications, consisting of six proportions between saline water (SW) and domestic sewage (DS) (P1= 50%SW + 50%DS; P2 = 40%SW + 60%DS; P3 = 30%SW + 70%DS; P4 = 20%SW + 80%DS; P5 = 10%SW + 90%DS; P6 = 100%DS) and two nutrient concentrations of the nutrient solution (S1 = 80% and S2 = 100%). The nutrient solution prepared at 80% of its normal concentration had better performance in the development of plants when mixed with the proportions of water containing more wastewater. The proportion 30% saline water and 70% wastewater (30%SW + 70%DS) with concentration of 80% of the nutrient solution obtained better satisfactory results in the studied biometric variables.

Keywords: *Capsicum annuum* L., saline water, wastewater, nutrient solution

INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica em termos quantitativos é fator limitante para a produção agrícola sustentável em certas regiões, como é o caso do semiárido brasileiro, em função do seu índice de precipitação pluviométrica, das elevadas taxas de evapotranspiração e da formação geológica (SARDINHA et al. 2008). Nessa região, o uso de fontes alternativas de água, como, água com excesso de sais e/ou águas residuárias para a irrigação das culturas tem sido utilizada como uma estratégia para convivência com a escassez de recursos hídricos. No entanto, é necessário buscar tecnologias que promovem o uso racional dessas águas na produção agrícola, reduzindo possíveis impactos ambientais negativos. Uma dessas tecnologias é o cultivo em sistema hidropônico que, de acordo com Rodrigues et al. (2002), se refere a uma técnica alternativa de cultivo de plantas com solução nutritiva balanceada na ausência ou presença de substratos naturais ou artificiais.

Nesse sentido, sistemas hidropônicos com circulação fechada podem possibilitar o uso de águas residuais, porque impede a aplicação dessas águas ao solo, evitando o contato direto do homem e promove o uso de suporte nutricional. No entanto, mesmo sob condições hidropônicas, é indispensável o uso de técnicas que mitiguem os efeitos deletérios do excesso de sais nessas águas, como a mistura das águas residuais e/ou águas salobras com água da chuva (SOARES et al., 2010). Diversas pesquisas tem apontado efeitos positivos da utilização de sistema hidropônico com água salobra, mostrando seu potencial para hortaliças, rúcula, tomate e pimentão (SILVA et al., 2012; NUNES et al., 2013; SANTOS et al., 2016). No entanto, de

acordo com Santos Júnior et al. (2016) o uso de hidroponia convencional tem algumas desvantagens em pequenas comunidades rurais, como o alto custo inicial, o risco de perda da safra devido a problemas relacionados à energia elétrica, a necessidade de mão de obra e monitoramento contínuo em resposta à solução nutricional que requer cuidados especiais de gerenciamento, como questões de mercado, incompatíveis com a agricultura familiar; vulnerabilidade e o grau de descapitalização dos agricultores familiares. Resultados positivos

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família Solanaceae, é uma das cinco culturas com maior área em cultivo protegido, tanto no Brasil como em diversos países devido à grande produtividade e qualidade dos frutos (ALMEIDA et al. 2012). No entanto, a fim de garantir essas vantagens, é necessário adaptar o manejo dessa cultura em ambiente protegido, especialmente em relação a suplementação hídrica, uma vez que, o pimentão é muito exigente em água e é considerado moderadamente sensível à salinidade, apresentando salinidade limiar de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ no estrato de saturação do solo. Nunes et al. (2013) observaram que a salinidade da solução nutritiva acima de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ reduz o crescimento e a produção de frutos de pimentão (cv. Margarita) cultivado em substrato de fibra de coco. Para Furtado et al. (2017) a utilização de solução nutritiva com salinidade acima de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ promoveu redução da altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas do pimentão em sistema hidropônico.

Assim, objetivou-se avaliar o crescimento de pimentão cv. All Big sob seis proporções de águas salobra e efluente doméstico e duas concentrações nutricionais da solução nutritiva, em um módulo hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), entre os meses de março e julho de 2017, sob delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6×2 , com 5 repetições e 3 plantas úteis por repetição.

Os tratamentos consistiram da mistura entre água salobra (AS) e efluente doméstico (ED), resultando em seis proporções: P1 = 50% AS + 50% ED; P2 = 40% AS + 60% ED; P3 = 30% AS + 70% ED; P4 = 20% AS + 80% ED; P5 = 10% AS + 90% ED; P6 = 100% ED) e de duas concentrações nutricionais da solução nutritiva (S1 = 80% e S2 = 100%) da recomendação proposta por Furlani et al. (1999), resultando em 12 tratamentos e 60 unidades experimentais.

A água salobra utilizada para o preparo da solução nutritiva foi proveniente do açude comunitário do Assentamento Vitória (latitude 7°20'47,49" S e longitude 36° 2'28,00" O), coletada após seis meses sem ocorrência de precipitação, com as seguintes características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,24), a CE (29,15 dS m⁻¹), o K (0,012 g L⁻¹), o Na (5,50 g L⁻¹), o Ca (0,41 g L⁻¹), o Mg (1,2 g L⁻¹) e RAS (30,74 (mmol L⁻¹)^{0,5}). O efluente doméstico foi coletado na estação de tratamento de efluentes do INSA (Instituto Nacional do Semiárido) em Campina Grande, o qual passou por um processo de filtração e possui as seguintes características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,98), a CE (1,72 dS m⁻¹), o K (0,029 g L⁻¹), o Na (0,15 g L⁻¹), o Ca (0,016 g L⁻¹) e o Mg (0,025 g L⁻¹) e RAS de 4,5 (mmol L⁻¹)^{0,5}.

Para viabilizar o uso desta água salobra, procedeu-se a sua diluição (LACERDA et al., 2010) em água de chuva (CE≈0) estabelecendo-se o nível de salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹ o qual, após a adição do efluente doméstico nas proporções preestabelecidas e solubilização dos fertilizantes (FURLANI et al., 1999) atingiram os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) conforme tabela 1.

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos

Proporções	Soluções/CE _{sn} * (dS m ⁻¹)	
	S1 = 80%	S2 = 100%
P1= 50%AS + 50%ED	3,88	4,42
P2= 40%AS + 60%ED	3,87	4,20
P3= 30%AS + 70%ED	3,79	4,06
P4= 20%AS + 80%ED	3,56	3,66
P5= 10%AS + 90%ED	3,02	3,62
P6= 100%ED	2,93	3,31

*CE_{sn}: condutividade elétrica da solução nutritiva

As mudas de pimentão cultivar All Big foram formadas em bandejas plásticas de 36 células, semeando-se 2 a 3 sementes por célula. O desbaste foi realizado aos 15 dias após a semeadura (DAS) deixando-se uma plântula por célula; em seguida as mudas foram irrigadas com água de chuva diariamente, pela manhã e à tarde, até os 30 DAS. Aos 31 DAS, as mudas foram transplantadas para copos plásticos descartáveis de 200 mL, perfurados nas laterais e no fundo, preenchidos com fibra de coco; foram inseridas nos tubos, conforme tratamentos previamente estabelecidos.

O sistema hidropônico adotado consistiu no uso de doze tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, em nível, com joelhos nas extremidades sendo que, em um deles, instalou-se uma torneira para saída de água, garantindo assim um nível de 0,04 m de solução ao longo do tubo,

em que, os copos com as mudas foram acondicionados em aberturas com diâmetro de 60 mm, espaçadas a 30 cm. Estes tubos foram alocados em uma estrutura vertical de madeira, com seis metros de comprimento, 1,4 m de largura e 1,8 de altura (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

A solução nutritiva foi acondicionada em reservatórios distintos conforme cada tratamento, sendo preparados volumes iniciais de 100 L. Diariamente e de forma manual adicionou-se 40 L de solução nutritiva duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 h) por tubo, conforme tratamentos, com vistas à recirculação dos nutrientes, sendo monitorado diariamente a CE_{sn} e o pH_{sn} . A reposição da lâmina evapotranspirada no respectivo reservatório foi efetuada semanalmente, com a respectiva mistura de águas utilizada no preparo da solução nutritiva.

As variáveis foram analisadas aos 55 e 96 DAS quais sejam: altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF). Na contagem do número de folhas consideraram-se as que estavam totalmente expandidas com comprimento mínimo de 3 cm; O 'DC' foi mensurado no colo da planta a 2 cm do solo (mm). A 'AF' foi mensurada pelo método não destrutivo, empregando a metodologia proposta por Swart et al. (2004) conforme a equação 1.

$$AF = [(0,61906 * C * L) + (0,206 * C^2) - (0,5142 * C)] \quad (1)$$

Em que,

AF= área foliar (cm²);

C = comprimento da folha (cm)

L= largura da folha (cm).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste 'F', em nível de $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ de probabilidade. No caso de significância, da interação entre os fatores ou dos fatores principais isoladamente, realizou-se teste de Tukey, utilizando-se o software para análises estatísticas-SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores, proporções de água salobra e efluente doméstico (P) e concentração nutricional da solução nutritiva (C) nas unidades experimentais exerceu efeito significativo em todas variáveis biométricas do pimentão, altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) aos 55 e 96 dias após a semeadura (DAS) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo do teste ‘F’ para a altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do pimentão aos 55 e 96 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e efluente doméstico(P) e concentrações da solução nutritiva (C)

Fonte de Variação	Teste ‘F’							
	AP (cm)		DC (cm)		NF		AF (cm ²)	
	55	96	55	96	55	96	55	96
Proporções (P)	**	**	ns	**	ns	**	**	**
Concentrações (C)	**	ns	**	*	*	*	ns	**
P x C	**	**	*	**	**	*	**	*
CV (%)	5,32	10,18	6,86	9,04	10,47	11,36	16,01	16,73

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente.

De acordo com o desdobramento da interação P x C para altura de plantas (AP) aos 55 DAS, pode-se observar na Tabela 3, que a maior AP (7,03 cm) foi alcançada a proporção 3(30%AS + 70%ED) juntamente com a aplicação de 100% da concentração nutricional da solução nutritiva. No entanto, não houve diferença significativa na altura das plantas cultivadas com a proporção 1(50% AS + 50%ED) e 100% de solução nutritiva. As proporções de 40%AS + 60%ED; 10%AS + 90%ED e 100%ED com 80% da solução nutritiva não apresentaram efeito significativo na AP. Isto se justifica provavelmente em virtude do balanço nutricional correspondente aos tratamentos com 55 DAS terem sido suficientes para o crescimento das plantas.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para altura de plantas do pimentão (cm), de plantas de pimentão cv. All Big aos 55, e 96 dias após a semeadura – DAS

55 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	5,73 Bb	6,72 Aa	6,49 Ba	5,27 Ab	6,67 Aa	6,79 Aa
100	6,70 Aa	5,87 Bb	7,03 Aa	5,65 Ab	4,93 Bc	5,65 Bb
Média	6,22	6,30	6,76	5,46	5,8	6,22
96 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	13,43 Bb	16,51 Aa	16,73 Aa	14,20 Aab	16,05 Aab	13,83 Aab
100	17,06 Aa	14,47 Bab	16,40 Aa	15,77 Aab	14,77 Aab	13,43 Ab
Média	15,25	15,49	16,57	14,99	15,41	13,63

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Comparando os resultados referentes à concentração da solução nutritiva, com a aplicação da solução de 100% com as maiores quantidades efluente doméstico, provavelmente geraram efeitos antagônicos através do excesso de nutrientes na planta. A AP aos 96 DAS, seguiu a mesma tendência observada aos 55 DAS (Tabela 3). Constata-se nesse período, que a proporção 5(10%AS + 90%ED) com a concentração de 80% da concentração nutricional da solução nutritiva torna-se a melhor opção, uma vez que, o efluente doméstico foi suficiente para suprir a necessidade nutricional do pimentão. Silva et al. (2012) observaram efeitos positivos no crescimento inicial de mudas de melão “ouro amarelo” como o incremento da concentração de águas residuais.

Observa-se que aos 55 DAS (Tabela 4), o diâmetro do caule (DC) variou significativamente com as proporções 3(30%AS + 70%ED) e 6(100%ED), em que a concentração de 100% da solução nutritiva promoveu os maiores resultados. Já aos 96 DAS (Tabela 4) os maiores valores para DC foram observados com a concentração de 80% da solução nutritiva, que também foi observada na altura das plantas, em que o aumento da proporção de efluente doméstico conseguiu suprir a redução da concentração nutricional da solução nutritiva. A interação entre estas proporções com uma concentração de 80% é provavelmente a melhor opção, pois reduz o uso de fertilizantes minerais na solução nutritiva. De acordo Silva et al. (2013) o uso de águas residuais proporciona economia no uso de fertilizantes no cultivo de alface hidropônica.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para diâmetro do caule do pimentão (mm), de plantas de pimentão cv. All Big aos 55, e 96 dias após a semeadura – DAS

55 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	2,75 Aab	2,85 Aab	2,54 Bb	2,90 Aa	2,58 Bab	2,67 Bab
100	2,81 Aa	2,66 Aa	2,86 Aa	3,01 Aa	2,87 Aa	2,96 Aa
Média	2,78	2,76	2,70	2,96	2,73	2,82
96 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	4,89 Bb	6,02 Aa	6,95 Aa	6,24 Aa	6,43 Aa	6,54 Aa
100	5,73 Aab	5,00 Bb	6,48 Aa	5,69 Aab	6,51 Aa	5,67 Bab
Média	5,31	5,51	6,72	5,97	6,47	6,11

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

As proporções das águas com 80% de solução nutritiva não apresentaram efeito sobre o número de folhas (NF) aos 55 DAS. Com exceção da proporção 4(20%AS + 80%ED) com aplicação da solução nutritiva na concentração de 100%, as demais proporções também não tiveram efeito significativo sobre o número de folhas. Da mesma forma, praticamente não houve diferença significativa entre as concentrações da solução nutritiva no número de folhas, exceto nas proporções 1(50%AS + 50%ED) e 5(10%AS + 90%ED) (Tabela 5).

Aos 96 DAS, no entanto, o NF das plantas cultivadas com a solução nutritiva na concentração de 80% foi superior as plantas cultivadas com 100% desta solução, com a exceção da proporção 1(50%AS + 50%ED) (Tabela 5). Neste caso, o incremento do efluente doméstico foi suficiente para suprir a diminuição nutricional da solução nutritiva de 80. Estes resultados são de grande importância para o cultivo hidropônico, já que um dos maiores custos deste sistema está ligado à solução nutritiva. Cuba et al. (2015) estudando o cultivo de alface em hidroponia, observou que uso de águas residuais para esta cultura promoveu produção satisfatória, cujos resultados sugerem economia de alguns fertilizantes no preparo de solução nutritiva.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para número de folhas do pimentão, de plantas de pimentão cv. All Big aos 55, e 96 dias após a semeadura – DAS

55 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	6,0 Aa	6,0 Aa	6,0 Aa	6,0 Aa	6,0 Aa	6,0 Aa
100	5,0 Bb	6,0 Aa	6,0 Aa	6,0 Aa	5,0 Bb	6,0 Aa
Média	5,5	6,0	6,0	6,0	5,5	6,0
96 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	14,0 Ac	17,0 Ab	26,0 Aa	26,0 Aa	23,0 Aa	26,0 Aa
100	17,0 Aa	16,0 Aa	23,0 Aa	23,0 Aa	22,0 Aa	16,0 Ba
Média	15,5	16,5	24,5	24,5	22,5	21,0

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Aos 55 DAS, a concentração de 100% da solução nutritiva resultou em maior à área foliar (AF) (Tabela 6). No entanto, aos 96 DAS foi a concentração de 80% que promoveu maior influência na AF das plantas, como foi observado em outras variáveis biométricas (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramento da interação entre os tratamentos para área foliar do pimentão (cm²), de plantas de pimentão cv. All Big aos 55, e 96 dias após a semeadura – DAS

55 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	97,35 Aa	77,05 Bab	72,21 Ab	87,77 Aab	73,21 Aab	73,88 Ab
100	55,72 Bc	95,70 Aa	72,88 Ab	96,96 Aa	63,12 Ab	83,72 Aab
Média	76,54	86,38	72,55	92,37	68,17	78,80
96 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	481,68 Ac	604,96 Ab	1167,42 Aa	938,83 Aab	1089,25 Aab	1108,96 Aab
100	663,10 Aa	563,64 Aa	787,02 Ba	996,82 Aa	701,74 Ba	613,40 Ba
Média	572,39	584,30	977,22	967,83	895,50	861,18

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

A AP, DC, NF e AF, aos 55 DAS, não variaram muito em função dos tratamentos, provavelmente porque a oferta de nutrientes às plantas foi semelhante com todos eles considerando a condutividade elétrica das soluções destes tratamentos, isto é, 3,88; 3,87; 3,79; 3,56; 3,02 e 2,93 dS·m⁻¹ e 4,42; 4,06; 4,2; 3,66; 3,62 e 3,31 dS·m⁻¹ para as proporções crescentes entre AS e ED e com as concentrações, respectivamente de 80% e 100% da solução nutritiva. Aos 96 DAS, as condutividades elétricas dos tratamentos foram maiores: 4,79; 4,63; 6,0; 4,38; 4,56 e 4,15 dS·m⁻¹ e 5,69; 5,4; 5,52; 4,91; 4,88 e 4,37 dS·m⁻¹, com concentração de 80% e 100% da solução nutritiva, respectivamente, no entanto, eles eram semelhantes de acordo com os tratamentos.

Em geral, pode-se observar que para o desenvolvimento de plantas cultivadas com as proporções que utilizaram menor quantidade de efluente doméstico, é necessário adicionar nestas misturas uma solução nutritiva com concentração normal (100%), fornecendo assim a suplementação de nutrientes a estas proporções. No entanto, o aumento da proporção de efluente doméstico nas misturas de água foi suficiente para superar a diminuição nutricional de 80% da solução nutritiva. De acordo com Sousa et al. (2006) em estudo com pimentão, observaram que a quantidade de nutrientes disponíveis em águas residuais é geralmente considerada benéfica.

A maioria das variáveis biométricas analisadas foi melhor influenciada pela água preparado com a proporção 3(30%AS + 70%ED) com a aplicação da solução nutritiva de 80%, contudo, a proporção 5(10%AS + 90%ED) também pode ser utilizada no cultivo hidropônico, principalmente nas regiões semiáridas. Devido à escassez de água de boa qualidade nessa

região, a utilização de efluente doméstico pode ser uma alternativa viável em cultivo de pimentão hidropônico, reduzindo a quantidade de fertilizantes necessário para o preparo da solução nutritiva, o que conseqüentemente reduz os custos desta solução. No entanto, é interessante observar que o excesso de íons na solução usada na hidroponia geralmente reduz assimilação de CO₂, condutância estomática, transpiração e fotossíntese de plantas (SILVA et al., 2013; TATAGIBA et al., 2014) e, portanto, acabam prejudicando o desenvolvimento das culturas.

Nas últimas décadas, o uso de efluente na agricultura tem aumentado, já que tem foi revelado como uma fonte natural de fertilizantes que garantem boa produtividade de culturas irrigadas. No entanto, a reutilização de águas residuais domésticas sem qualquer tratamento antes de ser usado na agricultura, pode contaminar o ambiente concentrando-se bactérias, parasitas e vírus.

CONCLUSÕES

A interação entre a concentração da solução nutritiva e a relação da água salobra com efluente doméstico promoveu efeito significativo sobre as variáveis biométricas do pimentão cv. All Big.

A solução nutritiva preparada com 80% da sua concentração normal teve melhor desempenho no desenvolvimento de plantas de pimentão quando misturado com as proporções de água contendo maior proporção de efluente doméstico.

A proporção de 30% de água salobra e 70% de efluente doméstico (30%AS + 70ED) com a concentração de 80% da solução nutritiva obteve resultados satisfatórios nas variáveis de DC, NF e AF.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. P. N. de; NUNES, R. L. C.; DIAS, N.S.; COSTA, J. M. da. Crescimento do pimentão submetido a diferentes níveis de salinidade e fases de exposição. in: I inovagri International Meeting & IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, Fortaleza, 2012. p.1-5.
- CUBA, R. S. Cultivo hidropônico de alface com água de reúso. São Carlos: UFSCar, 56p. 2015. (Dissertação de Mestrado)

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e 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: IAC, 1999. 52p. (Boletim Técnico 180).
- FURTADO, G.F., CAVALCANTE, A.R., CHAVES, L.H.G., SANTOS JUNIOR, J.A.; GHEYI, H.R. Growth and Production of Hydroponic Pepper under Salt Stress and Plant Density. *American Journal of Plant Science*, v.8, p.2255-2267, 2017.
- ALBUQUERQUE JÚNIOR, J.E., AZEVEDO, C.A.V., AZEVEDO, M.R.Q.A., XAVIER, J.F.; MONTEIRO FILHO, A.F. Qualidade de águas residuárias e salobras utilizadas no cultivo hidropônico de três cultivares de alface crespa. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.2, p.19-24, 2016.
- LACERDA, C.F.; COSTA, R.N.T.; BEZERRA, M.A.; GHEYI, H.R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p.303-317.
- NUNES, R.L.C.; DIAS, N.S.; MOURA, K.K.C.F.; SOUZA NETO, O.N. COSTA, J.M. Efeitos da salinidade da solução nutritiva na produção de pimentão cultivado em substrato de fibra de coco. *Revista Caatinga*, v.26, n.4, p.48-53, 2013.
- RODRIGUES, L.R.F. Cultivo pela técnica de hidroponia. Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. Jaboticabal: Funep. 2002. 762p.
- SANTOS, A.N.; SILVA, E.F.F.; SILVA, G.F.; BARNABÉ, J.M.C. ROLIM, M.M.; DANTAS, D.C. Yield of cherry tomatoes as a function of water salinity and irrigation frequency. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 20, n. 2, p. 107– 112, 2016
- 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, Botucatu*, v.21, n.3, p.591-604, 2016.
- SARDINHA, D.S.; CONCEIÇÃO, F.T.; SOUZA, A.D.G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M.; GONÇALVES, J.C.S.I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.13, n.1, p.329-338, 2008.

- SILVA J.L.D.A.; GURGEL, M.T.; MOTA, A.F.; AZEVEDO, J.D.; COSTA, L.R.D. Influência da água residuária de origem doméstica no crescimento inicial do melão ‘amarelo ouro’ p.16-22, 2012.
- 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, Botucatu, v.17, n.1, p.114-125, 2012.
- SILVA, S.S., SOARES, L.A.A., LIMA, G.S., NOBRE, R.G., GHEYI, H.R. AND SILVA, A.O. Manejo de águas salinas e adubação nitrogenada no cultivo da mamoneira em área do semiárido Paraibano. Agropecuária Científica no Semiárido, v.9, n.2, p.110-117, 2013.
- SOARES, T.M., DUARTE, S.N., SILVA, E.F.F. AND JORGE, C. Proporção 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, J.T., CEBALLOS, B.S.O., HENRIQUE, I.N., DANTAS, J.P. AND LIMA, S.M.S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.1, p.89-96, 2006.
- SWART, E. A. M.; GROENWOLD¹, R.; KANNE¹, H. J.; STAM, P.; MARCELIS L. F. M.; VOORRIPS, R. E. Non-destructive estimation of leaf area for different plant ages and accessions of *Capsicum annuum* L. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, v.79, n.5, p.764–770, 2004.
- TATAGIBA, S.D.; MORAES, G.A.B.K.; NASCIMENTO, K.J.T.; PELOSO, A.F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. Revista Engenharia na Agricultura, v.22, p.138-149, 2014.

Capítulo IV

Subitem IV.2

Fluorescência da clorofila do pimentão sob diferentes concentrações de efluente doméstico e soluções nutritivas em sistema hidropônico

Chlorophyll fluorescence of pepper under different concentrations domestic effluent and nutritive solution used in the hydroponic system

Fluorescência da clorofila do pimentão sob diferentes concentrações de efluente doméstico e soluções nutritivas em sistema hidropônico

RESUMO: O aproveitamento de efluente doméstico é uma fonte alternativa de água disponível no semiárido brasileiro, promovendo uso mais racional dos recursos hídricos. Objetivou-se avaliar a fluorescência da clorofila em plantas de pimentão cultivadas em sistema hidropônico em diferentes misturas de águas (salobra e efluente doméstico) e duas concentrações nutricionais da solução nutritiva, com experimento desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (CTRN/UFCG), sob delineamento experimental inteiramente casualizado, com 12 tratamentos, em esquema fatorial 6 x 2, com 5 repetições, consistindo de seis proporções entre água salobra (AS) e efluente doméstico (ED) (P1= 50%AS+50%ED; P2 = 40%AS+60%ED; P3 = 30%AS+70%ED; P4 = 20%AS+80%ED; P5 = 10%AS+90%ED; P6 = 100%ED) e de duas concentrações nutricionais da solução nutritiva (S1 = 80% e S2 = 100%). As proporções entre água salobra e efluente doméstico não promoveram danos fotoinibitórios aos centros de reação do FSII, sendo os valores médios observados superiores a 0,75. O efluente doméstico foi capaz de suprir as necessidades nutricionais do pimentão, quando se utilizou a solução nutritiva com 80% da recomendação nutricional, com base nos resultados de fluorescência observados.

Palavras-Chave: *Capsicum annuum* L., estresse salino, efluente doméstico

Chlorophyll fluorescence of hydroponic pepper under different water mixtures and nutritious solution

ABSTRACT: The use of domestic sewage is an alternative source of available water in the Brazilian semiarid, promoting a more rational use of water resources. The objective of this study was to evaluate the flowering of chlorophyll of pepper cultivated in a hydroponic system in different water mixtures (saline and domestic sewage) and two nutrient concentrations of the nutrient solution, with an experiment developed in a protected environment belonging to the Academic Unit of Agricultural Engineering (CTRN / UFCG), under a completely randomized experimental design with 12 treatments, in a 6 x 2 factorial scheme, with 5 replicates, consisting of six proportions between saline water (SW) and domestic sewage (DS) (P1 = 50% SW + 50% DS, P2 = 40% SW + 60% DS, P3 = 30% SW + 70% DS, P4 = 20% SW + 80% DS, P5 = 10%

SW + 90% DS, P6 = 100% DS) and two nutrient concentrations (S1 = 80% and S2 = 100%). The proportions between saline water and domestic sewage didn't promote photoinhibitory damage to PSII reaction centers, with mean values observed higher than 0.75. The domestic sewage was able to supply the nutritional needs of the pepper when the nutrient solution was used with 80% of the nutritional recommendation, based on the observed fluorescence results.

Keywords: *Capsicum annuum* L., saline stress, domestic sewage

INTRODUÇÃO

A expansão e crescimento populacional, aliados ao desenvolvimento da indústria e da agricultura movidos por uma sociedade cada vez mais consumista, estão promovendo a degradação dos recursos naturais, dentre eles, a água. Nesse sentido, o aproveitamento de efluente doméstico torna-se uma alternativa relevante, uma vez que seu descarte direto pode promover contaminação dos corpos hídricos, permitindo a utilização mais racional dos recursos hídricos, sendo uma fonte alternativa de água disponível (MARTÍNEZ et al., 2013).

Em regiões semiáridas, o aproveitamento de esgoto doméstico é uma alternativa de grande relevância, em virtude da escassez quali-quantitativa dos recursos hídricos, especialmente pela elevada salinidade da água disponível para o cultivo da maioria das culturas. Desta forma, o cultivo hidropônico, surge como alternativa que permite otimizar e viabilizar o uso desses recursos hídricos disponíveis (efluente doméstico e água salobra), uma vez que, em função do potencial matricial da água tender a ser zero por esses sistemas dispensarem o uso do solo como substrato (SANTOS et al., 2011). Aliados a isso, a mistura de águas, pode mitigar o efeito deletério da salinidade (SOARES et al., 2010) e, inclusive, viabilizar o uso de águas salobras, juntamente com outras técnicas de mitigação como a variação da concentração nutricional da solução nutritiva.

Sua utilização requer a avaliação da eficiência fotoquímica tem sido utilizada como parâmetro de análise do crescimento e desenvolvimento de diferentes espécies vegetais (SUASSUNA et al., 2011; SILVA et al., 2010), inclusive na cultura do pimentão (MELO et al., 2017). Santos et al. (2010) ressaltam ainda que a avaliação da fluorescência da clorofila *a* revela o nível de excitação da energia que dirige a fotossíntese e fornece subsídios para estimar a inibição ou o dano no processo de transferência de elétrons do fotossistema II (FSII), que é um indicador da eficiência no uso da radiação fotoquímica e, conseqüentemente, na assimilação de

carbono pelas plantas, auxiliando no diagnóstico da integridade do aparato fotossintético frente às adversidades ambientais (TESTER & BACIC, 2005).

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) destaca-se entre as hortaliças cultivadas no Brasil, sendo cultivado em praticamente todo o território nacional, tendo como maiores produtores, os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro (MAROUELLI & SILVA, 2012). Entretanto, na região semiárida do Nordeste brasileiro parte do seu cultivo é realizada por agricultores familiares, utilizando-se de fontes hídricas que apresentam comprometimento para o uso agrícola em função do excesso de sais, tornando-se necessária a utilização de tecnologias que minimizem os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação na produção das culturas de expressão social e econômica como o pimentão (COSME et al., 2011).

Ante o exposto, objetiva-se avaliar a fluorescência da clorofila *a* em plantas de pimentão cultivadas em sistema hidropônico em diferentes misturas de águas (salobra e efluente doméstico) e duas concentrações nutricionais da solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRn), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), entre os meses de março e julho de 2017, sob delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x2, com 5 repetições e 3 plantas úteis por repetição.

Os tratamentos consistiram da mistura entre água salobra (AS) e efluente doméstico (ED), resultando em seis proporções: P1 = 50% AS + 50% ED; P2 = 40% AS + 60% ED; P3 = 30% AS + 70% ED; P4 = 20% AS + 80% ED; P5 = 10% AS + 90% ED; P6 = 100% ED) e de duas concentrações nutricionais da solução nutritiva [S1 = 80% e S2 = 100% da recomendação proposta por Furlani et al. (1999)], resultando em 12 tratamentos e 60 unidades experimentais.

A água salobra utilizada para o preparo da solução nutritiva foi proveniente do açude comunitário do Assentamento Vitória (latitude 7°20'47,49" S e longitude 36° 2'28,00" O), coletada após seis meses sem ocorrência de precipitação, com as seguintes características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,24), a CE (29,15 dS m⁻¹), o K (0,012 g L⁻¹), o Na (5,50 g L⁻¹), o Ca (0,41 g L⁻¹), o Mg (1,2 g L⁻¹) e RAS (30,74 (mmol L⁻¹)^{0,5}). O efluente doméstico foi coletado na estação de tratamento de efluentes do INSA (Instituto Nacional do Semiárido) em Campina Grande, o qual passou por um processo de filtração e possui as seguintes

características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,98), a CE (1,72 dS m⁻¹), o K (0,029 g L⁻¹), o Na (0,15 g L⁻¹), o Ca (0,016 g L⁻¹) e o Mg (0,025 g L⁻¹) e RAS de 4,5 (mmol L⁻¹)^{0,5}.

Para viabilizar o uso desta água salobra, procedeu-se a sua diluição (LACERDA et al., 2010) em água de chuva (CE≈0) estabelecendo-se o nível de salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹ o qual, após a adição do efluente doméstico nas proporções preestabelecidas e solubilização dos fertilizantes (FURLANI et al., 1999) atingiram os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) conforme tabela 1.

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos

Proporções	Soluções/CE _{sn} * (dS m ⁻¹)	
	S1 = 80%	S2 = 100%
P1= 50%AS + 50%ED	3,88	4,42
P2= 40%AS + 60%ED	3,87	4,20
P3= 30%AS + 70%ED	3,79	4,06
P4= 20%AS + 80%ED	3,56	3,66
P5= 10%AS + 90%ED	3,02	3,62
P6= 100%ED	2,93	3,31

*CE_{sn}: condutividade elétrica da solução nutritiva

A semeadura do pimentão cv. All Big ocorreu em bandejas plásticas de 36 células, semeando-se 2 a 3 sementes por célula. O desbaste foi realizado aos 15 dias após a semeadura (DAS) deixando-se uma plântula por célula; as mudas foram irrigadas com água de chuva diariamente, pela manhã e à tarde, até os 30 DAS. Aos 31 DAS, as mudas foram transplantadas para copos plásticos descartáveis de 200 mL, perfurados nas laterais e no fundo, preenchidos com fibra de coco; e inseridas nos tubos, conforme tratamentos previamente estabelecidos.

O sistema hidropônico adotado consistiu no uso de doze tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, em nível, com joelhos nas extremidades sendo que, em um deles, instalou-se uma torneira para saída de água, garantindo assim um nível de 0,04 m de solução ao longo do tubo, em tempo, os copos com as mudas foram acondicionados em aberturas com diâmetro de 60 mm, espaçadas a 30 cm. Estes tubos foram alocados em uma estrutura vertical de madeira, com seis metros de comprimento, 1,4 m de largura e 1,8 de altura (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

A solução nutritiva foi acondicionada em reservatórios distintos conforme cada tratamento, sendo preparados volumes iniciais de 100 L. Diariamente e de forma manual adicionou-se 40 L de solução nutritiva duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 h) por tubo, conforme tratamentos, com vistas à recirculação dos nutrientes, sendo monitorado diariamente a CE_{sn} e o

pH_{sn}. A reposição da lâmina evapotranspirada no respectivo reservatório foi efetuada semanalmente, com a respectiva mistura de águas utilizada no preparo da solução nutritiva.

As variáveis analisadas foram: fluorescência inicial (F0) e máxima (Fm) da folha adaptada ao escuro; fluorescência máxima variável (Fv); eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) a partir da relação entre fluorescência máxima variável; e a fluorescência máxima da folha adaptada ao escuro e a razão (Fv/F0) a partir da relação entre a fluorescência máxima variável e a fluorescência inicial, com auxílio de um fluorômetro portátil (LI-1600, USA), em folhas intermediárias dos ramos, pré-adaptadas ao escuro após período de 30 min.

Todas estas variáveis foram mensuradas aos 78 e 94 DAS (fase de floração e frutificação, respectivamente), sendo estas determinadas entre 7 e 9 horas.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste 'F', em nível de $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ de probabilidade. No caso de significância, da interação entre os fatores ou dos fatores principais isoladamente, realizou-se teste de Tukey, utilizando-se o software para análises estatísticas-SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores, proporções de água salobra e efluente doméstico (P) e concentração nutricional da solução nutritiva (C) nas unidades experimentais exerceu efeito significativo em todos variáveis analisadas aos 78 e 94 dias após a semeadura (DAS). O fator proporções (P) não exerceu efeito significativo sobre as variáveis em nenhum período de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo do teste 'F' para a fluorescência inicial (F0), para fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) e razão (Fv/F0) do pimentão aos 78 e 94 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e efluente doméstico(P) e concentrações nutricionais da solução nutritiva (C)

Fonte de Variação	Teste 'F'									
	F0		Fm		Fv		Fv/Fm		Fv/F0	
	78	94	78	94	78	94	78	94	78	94
Proporções (P)	*	*	*	*	**	*	**	*	**	**
Concentrações (C)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x C	**	**	*	*	*	**	**	**	**	**
CV (%)	8,43	7,74	5,63	5,51	5,71	5,70	2,00	1,84	7,08	6,95

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente.

Conforme o teste de comparação de médias, observa-se que as plantas de pimentão quando foram cultivadas utilizando-se a solução nutritiva nas proporções 1(50%AS+50%ED) e 4(40%AS+60%ED) em média tiveram maior fluorescência inicial (F0) aos 78 DAS, sendo em média respectivamente, 175,90 e 172,40 elétrons quantum⁻¹ (Tabela 3). Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções, observa-se diferença significativa entre elas nos tratamentos 1(50%AS+50%ED), e 5(10%AS+90%ED), sendo as plantas cultivadas com a solução que utilizou 100% da recomendação de adubação no tratamento 5 (177,0 elétrons quantum⁻¹) tiveram incremento da F0 12,32%, em relação as plantas cultivadas com a solução que recebeu 80% da recomendação de adubação conforme Furlani et al. (1999). Para o tratamento 1 (188,60 elétrons quantum⁻¹) verifica-se incremento de 13,47% nas plantas que receberam solução de 80% da recomendação em relação as que receberam solução com 100%. Aos 94 DAS, observa-se que as plantas de pimentão que foram cultivadas utilizando-se a solução nutritiva nas proporções 1, 4 e 5 tiveram maior F0 com média respectivamente de 219,50; 210,90 e 206,80 elétrons quantum⁻¹ (Tabela 3). Quando se compara as médias das concentrações nutricionais da solução nutritiva, observa-se diferença significativa entre as plantas de pimentão cultivadas com a proporção 1 e 2, sendo que a solução com 80% da recomendação de adubação, promoveu um incremento de 16,78%, em relação as plantas que receberam 100% da recomendação para o tratamento 1 (239,60 elétrons quantum⁻¹). Com relação ao tratamento 2 observa-se incremento de 13,38% da F0 quando as plantas foram irrigadas com a solução de 100% da recomendação em relação as que receberam a solução de 80%. Os maiores valores de F0, observados no tratamento 1(50%AS+50%ED) podem estar relacionados a maior salinidade da solução nutritiva (Tabela 1), o que proporcionou incremento dos efeitos osmóticos e iônicos da salinidade da solução, causando danos ao aparato fotossintético, os quais foram potencializados aos 94 DAS (Tabela 3). A fluorescência inicial (F0) é expressa quando a QA (quinona receptora primária de elétrons do FSII) está totalmente oxidada e o centro de reação do fotossistema II (FSII) está aberto, momento em que há a ativação das reações fotoquímicas (MOUGET & TREMBLIN, 2002). Nesse sentido, o incremento da F0 pode ser consequência de danos no centro de reação do FSII ou da redução da capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação. De acordo com Baker (2008) com o estresse salino, o aumento de F0 eventualmente indica danos ao centro de reação do FSII. Cavalcante et al. (2019) obtiveram valores médios de F0 aos 69 DAS de 196,36 elétrons quantum⁻¹ com uma solução nutritiva de 3,7 dS m⁻¹, valor próximo do utilizado nesse trabalho.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para fluorescência inicial (F0) de plantas de pimentão cv. All Big aos 78 e 94 (B) dias após a semeadura - DAS

78 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	188,60 Aa	154,00 Ab	152,80 Ab	175,80 Aab	155,20 Bb	167,20 Aab
100	163,20 Ba	171,00 Aa	157,20 Aa	169,00 Aa	177,00 Aa	166,75 Aa
Média	175,90	162,50	155,00	172,40	166,10	166,98
94 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	239,60 Aa	187,80 Bb	196,40 Ab	210,80 Aab	211,00 Aab	188,80 Ab
100	199,40 Ba	216,80 Aa	201,40 Aa	211,00 Aa	202,60 Aa	208,00 Aa
Média	219,50	202,30	198,90	210,90	206,80	198,40

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Quanto à fluorescência máxima (Fm), verifica-se aos 78 DAS (Tabela 4) tendência semelhante ao observado para F0. Os maiores valores médios de Fm foram de 687,70 elétrons quantum⁻¹ quando as plantas foram cultivadas com a solução nutritiva na proporção 1(50%AS+50%ED) e os menores valores com a proporção 2(40%AS+60%ED), sendo este de 636,70 elétrons quantum⁻¹, o que promoveu uma diferença de 7,40%. Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções, observa-se diferença significativa para a proporção 5(10%AS+90%ED), em que a solução que utilizou 100% (677,40 elétrons quantum⁻¹) da recomendação de adubação promoveu um incremento da Fm de 9,43% em relação as plantas cultivadas com a solução que recebeu 80% (613,20 elétrons quantum⁻¹). Os resultados obtidos aos 94 DAS corroboram com a avaliação aos 78 DAS, em que não verifica-se diferença da Fm entre os tratamentos estudados (Tabela 4). O maior valor médio numérico observado de Fm aos 94 DAS foi de 862,70 elétrons quantum⁻¹, quando as plantas foram cultivadas com a proporção 1. Comparando-se as concentrações nutricionais da solução nutritiva, observa-se não haver diferença significativa em nenhum tratamento. O comportamento observado para Fm, ou seja, a ausência de diferenças encontradas entre os tratamentos é um indicativo de que a variação da salinidade da solução nutritiva, decorrente das diferentes proporções utilizadas, não causaram estresse as plantas de pimentão em nível fotossintético. De acordo com Oliveira et al. (2018) o aumento da Fm pode indicar uma tentativa de compensação do processo fotossintético a danos causados pela salinidade, aumentando sua atividade para obter maior assimilação de CO₂. Por outro lado, sua redução indica uma desaceleração na atividade fotossintética visando minimizar os efeitos tóxicos da salinidade (FLOWERS & FLOWERS, 2005). Cavalcante et al. (2019) em

estudo pimentão hidropônico observaram valores médios de Fm aos 69 DAS de 786,84 elétrons quantum⁻¹ com uma solução nutritiva de 3,7 dS m⁻¹, valor próximo do utilizado nesse trabalho.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para fluorescência máxima (Fm) de plantas de pimentão cv. All Big aos 78 e 94 (B) dias após a semeadura - DAS

78 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	695,20 Aa	646,60 Aab	671,40 Aab	699,60 Aa	613,20 Bb	677,20 Aab
100	680,00 Aa	626,60 Aa	664,20 Aa	661,20 Aa	677,40 Aa	656,00 Aa
Média	687,60	636,60	667,80	680,40	645,30	666,60
94 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	888,40 Aa	820,00 Aab	844,40 Aab	871,80 Aa	777,00 Ab	819,60 Aab
100	837,00 Aa	853,00 Aa	835,20 Aa	822,80 Aa	830,00 Aa	797,50 Aa
Média	862,70	836,50	839,80	847,30	803,50	808,55

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

A fluorescência variável (Fv) (Tabela 5) que representa a capacidade da planta transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH, ATP e Fdr e, conseqüentemente, influencia diretamente a capacidade de assimilação do CO₂ na fase bioquímica da fotossíntese (BAKER, 2008) também comportou-se de forma análoga a F0 e Fm, em que não se verificou, com base no teste de comparação de médias, diferença acentuada da Fv entre as proporções, sendo observados valores médios de 497,57 e 623,93 elétrons quantum⁻¹, respectivamente aos 78 DAS (Tabela 5) e 94 DAS (Figura 3B). Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções aos 78 DAS (Tabela 5), observa-se diferença significativa entre elas nos tratamentos 2 e 5. Em relação ao tratamento 2, verifica-se que a solução que utilizou 80% da recomendação de adubação tiveram incremento da Fv de 7,51% em relação as plantas cultivadas com a solução de 100% da recomendação de adubação. Para o tratamento 5, entretanto observa-se superioridade da solução de 100% da recomendação, com um incremento de 8,47% em relação as plantas cultivadas com a solução de 80% da recomendação conforme Furlani et al. (1999). Quando se compara as médias aos 94 DAS, observa-se haver diferença significativa para as proporções 4 e 5 (Tabela 5), sendo a solução de 80% da recomendação superior na ordem de 7,44% em relação a solução de 100% no tratamento 4. Em relação ao tratamento 5, verifica-se superioridade da Fv na ordem de 9,78% quando as plantas foram cultivadas com a solução de 100% da recomendação em relação as

plantas cultivadas com a solução de 80% da recomendação nutricional. A diferença entre Fm e Fo resulta na fluorescência variável (Fv) deste modo diante os resultados da Fm, mostrados anteriormente, percebe-se que o mesmo foi maior que a Fo. Portanto, os maiores valores de Fm encontrados associado com a disponibilidade nutricional, denotam que não houve possivelmente deficiência na fotorredução da QA (QA (quinona receptora primária de elétrons do FSII) nem no fluxo de elétrons entre os fotossistemas (TATAGIBA et al., 2014).

Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para fluorescência variável (Fv) de plantas de pimentão cv. All Big aos 78 e 94 (B) dias após a semeadura - DAS

78 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	506,60 Aab	492,60 Aab	518,60 Aa	523,80 Aa	458,00 Bb	510,00 Aab
100	516,80 Aa	455,60 Bb	507,00 Aab	492,20 Aab	500,40 Aab	489,25 Aab
Média	511,70	474,10	512,80	508,00	479,20	499,63
94 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	648,80 Aa	632,20 Aab	648,00 Aa	661,00 Aa	566,00 Bb	630,80 Aab
100	637,60 Aa	636,20 Aa	633,80 Aa	611,80 Ba	627,40 Aa	589,50 Aa
Média	643,20	634,20	640,90	636,40	596,70	610,15

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Em relação a eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) aos 78 e 94 DAS (Tabela 6), verifica-se com base no teste de comparação de médias que não houve danos fotoinibitórios aos centros de reação do FSII, uma vez que os valores médios observados foram superiores a 0,75. A relação Fv/Fm é usado comumente para detectar perturbações no sistema fotossintético favorecido pelo estresse salino, já que sua diminuição indica uma redução na eficiência fotoquímica do FSII e danos ao aparelho fotossintético (AZEVEDO NETO et al., 2011). Bolhàr-Nordenkampf et al. (1989), afirmaram que quando uma planta está com seu aparelho fotossintético intacto os valores de (Fv/Fm) devem estar entre 0,75 e 0,85. Cavalcante et al. (2019), estudando o cultivo do pimentão em sistema hidropônico sob condições de estresse salino, observaram relação Fv/Fm acima de 0,75 quando as plantas foram cultivadas em solução nutritiva entre 3,98 e 4,47 dS m⁻¹, valores próximos dos utilizados nesse trabalho (Tabela 1).

Quando se compara as concentrações nutricionais das soluções aos 78 DAS (Tabela 6) verifica-se diferença significativa nos tratamentos 1 e 2, em que no primeiro caso houve incremento de 4,02% da solução nutritiva que utilizou 100% da recomendação e no segundo

caso superioridade na ordem de 4,62% quando utilizou-se a solução de 80% da recomendação de adubação. Aos 94 DAS, observa-se diferença significativa nos tratamentos 1, 2, 5 e 6 (Tabela 6). Para os tratamentos 1 e 5, verifica-se superioridade, respectivamente de 3,94% e 3,17% quando as plantas foram cultivadas com a solução de 100% da recomendação em relação as plantas que receberam solução de 80%. Nos tratamentos 2 e 6, entretanto, observa-se incremento, respectivamente de 2,86% e 3,90% quando as plantas foram cultivadas com a solução de 80% da recomendação nutricional em detrimento as de 100%. Apesar de ter ocorrido diferença significativa entre as soluções, esta, foi em valores baixos, não sendo possível, portanto, atribuir algum fator específico para os resultados apresentados.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre os tratamentos para eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) de plantas de pimentão cv. All Big aos 78 e 94 (B) dias após a semeadura - DAS

78 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	0,73 Bb	0,76 Aa	0,77 Aa	0,75 Aab	0,75 Aab	0,75 Aab
100	0,76 Aa	0,73 Bb	0,76 Aa	0,74 Aab	0,74 Aab	0,75 Aab
Média	0,74	0,74	0,77	0,75	0,74	0,75
94 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	0,73 Bb	0,77 Aa	0,77 Aa	0,76 Aab	0,73 Bb	0,77 Aa
100	0,76 Aa	0,75 Ba	0,76 Aa	0,74 Aa	0,76 Aa	0,74 Ba
Média	0,75	0,76	0,76	0,75	0,74	0,76

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

A razão Fv/F0 também tem sido recomendada para detectar mudanças induzidas pelos estresses (LICHTENTHALER et al., 2005); pois embora contenha a mesma informação básica, amplifica as pequenas variações detectadas pela razão Fv/Fm (REIS & CAMPOSTRINI, 2011), como pode ser observado na comparação entre estas variáveis. Nesse caso, a razão Fv/F0 das plantas de pimentão aos 78 DAS foi máxima (3,32) quando as plantas foram cultivadas com o tratamento 3(30%AS+70%ED) (Tabela 7). Aos 94 DAS observa-se tendência semelhante, obtendo-se valores médios de 3,53 quando as plantas foram cultivadas com o tratamento 4(20%AS+80%ED), não havendo diferença expressiva entre os tratamentos (Tabela 7). Alguns autores utilizam a relação Fv/Fo como indicador da eficiência máxima no processo fotoquímico no FSII e/ou da atividade fotossintética potencial (razão máxima de produção quântica dos

processos concorrentes fotoquímicos e não fotoquímicos no FSII) apresentando valores entre 4 e 6.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre os tratamentos para razão (Fv/F0) de plantas de pimentão cv. All Big aos 78 e 94 (B) dias após a semeadura - DAS

78 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	2,70 Bc	3,20 Aab	3,40 Aa	2,98 Ab	2,99 Ab	3,07 Aab
100	3,17 Aa	2,68 Bb	3,23 Aa	2,92 Aab	2,84 Aab	2,93 Aab
Média	2,94	2,94	3,32	2,95	2,91	3,00
94 DAS						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	2,71 Bb	3,38 Aa	3,31 Aa	3,14 Ba	2,72 Bb	3,35 Aa
100	3,22 Aa	2,94 Ba	3,15 Aa	3,91 Aa	3,10 Aa	2,83 Ba
Média	2,97	3,16	3,23	3,53	2,91	3,09

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções aos 78 DAS (Tabela 7) verifica-se diferença significativa nos tratamentos 1 e 2, em que no primeiro caso houve incremento de 14,87% da solução nutritiva que utilizou 100% da recomendação e no segundo caso superioridade na ordem de 16,32% quando utilizou-se a solução de 80% da recomendação de adubação. Aos 94 DAS, observa-se diferença significativa em todos os tratamentos, exceto para o tratamento 3 (Tabela 7). Para os tratamentos 1, 4 e 5, verifica-se superioridade, respectivamente de 15,77%, 19,83%, 12,31% quando as plantas foram cultivadas com a solução de 100% da recomendação em relação as plantas que receberam solução de 80%. Nos tratamentos 2 e 6, entretanto, observa-se incremento, respectivamente de 13,13% e 15,62% quando as plantas foram cultivadas com a solução de 80% da recomendação nutricional em detrimento as de 100%. Apesar de a razão Fv/Fo ser comumente utilizada em estudos de diferentes espécies com variados tipos de estresse (SILVA et al., (2015), nesse trabalho não foi verificado efeito do estresse salino na razão Fv/F0, uma vez que, os valores médios observados estarem entre 3 e 4.

CONCLUSÕES

As proporções entre água salobra e efluente doméstico não promoveram danos fotoinibitórios aos centros de reação do FSII, sendo os valores médios observados superiores a 0,75.

O efluente doméstico foi capaz de suprir as necessidades nutricionais do pimentão, quando se utilizou a solução nutritiva com 80% da recomendação nutricional, utilizando-se a proporção 3 (30%AS + 70%ED), com base nos resultados de fluorescência observados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO NETO, A.D.; PEREIRA, P.P.A.; COSTA, D.P.; SANTOS A.C.C. Fluorescência da clorofila como ferramenta possível para a seleção de tolerância à salinidade em girassol. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.4, p.893-897, 2011.
- BAKER, N.R. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, n.1, p.89-113, 2008.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R. LONG, S.P.; BAKER, N.R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E.G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Functional Ecology*, v.3, n.1, p.497-514, 1989.
- 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.
- COSME, C. R.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; OLIVEIRA, E.M.M.; SOUSA NETO, O.N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental*, v.15, n.5, p.499-504, 2011.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FLOWERS, T.J.; FLOWERS, S.A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? *Agricultural Water Management*, v.78, n.1, p.15-24, 2005.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e 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: IAC, 1999. 52 p.
- LACERDA, C.F.; COSTA, R.N.T.; BEZERRA, M.A.; GHEYI, H.R. Estratégias de manejo para uso de água salobra na agricultura. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 303-317.
- LICHTENTHALER, H.K.; BUSCHMANN, C.; KNAPP, M. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio Rfd of leaves with the PAM fluorometer. *Photosynthetica*, v.43, n.3, p.379-393, 2005.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação na cultura do pimentão. Brasília: Embrapa Hortaliças, 20 p. (Circular Técnica, 101). 2012.
- MARTÍNEZ, S.; SUAY, R.; MORENO, J.; SEGURA, M.L. Reuse of tertiary municipal wastewater effluent for irrigation of *Cucumis melo* L. *Irrigation Science*, v.31, p.661–672, 2013.
- MELO, H.F.; SOUZA, E.R.; DUARTE, H.H.F.; CUNHA, J.C.; SANTOS, H.R.B. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, n.1, p.38-43, 2017.
- MOUGET, J.; TREMBLIN, G. Suitability of the fluorescence monitoring system (FMS, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. *Aquatic Botany*, v.74, n.3, p.219-231, 2002.
- REIS, F.O.; CAMPOSTRINI, E. Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. *Revista Brasileira Agrociência*, v.17, n. 3-4, p.284-295, 2011.
- 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. *Revista Engenharia Agrícola*, v.36, n.3, p.420-432, 2016.
- SANTOS, C.M.; GONÇALVES, E.R.; ENDRES, L.; GOMES, T.C.A.; JADOSKI, C.J.; NASCIMENTO, L.A.; SANTOS, E.D. Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.3, n.3, p.95-102, 2010.

- 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.
- SILVA, E.N.; RIBEIRO, R.V.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. *Journal of Arid Environments*, v.74, p.1130-1137, 2010.
- 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, 2015.
- SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. Proporção de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.705-714, 2010.
- SUASSUNA, J.F.; MELO, A.S.; COSTA, F.S.; FERNANDES, P.D.; FERREIRA, R.S.; SOUSA, M.S.S. Eficiência fotoquímica e produtividade de frutos de meloeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação. *Semina: Ciências Agrárias*, v.32, p.1251-1262, 2011.
- OLIVEIRA, W.J.; SOUZA, E.R.; SANTOS, H.R.B.; SILVA, E.F.F.; DUARTE, H.H.F.; MELO, D.V.M. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.12, n.3, p.2592-2603, 2018.
- TATAGIBA, S.D.; MORAES, G.A.B.K.; NASCIMENTO, K.J.T.; PELOSO, A.F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.22, p.138-149, 2014.
- TESTER, M.; BACIC, A. Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. *Plant Physiology*, v. 137, p. 791-793, 2005.

Capítulo IV

Subitem IV.3

Fitomassa e produção de pimentão sob diferentes concentrações de efluente doméstico e soluções nutritivas em sistema hidropônico

Phytomass and production of pepper under different concentration domestic effluent and nutritive solutions used in the hydroponic system

Fitomassa e produção de pimentão sob diferentes concentrações de efluente doméstico e soluções nutritivas em sistema hidropônico

RESUMO: A reutilização de efluente doméstico tratado é uma fonte potencial para o semiárido brasileiro, permitindo a utilização mais racional dos recursos hídricos. Nesse sentido, objetivou-se avaliar fitomassa e produção de pimentão cultivadas em sistema hidropônico em diferentes misturas de águas e concentrações nutricionais da solução nutritiva, com experimento desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (CTRN/UFCG), sob delineamento experimental inteiramente casualizado, com 12 tratamentos, em esquema fatorial 6 x 2, com 5 repetições, consistindo de seis proporções entre água salobra (AS) e efluente doméstico (ED) (P1= 50%AS+50%ED; P2 = 40%AS+60%ED; P3 = 30%AS+70%ED; P4 = 20%AS+80%ED; P5 = 10%AS+90%ED; P6 = 100%ED) e de duas concentrações nutricionais da solução nutritiva (S1 = 80% e S2 = 100%). A interação entre a concentração da solução nutritiva e a relação da água salobra com efluente doméstico influenciou a produção de fitomassa e os componentes de produção do pimentão cv. All Big. A proporção de 30%AS+70%ED com concentração de 80% da solução nutritiva promoveu maior produção de massa de frutos por planta de pimentão.

Palavras-chave: água salobra, *Capsicum annuum* L., efluente doméstico

Phytomass and production of pepper under different concentration domestic effluent and nutritive solutions used in the hydroponic system

ABSTRACT: The reutilization of treated domestic sewage is a potential source for Brazilian semiarid, allowing a more rational use of water resources. The objective of this study was to evaluate phytomass and production of pepper cultivated in a hydroponic system in different water mixtures and nutrient concentrations of the nutrient solution, with an experiment developed in a protected environment belonging to the Academic Unit of Agricultural Engineering (CTRN / UFCG), under a completely randomized experimental design, with 12 treatments, in a 6 x 2 factorial scheme with 5 replicates, consisting of six proportions between saline water (SW) and domestic sewage (DS) (P1= 50%SW+50%DS; P2 = 40%SW+60%DS; P3 = 30%SW+70%DS; P4 = 20%SW+80%DS; P5 = 10%SW+90%DS; P6 = 100%DS) and two nutrient concentrations of the nutrient solution [S1 = 80% and S2 = 100%]. The interaction

between the concentration of the nutrient solution and the relation of saline water with wastewater influenced phytomass production and components of pepper production (All Big cv.). The proportion of 30%AS + 70%ED with concentration of 80% of the nutritive solution promoted greater fruit mass production per pepper plant.

Keywords: *Capsicum annuum* L., salinity water, domestic sewage

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de águas com elevada concentração de sais no semiárido brasileiro tornam-nas inviáveis para utilização direta na irrigação convencional para a maioria dos cultivos, além da potencialização de seus efeitos sobre o crescimento, desenvolvimento e produção das culturas. Aliados a isso, o desenvolvimento industrial nos grandes centros tem promovido degradação ambiental, especialmente em virtude do lançamento de efluente doméstico nos corpos hídricos, que segundo a ANA (Agência Nacional de Águas) a carga orgânica gerada diariamente no País chegou a 9,1 mil toneladas em 2017, em que apenas 39% deste é tratado antes de ser lançado.

Em regiões com baixa disponibilidade hídrica, a utilização de águas residuárias na agricultura pode ser uma alternativa viável visando minimizar os problemas da escassez hídrica, além de ser fonte de nutrientes promovendo, aumento de produtividade, diminuição do impacto ambiental e redução de custos nos sistemas produtivos (SOUZA et al., 2010). Diante disso, essas águas tornam-se uma fonte alternativa em potencial, uma vez que permitem a utilização mais racional dos recursos hídricos (MARTÍNEZ et al., 2013). Não obstante é necessário buscar tecnologias alternativas para o uso condizente dessas águas, diminuindo, conseqüentemente, os impactos ambientais (SANTOS et al., 2010). O cultivo hidropônico, portanto, representa uma alternativa ao cultivo convencional, com vantagens para o consumidor, produtor e para o ambiente, como obtenção de produtos de alta qualidade, ciclo curto, com maior produtividade, menor consumo de água, de insumos agrícolas e de mão de obra (PAULUS et al., 2010; PAULUS et al., 2012), viabilizando o uso dos recursos hídricos disponíveis na região (efluente doméstico e água salobra), possibilitando o uso de água de salinidade mais elevada.

Aliados a isso, a mistura de águas, pode mitigar o efeito deletério da salinidade (SOARES et al., 2010) e, inclusive, viabilizar o uso de águas salobras, aliados a outras técnicas de mitigação como a variação da concentração nutricional da solução nutritiva.

Dentre as hortaliças que se destacam na região Nordeste, tem-se a cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) que é uma hortaliça de grande importância econômica e é plantado e consumido em todo o território nacional. A área estimada de plantio é 19 mil hectares, com produção acima de 420 mil toneladas (FAO, 2017). Apresenta boa adaptação às condições do semiárido, onde o Nordeste, destaca-se com os principais produtores nos estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Bahia (NASCIMENTO, 2014). Nessas regiões parte do seu cultivo é realizada por agricultores familiares, os quais dispõem de fontes hídricas com risco potencial de utilização no cultivo em solo, tornando-se necessária a utilização de tecnologias que minimizem os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação na produção das culturas de expressão social e econômica como o pimentão (COSME et al., 2011).

Ante o exposto, objetivou-se avaliar a fitomassa, componentes de produção em plantas de pimentão cultivadas em sistema hidropônico em diferentes misturas de águas (salobra e efluente doméstico) e duas concentrações nutricionais da solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), entre os meses de março e julho de 2017, sob delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x2, com 5 repetições e 3 plantas úteis por repetição.

Os tratamentos consistiram da mistura entre água salobra (AS) e efluente doméstico (ED), resultando em seis proporções: P1 = 50% AS + 50% ED; P2 = 40% AS + 60% ED; P3 = 30% AS + 70% ED; P4 = 20% AS + 80% ED; P5 = 10% AS + 90% ED; P6 = 100% ED) e de duas concentrações nutricionais da solução nutritiva (S1 = 80% e S2 = 100%) da recomendação proposta por Furlani et al. (1999), resultando em 12 tratamentos e 60 unidades experimentais.

A água salobra utilizada para o preparo da solução nutritiva foi proveniente do açude comunitário do Assentamento Vitória (latitude 7°20'47,49" S e longitude 36° 2'28,00" O), coletada após seis meses sem ocorrência de precipitação, com as seguintes características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,24), a CE (29,15 dS m⁻¹), o K (0,012 g L⁻¹), o Na (5,50 g L⁻¹), o Ca (0,41 g L⁻¹), o Mg (1,2 g L⁻¹) e RAS (30,74 (mmol L⁻¹)^{0.5}). O efluente doméstico foi coletado na estação de tratamento de efluentes do INSA (Instituto Nacional do Semiárido) em Campina Grande, o qual passou por um processo de filtração e possui as seguintes

características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,98), a CE (1,72 dS m⁻¹), o K (0,029 g L⁻¹), o Na (0,15 g L⁻¹), o Ca (0,016 g L⁻¹) e o Mg (0,025 g L⁻¹) e RAS de 4,5 (mmol L⁻¹)^{0,5}.

Para viabilizar o uso desta água salobra, procedeu-se a sua diluição (LACERDA et al., 2010) em água de chuva (CE≈0) estabelecendo-se o nível de salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹ o qual, após a adição do efluente doméstico nas proporções preestabelecidas e solubilização dos fertilizantes (FURLANI et al., 1999) atingiram os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) conforme tabela 1.

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos

Proporções	Soluções/CE _{sn} * (dS m ⁻¹)	
	S1 = 80%	S2 = 100%
P1= 50%AS + 50%ED	3,88	4,42
P2= 40%AS + 60%ED	3,87	4,20
P3= 30%AS + 70%ED	3,79	4,06
P4= 20%AS + 80%ED	3,56	3,66
P5= 10%AS + 90%ED	3,02	3,62
P6= 100%ED	2,93	3,31

*CE_{sn}: condutividade elétrica da solução nutritiva

As mudas de pimentão cultivar All Big foram formadas em bandejas plásticas de 36 células, semeando-se 2 a 3 sementes por célula. O desbaste foi realizado aos 15 dias após a semeadura (DAS) deixando-se uma plântula por célula; em seguida as mudas foram irrigadas com água de chuva diariamente, pela manhã e à tarde, até os 30 DAS. Aos 31 DAS, as mudas foram transplantadas para copos plásticos descartáveis de 200 mL, perfurados nas laterais e no fundo, preenchidos com fibra de coco; foram inseridas nos tubos, conforme tratamentos previamente estabelecidos.

O sistema hidropônico adotado consistiu no uso de doze tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, em nível, com joelhos nas extremidades sendo que, em um deles, instalou-se uma torneira para saída de água, garantindo assim um nível de 0,04 m de solução ao longo do tubo, em que, os copos com as mudas foram acondicionados em aberturas com diâmetro de 60 mm, espaçadas a 30 cm. Estes tubos foram alocados em uma estrutura vertical de madeira, com seis metros de comprimento, 1,4 m de largura e 1,8 de altura (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

A solução nutritiva foi acondicionada em reservatórios distintos conforme cada tratamento, sendo preparados volumes iniciais de 100 L. Diariamente e de forma manual adicionou-se 40 L de solução nutritiva duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 h) por tubo, conforme tratamentos, com vistas à recirculação dos nutrientes, sendo monitorado diariamente a CE_{sn} e o

pH_{sn}. A reposição da lâmina evapotranspirada no respectivo reservatório foi efetuada semanalmente, com a respectiva mistura de águas utilizada no preparo da solução nutritiva.

Aos 120 DAS determinou-se as variáveis relacionadas a produção de fitomassa foram as seguintes: massa fresca e seca de folhas; massa fresca e seca de caule; e massa fresca e seca da parte aérea. Para tanto, as plantas foram cortadas e separadas em caule, folhas e raiz, recolhidas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação de ar a uma temperatura de 65 °C, permanecendo durante 72h até obter massa constante.

Com relação as variáveis de produção, avaliadas aos 120 DAS, a massa fresca e seca de frutos por plantas; comprimento de frutos (mm), tomado no eixo que vai da base da inserção do pedúnculo ao ápice do fruto; e diâmetro de frutos, em mm, tomado no maior diâmetro transversal do fruto. Para determinação da massa seca de frutos, o material vegetal foi acondicionado em bandejas de alumínio e levadas para estufa de circulação de ar a uma temperatura de 65° por 72 h até se obter massa constante.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste 'F', em nível de $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ de probabilidade. No caso de significância, da interação entre os fatores ou dos fatores principais isoladamente, realizou-se teste de Tukey, utilizando-se o software para análises estatísticas-SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de fitomassa das plantas de pimentão foram influenciadas ($p \leq 0,01$) pela interação proporções entre água salobra e efluente doméstico x concentração nutricional da solução nutritiva em todas variáveis analisadas aos 78 e 94 dias após a semeadura (DAS). O fator "P" não exerceu efeito significativo sobre as variáveis em nenhum período de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo do teste ‘F’ para a massa fresca (MFF) e seca (MSF) de folhas, massa fresca (MFC) e seca (MSC) de caule, massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea do pimentão aos 120 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e efluente doméstico (P) e concentrações nutricionais da solução nutritiva (C)

Fonte de Variação	Teste ‘F’					
	MFF	MSF	MFC	MSC	MFPA	MSPA
Proporções (P)	**	**	**	**	**	**
Concentrações (C)	**	**	**	**	**	**
P x C	**	**	**	**	**	**
CV (%)	10,38	9,05	9,03	10,40	7,58	8,35

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente.

Conforme o teste de comparação de médias, observa-se que as plantas de pimentão que foram cultivadas utilizando-se a solução nutritiva nas proporções 3 (30%AS+70%ED) e 5 (10%AS+90%ED) tiveram maior acúmulo de massa fresca de folhas (MFF), sendo em média respectivamente, 41,90 e 33,76 g (Tabela 3). Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções, observa-se diferença significativa entre todas elas, exceto no tratamento 3, sendo as plantas cultivadas com a solução que utilizou 100% da recomendação de adubação nos tratamentos 2 (40%AS+60%ED), 5 (10% AS+90%ED) e 6 (100%ED) obtiveram um incremento respectivamente de 21,23%; 17,63% e 52,16% em relação as plantas que receberam 80% da recomendação de adubação conforme Furlani et al. (1999). Para os tratamentos 1 (50%AS+50%ED) e 4 (30%AS+70%ED) verifica-se incremento respectivamente, de 29,85% e 27,86% nas plantas que receberam solução de 80% da recomendação em relação as que receberam solução com 100% (Tabela 3). A massa seca de folhas (MSF) teve um comportamento semelhante, em que se observa que as plantas cultivadas nas soluções 3(5,45 g) e 5 (4,35 g) obtiveram maior acúmulo de massa seca em relação as demais (Tabela 3). Comparando-se as soluções nutritivas, verifica-se diferença significativa em todos os tratamentos, sendo a solução de 100% da recomendação superior nos tratamentos 2, 3, 5 e 6 na ordem, respectivamente de, 46,03%; 21,38%; 58,80%; e 65,39% em relação as plantas que receberam a solução de 80% da recomendação conforme Furlani et al. (1999). Com relação aos tratamentos 1 e 4, verifica-se superioridade das plantas cultivadas na solução de 80%, sendo esta, respectivamente de 52,46% e 23,29% em relação as plantas que receberam solução de 100% da recomendação (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFF) e seca (MSF) de folhas de plantas de pimentão cv. All Big aos 120 dias após a semeadura - DAS

MFF (g)						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	18,02 Ac	21,26 Bc	42,81 Aa	38,09 Aa	30,50 Bb	18,57 Bc
100	12,73 Bc	27,00 Ab	40,99 Aa	27,48 Bb	37,03 Aa	38,82 Aa
Média	15,38	24,13	41,90	32,79	33,76	28,69
MSF (g)						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	2,70 Ab	1,78 Bc	4,80 Ba	4,22 Aa	2,54 Bb	1,63 Bc
100	1,28 Bd	3,29 Ac	6,10 Aa	3,24 Bc	6,17 Aa	4,70 Ab
Média	1,99	2,53	5,45	3,73	4,36	3,17

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

O teste de comparação de médias para acúmulo de massa fresca e seca do caule são apresentados na Tabela 4. Observa-se que as plantas de pimentão que foram cultivadas utilizando a solução nutritiva nas proporções 3 (30%AS+70%ED), 4 (20%AS+80%ED) e 5 (10%AS + 90%ED) tiveram maior acúmulo de massa fresca do caule (MFC), sendo em média respectivamente, 17,77 g, 18,75 g e 17,46 g (Tabela 4). Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções, observa-se diferença significativa entre todas elas, exceto no tratamento 1, sendo as plantas cultivadas com a solução que utilizou 100% nos tratamentos 2 (40%AS+60%ED), 3 (30%AS+70%ED), 5 (10%AS+90%ED) e 6 (100%ED) obtiveram um incremento respectivamente de 29,93%; 41,09%; 37,85% e 25,76% em relação as plantas que receberam 80% da recomendação de adubação conforme Furlani et al. (1999). Para o tratamento 4 (30%AS+70%ED) verifica-se incremento de 20,36% nas plantas que receberam solução de 80% da recomendação em relação as que receberam solução com 100% (Tabela 4). O maior acúmulo de massa seca do caule (MSC) ocorreu nas plantas cultivadas nas soluções 3 (2,72 g) e 5 (2,02 g) (Tabela 4). Comparando-se as soluções nutritivas, verifica-se diferença significativa em todos os tratamentos, sendo a solução de 100% da recomendação superior nos tratamentos 2, 3, 5 e 6 na ordem, respectivamente de, 34,52%; 12,99%; 38,84%; e 52,53% em relação as plantas que receberam a solução de 80% da recomendação conforme Furlani et al. (1999). Com relação aos tratamentos 1 e 4, verifica-se superioridade das plantas cultivadas na solução de 80%, sendo esta, respectivamente de 62,36% e 16,87% em relação as plantas que receberam solução de 100% da recomendação (Tabela 4).

Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFC) e seca (MSC) de caule de plantas de pimentão cv. All Big aos 120 dias após a semeadura - DAS

MFC (g)						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	7,49 Ac	9,27 Bc	13,18 Bb	20,88 Aa	13,38 Bb	8,67 Bc
100	8,36 Ad	13,23 Ac	22,37 Aa	16,63 Bb	21,54 Aa	11,68 Ac
Média	7,92	11,25	17,77	18,75	17,46	10,17
MSC (g)						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	1,22 Ac	0,77 Bd	2,53 Ba	1,83 Ab	1,53 Bb	0,67 Bd
100	0,46 Be	1,18 Ad	2,91 Aa	1,52 Bc	2,51 Ab	1,53 Ac
Média	0,84	0,98	2,72	1,67	1,67	1,10

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Com relação a massa fresca da parte aérea (MFPA), observa-se conforme teste de médias que as plantas de pimentão que foram cultivadas utilizando-se a solução nutritiva na proporção 3 (30%AS+70%ED) tiveram maior acúmulo de MFPA, sendo em média 59,68 g (Tabela 5). Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções, observa-se diferença significativa entre elas em todos os tratamentos, sendo as plantas cultivadas com a solução que utilizou 100% da recomendação de adubação foram significativamente superiores nos tratamentos 2, 3, 5 e 6 com incremento da MFPA, respectivamente de 24,11%; 11,63%; 25,07% e 46,05% em relação as plantas cultivadas com a solução de 80% da recomendação de adubação conforme Furlani et al. (1999). Nos tratamentos 1 e 4, observa-se maior acúmulo de massa fresca nas plantas cultivadas com a solução de 80% da recomendação. O maior acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) foi obtido nas plantas cultivadas no tratamento 3, sendo em média 8,17 g. Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções, observa-se diferença significativa em todos os tratamentos. Para os tratamentos 2, 3, 5 e 6, verifica-se superioridade das plantas cultivadas com a solução de 100% da recomendação, sendo respectivamente um incremento de 42,95%; 18,67%; 53,03% e 63,24% em relação as plantas que receberam a solução de 80% da recomendação conforme Furlani et al. (1999). Com relação aos tratamentos 1 e 4, observa-se superioridade das plantas cultivadas com a solução de 80% da recomendação, tendo um incremento, respectivamente de 55,61% e 21,31%.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea de plantas de pimentão cv. All Big aos 120 dias após a semeadura - DAS

MFPA (g)						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	25,51 Ac	30,53 Bc	55,99 Ba	58,97 Aa	43,88 Bb	27,24 Bc
100	21,09 Bd	40,23 Ac	63,36 Aa	44,11 Bc	58,56 Aa	50,49 Ab
Média	23,30	35,38	59,68	51,54	51,22	38,87
MSPA (g)						
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	3,92 Ac	2,55 Bd	7,33 Ba	6,05 Ab	4,08 Bc	2,29 Bd
100	1,74 Bd	4,47 Ac	9,01 Aa	4,76 Bc	8,68 Aa	6,24 Ab
Média	2,83	3,51	8,17	5,40	6,38	4,27

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Com base nos resultados obtidos para acúmulo de fitomassa de folhas e caule e parte aérea, observa-se que de forma geral o tratamento 3 (30%AS+70%ED) promoveu maior acúmulo de fitomassa nas plantas de pimentão, sendo os maiores valores observados quando as plantas foram cultivadas com a solução de 100% da recomendação de adubação conforme Furlani et al. (1999). Tais resultados podem estar relacionados ao maior aporte de nutrientes fornecidos pela solução que utilizou toda a recomendação de adubação. Resultados semelhantes foram obtidos por Luz et al. (2012), os quais observaram maior acúmulo de fitomassa em plantas de salsa cressa e coentro sob cultivo com 100% da concentração da solução nutritiva de Furlani et al. (1999). Além disso, observa-se que o efluente doméstico não foi capaz de suprir as necessidades nutricionais do pimentão, quando se reduziu a quantidade de nutrientes disponibilizados na solução nutritiva. A redução da disponibilidade de nutrientes pode acarretar incapacidade da planta se desenvolver e consequentemente completar seu ciclo de vida (LARCHER, 2004). Entretanto, conforme Sousa et al. (2006) o teor de nutrientes em águas residuárias é geralmente considerado benéfico para as culturas. Malheiros et al. (2012) observaram incremento de fitomassa da parte aérea do tomateiro cultivado com solução nutritiva contendo 25% de efluente tratado de uma indústria de sorvete e 75% de água de abastecimento. Tais autores afirmam ainda que a utilização de 100% de efluente no preparo da solução nutritiva proporciona redução no acúmulo fitomassa da parte aérea em decorrência competição de íons, especialmente de cálcio e sódio no efluente industrial, fato também observado no efluente doméstico utilizado no experimento.

Os componentes de produção comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa fresca de frutos por planta (MFFP) e massa seca de frutos por planta (MSFP) das plantas de pimentão foram influenciados ($p \leq 0,01$) pela interação proporções entre água salobra e efluente doméstico x concentração nutricional da solução nutritiva.

Tabela 6. Resumo do teste ‘F’ para comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa fresca de frutos por planta (MFFP) e massa seca de frutos por planta (MSFP) do pimentão aos 120 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e efluente doméstico(P) e concentrações nutricionais da solução nutritiva (C)

Fonte de Variação	Teste ‘F’			
	CF	DF	MFFP	MSFP
Proporções (P)	**	**	**	**
Concentrações (C)	ns	**	**	**
P x C	**	**	**	**
CV (%)	7,26	7,85	10,01	7,29

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente.

Com relação ao comprimento de frutos, observa-se conforme teste de médias que as plantas de pimentão que foram cultivadas utilizando-se a solução nutritiva na proporção 3 (30%AS+70%ED) tiveram maior comprimento, sendo em média 70,21 mm (Tabela 7). Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções, observa-se diferença significativa entre elas nos tratamentos 1 e 2, sendo as plantas cultivadas com a solução que utilizou 80% da recomendação de adubação tiveram incremento do comprimento de 20,89% em relação as plantas cultivadas com a solução de 100% da recomendação de adubação conforme Furlani et al. (1999) no tratamento 1. Para o tratamento 2, observa-se superioridade das plantas cultivadas com a solução de 100%, verificando-se incremento de 23,80% em relação as plantas cultivadas com a solução de 80%. O maior diâmetro de frutos de pimentão foi obtido nas plantas cultivadas no tratamento 3 e 4, sendo em média respectivamente, 64,15 mm e 65,57 mm (Tabela 7). Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções, observa-se diferença significativa em todos os tratamentos, com exceção do tratamento 3. Para os tratamentos 2, 4, 5 e 6, verifica-se superioridade das plantas cultivadas com a solução de 100% da recomendação, tendo respectivamente um incremento de 22,55%; 10,75%; 31,64%; e 26,22% em relação as plantas que receberam a solução de 80% da recomendação conforme Furlani et al. (1999). Para o tratamento 1, observa-se superioridade das plantas cultivadas com a solução de 80%, verificando-se incremento de 29,25% em relação as plantas cultivadas com a solução de 100% (Tabela 7). Cabe destacar, que os tratamentos em média proporcionaram frutos com

comprimento e diâmetro considerados comerciais - comprimento ≥ 60 mm e diâmetro ≥ 40 mm (ARAÚJO et al., 2009).

Tabela 7. Desdobramento da interação entre os tratamentos para comprimento do fruto (CF) e diâmetro do fruto (DF) de plantas de pimentão cv. All Big aos 120 dias após a semeadura - DAS

		CF (mm)					
		Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
%Nutricional		50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80		65,30 Aab	48,63 Bc	69,02 Aa	60,14 Ab	64,56 Aab	60,20 Ab
100		51,66 Bc	63,81 Aab	71,41 Aa	61,95 Ab	63,98 Aab	65,59 Aab
Média		58,48	56,22	70,21	61,05	64,27	62,90
		DF (mm)					
		Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
%Nutricional		50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80		61,79 Aa	47,67 Bb	61,68 Aa	61,85 Ba	46,31 Bb	47,63 Bb
100		43,71 Bb	61,55 Aa	66,63 Aa	69,30 Aa	67,75 Aa	64,55 Aa
Média		52,75	54,61	64,15	65,58	57,03	56,09

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p \leq 0,05).

De acordo com o teste de comparação de médias, verifica-se que as plantas de pimentão que foram cultivadas utilizando-se a solução nutritiva na proporção 3 (30%AS+70%ED) tiveram maior produção de massa fresca de frutos por planta (MFFP), sendo em média 115,10 g, o que correspondeu a um incremento de 52% e 65% em relação a proporção 1 (50%AS+50%ED) e 6 (100%ED), respectivamente (Tabela 8), valores superiores aos obtidos por Arruda et al. (2011), os quais obtiveram peso médio de frutos de 59,0 g utilizando-se 25% de rejeito de dessalinizador na solução nutritiva. Comparando-se as concentrações nutricionais das soluções, observa-se diferença significativa entre todas elas, exceto no tratamento 4, sendo as plantas cultivadas com a solução que utilizou 100% da recomendação de adubação nos tratamentos 2 (40%AS+60%ED), 5 (10%AS+90%ED) e 6 (100%ED) obtiveram um incremento respectivamente de 48,10%; 22,14% e 42,44% em relação as plantas que receberam 80% da recomendação de adubação conforme Furlani et al. (1999). Para os tratamentos 1 (50%AS+50%ED) e 3 (40%AS+60%ED) verifica-se incremento respectivamente, de 41,25% e 8,54% nas plantas que receberam solução de 80% da recomendação em relação as que receberam solução com 100% (Tabela 8). A massa seca de frutos por planta (MSFP) teve um comportamento semelhante, em que se observa que as plantas cultivadas nas soluções 3 (11,49 g) obtiveram maior acúmulo de MSFP em relação as demais (Tabela 8). Comparando-se as

soluções nutritivas, verifica-se diferença significativa nos tratamentos 1, 2, 5 e 6, sendo a solução de 100% da recomendação superior nos tratamentos 2, 5 e 6 na ordem, respectivamente de, 20,27%; 20,48%; e 57,39% em relação as plantas que receberam a solução de 80% da recomendação conforme Furlani et al. (1999). Com relação ao tratamento 1, verifica-se superioridade das plantas cultivadas na solução de 80%, sendo esta, respectivamente de 16,74% em relação as plantas que receberam solução de 100% da recomendação (Tabela 8).

Tabela 8. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca de frutos por planta (MFFP) e massa seca de frutos por planta (MSFP) de plantas de pimentão cv. All Big aos 120 dias após a semeadura - DAS

		MFFP (g)				
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	75,95 Ab	44,60 Bc	120,24 Aa	80,75 Ab	68,08 Bab	54,42 Bbc
100	44,62 Bc	85,93 Ab	109,97 Ba	89,04 Ab	87,44 Ab	94,54 Ab
Média	60,28	65,23	115,10	84,90	77,76	74,48
		MSFP (g)				
%Nutricional	Proporções água salobra/efluente doméstico (%)					
	50%/50%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	10%/90%	100%
80	7,23 Ab	5,83 Ac	11,76 Aa	10,91 Aa	7,30 Bb	4,51 Bd
100	6,02 Bd	7,31 Bc	11,22 Aa	10,60 Aa	9,18 Ab	10,58 Aa
Média	6,63	6,57	11,49	10,76	8,24	7,54

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Da mesma forma como observado para a produção de fitomassa da parte aérea (Tabela 5), comprimento e diâmetro de frutos (Tabela 7), a maior massa de frutos por planta de pimentão foi obtida com o tratamento 3 (30%AS+70%ED), ou seja, com o maior tamanho de fruto, houve como consequência a formação de frutos mais pesados. De acordo com Malheiros et al. (2012) o uso de concentrações de efluente industrial acima de 50% pode acarretar em perdas na produtividade do tomate cereja sob condições hidropônicas do tipo NFT. Cabe destacar também que a maior MFFP foi obtida quando as plantas foram cultivadas com a com a solução nutritiva de 80% da recomendação de adubação, apresentando valores médios acima de 100 g, o qual conforme Melo et al. (2009) são considerados frutos comerciais de classe A, demonstrando para essa variável que o efluente doméstico foi capaz de suprir as necessidades da cultura. De acordo com Cuba et al. (2015) a aplicação do efluente tratado pode ser utilizado como fonte alternativa de água para o cultivo hidropônico de alface, promovendo economia de alguns fertilizantes em relação à solução nutritiva recomendada. De acordo com Albuquerque Junior et al. (2016) o

uso de águas residuárias e salobras para o preparo da solução nutritiva é viável quando utilizado em sistemas hidropônicos, sendo indicado para principalmente para região do semiárido brasileiro na produção de hortaliças.

CONCLUSÕES

A interação entre a concentração da solução nutritiva e a relação da água salobra com águas residuárias influenciou produção de fitomassa e componentes de produção do pimentão cv. All Big.

A maior produção de fitomassa de pimentão foi obtida com o a aplicação da solução nutritiva na proporção de 30%AS+70%ED e 100% da concentração nutricional.

A proporção de 30%AS+70%ED com concentração de 80% da solução nutritiva promoveu maior produção de massa de frutos por planta de pimentão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE JÚNIOR, J.E.; AZEVEDO, C.A.V.; AZEVEDO, M.R.Q.A.; XAVIER, J.F.; MONTEIRO FILHO, A.F. Qualidade de águas residuárias e salobra utilizadas no cultivo hidropônico de três cultivares de alface crespa. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.2, p.19-24, 2016.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Atlas efluente s: despoluição de bacias hidrográficas. Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. 265p.
- ARAÚJO, J.S.; ANDRADE, A.P.; RAMALHO, C.I.; AZEVEDO, C.A.V. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.2, p.152–157, 2009.
- ARRUDA, C.E.M.; DIAS, N.S.; BLANCO, F.F.; SOUSA NETO, O.N.; FERREIRA NETO, M. Bell pepper cultivation with brine from brackish water desalination. *Revista Caatinga*, v.24, n.2, p.197-201, 2011.
- COSME, C. R.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; OLIVEIRA, E.M.M.; SOUSA NETO, O.N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva

- aplicados em diferentes épocas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental*, v.15, n.5, p.499–504, 2011.
- CUBA, R.S.; CARMO, J.R.; SOUZA, C.F.; BASTOS, R.G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. *Revista Ambiente e Água*, v.10, n.3, p.574-586, 2015.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FAO. Faostat – Statistics Database. Disponível em: < <http://www.fao.org/statistics/en/>>.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e 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: IAC, 1999. 52 p.
- LACERDA, C.F.; COSTA, R.N.T.; BEZERRA, M.A.; GHEYI, H.R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 303-317.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RIMA, 2004. 531p.
- LUZ, J.M.; 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.
- MALHEIROS, S.M.M.; SILVA, E.F.F.; MEDEIROS, P.R.F.; PEDROSA, E.M.R.; ROLIM, M.M.; SANTOS, A.N. Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando-se efluente tratado de uma indústria de sorvete. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.10, p.1085–1092, 2012.
- MARTÍNEZ, S.; SUAY, R.; MORENO, J.; SEGURA, M.L. Reuse of tertiary municipal wastewater effluent for irrigation of *Cucumis melo* L. *Irrigation Science*, v.31, p.661–672, 2013.
- MELO, A.S.; BRITO, M.E.B.; DANTAS, J.D.M.; SILVA JÚNIOR, C.D.; FERNANDES, P.D.; BONFIM, L.V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.1, p.17-21, 2009.
- NACIMENTO, W.M. *Produção de Sementes de Hortaliças*. Brasília: Embrapa, 2014. 342p.

- 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, 2012.
- 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. *Revista Engenharia Agrícola*, v.36, n.3, p.420-432, 2016.
- SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. Proporção de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.705-714, 2010.
- SOUSA, J.T., CEBALLOS, B.S.O., HENRIQUE, I.N., DANTAS, J.P.; LIMA, S.M.S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1, p.89-96, 2006.
- SOUZA, J.A.R.; MOREIRA, D.A.; FERREIRA, P.A. Parâmetros de crescimento de tomateiros produzidos com água residuária de suinocultura. *Engenharia Ambiental*, v.7, n.2, p.97-109, 2010.

Capítulo IV

Subitem IV.4

Crescimento do pimentão sob diferentes misturas de águas e concentrações de H_2O_2 em sistema hidropônico

Growth of pepper under different water mixtures and H_2O_2 concentrations in the hydroponic system

Crescimento do pimentão sob diferentes misturas de águas e concentrações de H₂O₂ em sistema hidropônico

RESUMO: A aplicação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em pequenas concentrações pode funcionar como molécula sinalizadora, favorecendo uma adaptação rápida a condições de estresse abiótico. Diante disso, objetivou-se avaliar o crescimento do pimentão cv. All Big em plantas expostas ao estresse salino e submetidas a aplicações de H₂O₂ em sistema hidropônico, com experimento desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (CTRN/UFCG), sob delineamento experimental inteiramente casualizado, com 12 tratamentos, em esquema fatorial 4 x 3, com 5 repetições, consistindo de quatro proporções entre água salobra (AS) e água de chuva (AC) (P1 = 10% AS + 90% AC; P2 = 20% AS + 80% AC; P3 = 30% AS + 70% AC; P4 = 40% AS + 60% AC) e três concentrações de H₂O₂ [C1 = 0,0 (Controle); C2 = 7,5 µM; C3 = 15 µM]. Em condições de salinidade da solução nutritiva acima de 3,32 dS m⁻¹ (30% AS + 70% AC), a aplicação de 7,5 µM de H₂O₂ promove aclimação de plantas de pimentão, contudo a concentração de 15 µM intensificou os efeitos deletérios da salinidade da solução nutritiva.

Palavras-chave: água salobra, *Capsicum annuum* L., estresse oxidativo

Growth of pepper under different water mixtures and H₂O₂ concentrations in the hydroponic system

ABSTRACT: The application of hydrogen peroxide (H₂O₂) in small concentrations can act as a signaling molecule, favoring a rapid adaptation to saline stress conditions. The objective of this study was to evaluate the growth of pepper cv. All Big in plants exposed to saline stress and submitted to H₂O₂ applications in a hydroponic system, with an experiment developed in a protected environment belonging to the Academic Unit of Agricultural Engineering (CTRN / UFCG), under a completely randomized experimental design, with 12 treatments, in a 4 x 3 factorial scheme, with 5 replicates, consisting of four proportions between saline water (SW) and rainwater (RW) (P1 = 10% SW + 90% RW, P2 = 20% SW + 80% RW, P3 = 30% SW + 70% RW, P4 = 40% SW + 60% RW) and three concentrations of H₂O₂ [C1 = 0.0 (Control); C2 = 7.5 µM; C3 = 15 µM]. In salinity conditions of nutrient solution above 3.32 dS m⁻¹ (30% SW

+ 70% RW) the application of 7.5 μM H_2O_2 promotes acclimation of pepper plants, however the concentration of 15 μM intensified the deleterious effects of salinity of the nutrient solution.

Keywords: *Capsicum annuum* L., oxidative stress, saline water

INTRODUÇÃO

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais afeta o crescimento e a produtividade das plantas em todo o mundo (VAIDYANATHAN et al., 2003; VEERANAGAMALLAIAH et al., 2007), tendo destaque as regiões áridas e semiáridas, como o Nordeste brasileiro. Nessas regiões, a qualidade da água disponível apresenta alto índice de salinidade, podendo variar de 0,1 a 5,0 dS m^{-1} (GENHUA & RAUL, 2010; ALADOS et al., 2011). Diante disso, com a necessidade de otimização dos recursos hídricos e preservação ambiental, muitas pesquisas têm sido realizadas para investigar a possível utilização de águas salobras na produção agrícola, principalmente em sistemas hidropônicos em diversas culturas, como a alface e o pimentão (PAULUS et al., 2010; PAULUS et al., 2012; CAVALCANTE et al., 2019).

A hidroponia pode ser definida como uma técnica para cultivo de plantas em solução nutritiva, com ou sem substratos, ou seja, onde não tem a presença do solo. Nesses sistemas, as plantas possuem maior tolerância à salinidade, devido à nulidade do potencial mátrico, o que reduz ao máximo os efeitos danosos da salinidade nos diferentes estádios de crescimento (SANTOS JÚNIOR et al., 2015), além de promover menor consumo de água por ciclo produtivo (SILVA et al., 2012). Contudo, além do uso do sistema hidropônico, é necessário buscar outras alternativas que combinadas a esse sistema, viabilizem o uso de águas de salinidade elevada, como a mistura de águas (SOARES et al., 2010).

O estresse salino provoca o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) que são responsáveis pelo estresse oxidativo. A formação dessas EROs sob condições de estresse ocorre, principalmente, nos cloroplastos durante o processo de fotossíntese na ausência do NADP^+ na forma oxidada (PRISCO & GOMES FILHO, 2010). Uma das EROs mais comuns em plantas é o H_2O_2 . O acúmulo do H_2O_2 pode desempenhar papéis diferentes, dependendo da concentração em que ele se encontra no tecido. Conforme Gondim et al. (2011) dentre as alternativas que pode minimizar o efeito do estresse salino nas plantas é a aclimação, a qual consiste em um processo de exposição prévia de um indivíduo a um determinado tipo de

estresse, provocando mudanças metabólicas que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse.

Nesse sentido, acredita-se que a aplicação de H_2O_2 em pequenas concentrações nos vegetais atue como um sinalizador, fazendo com que seu sistema de defesa se torne ativo, favorecendo uma adaptação rápida a condições adversas, entre elas, o estresse salino (LACERDA, 2015). De acordo com Carvalho et al. (2011) a aplicação de baixas doses de H_2O_2 são suficientes para induzir os sistemas de defesa antioxidativos, de modo a minimizar os efeitos deletérios da salinidade. Silva et al. (2016) verificaram que a aplicação de H_2O_2 promove aclimatação de plantas de milho à salinidade da água de irrigação, aumentando a tolerância ao estresse salino.

Parte do cultivo do pimentão (*Capsicum annuum* L.) no semiárido Nordeste é realizada principalmente por pequenos agricultores familiares, com recursos hídricos escassos ou com usos restritivos na agricultura, notadamente com excesso de sais. Isso se torna necessário a realização de pesquisas que minimizem os efeitos deletérios da salinidade no crescimento e capacidade produtiva das culturas de expressão social e econômica como o pimentão (COSME et al., 2011; NUNES et al., 2013).

Posto isto, objetivou-se avaliar o crescimento do pimentão cv. All Big em plantas de pimentão expostas ao estresse salino sob concentrações de peróxido de hidrogênio em sistema hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRn), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), entre os meses de novembro de 2017 e março de 2018.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3, com 5 repetições e 3 plantas úteis por repetição, cujos tratamentos consistiram da mistura entre água salobra (AS) e água de chuva (AC), resultando em 4 proporções: P1 = 10% AS + 90% AC; P2 = 20% AS + 80% AC; P3 = 30%AS + 70%AC; P4 = 40%AS + 60%AC) e três concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) [C1 = 0,0 (Controle); C2 = 7,5 μ M; C3 = 15 μ M], aplicados via foliar a cada 7 dias a partir dos 42 dias após a semeadura (DAS) até os 63 DAS (fase de floração), resultando em 12 tratamentos e 60 unidades experimentais.

A água salobra utilizada para o preparo da solução nutritiva foi proveniente do açude comunitário do Assentamento Vitória (latitude 7°20'47,49" S e longitude 36° 2'28,00" O), coletada após seis meses sem ocorrência de precipitação, com as seguintes características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,24), a CE (29,15 dS m⁻¹), o K (0,012 g L⁻¹), o Na (5,50 g L⁻¹), o Ca (0,41 g L⁻¹) e o Mg (1,2 g L⁻¹) e RAS de 30,74 (mmol L⁻¹)^{0,5}. Para viabilizar o uso desta água salobra, procedeu-se a sua diluição (LACERDA et al., 2010) em água de chuva (CE≈0) estabelecendo-se o nível de salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹ o qual, após a adição de mais água de chuva nas proporções preestabelecidas e solubilização dos fertilizantes (FURLANI et al., 1999) atingiram os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) conforme tabela 1.

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos

Proporções	CE _{sn} (dS m ⁻¹)*
P1= 10%AS + 90%AC	2,72
P2= 20%AS + 80%AC	3,02
P3= 30%AS + 70%AC	3,32
P4= 40%AS + 60%AC	3,62

*CE_{sn}: condutividade elétrica da solução nutritiva

As mudas de pimentão cv. All Big foram formadas em bandejas plásticas de 36 células, semeando-se 2 a 3 sementes por célula. O desbaste foi realizado aos 15 DAS deixando uma plântula por célula; as mudas foram irrigadas com água de chuva diariamente, pela manhã e à tarde, até os 30 DAS. Aos 31 DAS, as mudas foram transplantadas para copos plásticos descartáveis de 200 mL, perfurados nas laterais e no fundo, preenchidos com fibra de coco; foram inseridas nos tubos, conforme tratamentos previamente estabelecidos.

O sistema hidropônico adotado consistiu no uso de doze tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, em nível, com joelhos nas extremidades sendo que, em um deles, instalou-se uma torneira para saída de água, garantindo assim um nível de 0,04 m de solução ao longo do tubo; os copos com as mudas foram acondicionados em aberturas com diâmetro de 60 mm, espaçadas a 30 cm. Estes tubos foram alocados em uma estrutura vertical de madeira, com seis metros de comprimento, 1,4 m de largura e 1,8 de altura (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

A solução nutritiva foi acondicionada em reservatórios distintos conforme cada tratamento, sendo preparados volumes iniciais de 100 L. Diariamente e de forma manual adicionou-se 40 L de solução nutritiva duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 h) por tubo, conforme tratamentos, com vistas à recirculação dos nutrientes, sendo monitorado diariamente a CE_{sn} e o

pH_{sn}. A reposição da lâmina evapotranspirada no respectivo reservatório foi efetuada semanalmente, com a respectiva mistura de águas utilizada no preparo da solução nutritiva.

As variáveis foram analisadas aos 53, e 83 DAS, sendo: altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF). Na contagem do número de folhas consideraram-se as que estavam totalmente expandidas com comprimento mínimo de 3 cm. O DC (mm) foi mensurado no colo da planta a 2 cm. A AF foi mensurada pelo método não destrutivo, empregando a metodologia proposta por Swart et al. (2004), conforme a equação 1.

$$AF = [(0,61906 * C * L) + (0,206 * C^2) - (0,5142 * C)] \quad (1)$$

Em que,

AF= área foliar (cm²);

C = comprimento da folha (cm)

L= largura da folha (cm).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste 'F', em nível de p≤0,05 e p≤0,01 de probabilidade. No caso de significância, da interação entre os fatores ou dos fatores principais isoladamente, realizou-se teste de Tukey, utilizando-se o software para análises estatísticas-SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis biométricas das plantas de pimentão, altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF), foram influenciadas (p≤0,01) pela interação entre as proporções de água salobra (AS) e água de chuva (AC) x concentrações de H₂O₂, aos 53 e 83 dias após a semeadura (DAS) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo do teste 'F' para a altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do pimentão aos 53 e 83 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e água de chuva (P) e concentrações de H₂O₂ (C)

Fonte de Variação	Teste 'F'							
	AP (cm)		DC (cm)		NF		AF (cm ²)	
	53	83	53	83	53	83	53	83
Proporções (P)	**	ns	ns	**	**	**	**	**
Concentrações (C)	*	**	**	**	ns	ns	**	**
P x C	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	10,44	8,47	7,79	10,22	11,19	8,78	5,30	6,78

(**), (*); (ns) significativos a (p ≤ 0,01) e (p ≤ 0,05) e não significativo respectivamente

Quando se compara as concentrações de H₂O₂ dentro de cada proporção de mistura entre AS e AC, verifica-se maior altura de plantas (AP) aos 53 DAS nas plantas que receberam aplicação de 7,5 µM de H₂O₂, nas proporções 3 (15,94 cm) e 4 (16,78 cm), sendo superior ao tratamento controle (0,0 µM) respectivamente em, 15,37% e 34,68% (Tabela 3). Contudo, nas proporções 1 e 2 não foi constatada diferença significativa entre as concentrações de H₂O₂. Em relação a AP aos 83 DAS observa-se diferença significativa entre as concentrações de H₂O₂ em todas as proporções de AS e AC, em que, constata-se maior AP quando as plantas receberam aplicação de 15 µM (28,59 cm) para a proporção 2 (20%AS+80%AC) sendo superior ao tratamento controle em 15,36% (Tabela 3). Em se tratando das proporções 3 e 4, verifica-se incremento, respectivamente de 26,11% e 30,0%, quando se compara a concentração de 7,5 µM e o tratamento controle. Nesse sentido, nota-se que nas soluções nutritivas com maior condutividade elétrica (proporção 3: CE_{sn} = 3,32 dS m⁻¹ e proporção 4 : CE_{sn} = 3,62 dS m⁻¹) a concentração de 7,5 µM promoveu maior redução dos efeitos deletérios da salinidade, isso se justifica em virtude do H₂O₂ funcionar como molécula sinalizadora em plantas sob condições de estresse (PETROV & BREUSEGEM, 2012), e quando aplicado em baixas concentrações nas plantas induzem o sistema de defesa de enzimas antioxidativas, minimizando os efeitos deletérios da salinidade (CARVALHO et al., 2011). Silva et al. (2016) observaram redução da AP de milho com a aplicação de H₂O₂ a partir de 15 µM.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para altura de plantas (cm) do pimentão cv. All Big aos 53 e 83 dias após a semeadura – DAS

53 DAS				
H ₂ O ₂ (µM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	11,67 Abc	15,32 Aa	13,49 Bab	10,96 Cc
7,5	9,56 Ac	13,97 Ab	15,94 Aab	16,78 Aa
15,0	11,58 Ab	13,57 Aab	14,27 ABa	14,43 Ba
Média	10,94	14,29	14,57	14,06
83 DAS				
0,0	25,45 Aa	24,20 Ba	20,69 Bb	19,95 Bb
7,5	22,65 ABb	22,71 Bb	28,00 Aa	28,50 Aa
15,0	21,82 Bc	28,59 Aa	23,03 Bbc	26,07 Aab
Média	23,31	25,17	23,91	24,84

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Os resultados para diâmetro do caule (DC) podem ser observados na tabela 4. Constata-se aos 53 DAS, que a aplicação de H₂O₂ nas plantas de pimentão que foram cultivadas com a

solução nutritiva nas proporções 3 e 4, promoveu maior DC, tendo em média respectivamente, 4,42 e 4,51 mm, nas concentrações de 7,5 e 15 μM , o que conferiu incremento de 15,38% e 23,50% em relação as plantas que não receberam aplicação de H_2O_2 ; contudo, nas proporções 1 e 2 não foi observada diferença significativa entre as concentrações de H_2O_2 (Tabela 4). Furtado et al. (2017) observaram DC de 3,75 mm aos 60 DAS em plantas de pimentão cultivadas em solução nutritiva de 3,7 dS m^{-1} , valores próximos aos obtidos nesse experimento. Aos 83 DAS, verifica-se maior DC quando as plantas receberam aplicação de 7,5 μM de H_2O_2 nas proporções 1(9,87 mm), 3(6,95 mm) e 4(9,35mm), sendo superiores ao tratamento controle respectivamente em, 14,99%, 16,98% e 33,90% (Tabela 4). Nota-se, portanto que concentrações mais elevadas de H_2O_2 , aliadas ao estresse salino, provenientes das proporções 3 e 4, provocaram maior alongamento das plantas, porém, com menor diâmetro. Silva et al. (2019) avaliando a aplicação de H_2O_2 em gravioleira sob estresse salino, observaram que a aplicação de H_2O_2 na concentração de 50 μM associado à condutividade elétrica de 2,47 dS m^{-1} atenuou o efeito negativo causado pela salinidade da água de irrigação. Conforme Silva et al. (2016) aplicação de H_2O_2 acima de 15 μM acarreta toxicidade para as plantas de milho.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para diâmetro de caule (mm) do pimentão cv. All Big aos 53 e 83 dias após a semeadura – DAS

53 DAS				
H_2O_2 (μM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	3,83 Ab	4,73 Aa	3,74 Bb	3,45 Bb
7,5	4,15 Aab	3,97 Ab	4,28 Aab	4,65 Aa
15,0	4,16 Aa	4,01 Aa	4,55 Aa	4,37 Aa
Média	4,05	4,24	4,19	4,16
83 DAS				
0,0	8,39 Ba	7,28 Aab	5,77 Bc	6,18 Cb
7,5	9,87 Aa	6,89 Ab	6,95 ABb	9,35Aa
15,0	7,42 Ba	8,06 Aa	7,59 Aa	7,54 Ba
Média	8,56	7,41	6,77	7,69

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H_2O_2 pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Em relação ao número de folhas por planta (NF), observa-se com base no resultado do teste de comparação de médias, efeito significativo entre as concentrações de H_2O_2 aos 53 DAS apenas na proporção 4(40%AS + 60%AC), em que constata-se superioridade das plantas que receberam aplicação de H_2O_2 (12 folhas), com incremento de 22,03% em relação as plantas que não receberam aplicação de H_2O_2 (Tabela 5). Aos 83 DAS observa-se efeito significativo entre

as concentrações de H₂O₂ apenas na proporção 3(30%AS+70%AC) em que constata-se incremento do NF de 17,52% quando se compara a aplicação de 7,5 µM (27 folhas) e o tratamento controle (Tabela 5). Com base nesses resultados, pode-se inferir que o NF é a variável menos sensível ao estresse salino da solução nutritiva, tendo em vista os resultados positivos obtidos para AP e DC das plantas que tiveram aplicação de H₂O₂ (Tabelas 3 e 4). Silva et al. (2016) não observaram diferença significativa do NF de milho com o aumento da concentração de H₂O₂ aplicada. Contudo Silva et al. (2019) verificaram que a aplicação de H₂O₂ nas concentrações de 25 e 50 µM apresentam efeito benéfico sobre o NF da gravioleira aos 145 DAS, atenuando os efeitos deletérios da salinidade da água.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para número de folhas do pimentão cv. All Big aos 53 e 83 dias após a semeadura – DAS

53 DAS				
H ₂ O ₂ (µM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	9,40 Aa	11,00 Aa	10,60 Aa	9,20 Ba
7,5	8,60 Ab	10,20 Ab	10,00 Ab	12,20 Aa
15,0	10,20 Aa	10,00 Aa	11,40 Aa	11,40 Aa
Média	9,40	10,40	10,67	10,93
83 DAS				
0,0	25,20 ABa	24,80 Aa	22,60 Bab	21,00 Ab
7,5	24,00 Bab	24,60 Aab	27,40 Aa	21,20 Ab
15,0	27,40 Aa	22,80 Ab	20,80 Bb	23,80 Ab
Média	25,53	24,07	23,60	22,00

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Em relação a área foliar (AF), observa-se aos 53 DAS efeito significativo das concentrações de H₂O₂ para todas as proporções entre AS e AC, em que verifica-se superioridade da concentração de 15 µM nas proporções 1 (447,55 cm²) e 3 (622,73 cm²), sendo respectivamente de 37,93% e 25,68% quando comparada ao tratamento controle (Tabela 6). Constata-se ainda para o tratamento 4, não haver diferença significativa entre as concentrações de H₂O₂, contudo foram superiores em 54,51% em relação ao tratamento controle (0,0 µM), com média de 516,71 cm² de AF. Aos 83 DAS observa-se tendência semelhante, em que se verifica incremento da AF com a aplicação de H₂O₂ (Tabela 6). Quando as plantas foram cultivadas com a solução nutritiva na proporção 1(10% AS + 90% AC) constata-se incremento de 18,40% na AF das plantas que receberam aplicação de 15 µM (2.151,39 cm²) em relação aquelas que não receberam aplicação de H₂O₂. Para a proporção 2(20%AS + 80%AC), observa-

se não haver diferença significativa entre as concentrações de H₂O₂, contudo estas foram superiores ao tratamento controle na ordem de 28,02% com média de 2454,29 cm² de AF. Gondim et al. (2011) observaram incremento de 120% na área foliar de milho quando as plantas foram tratadas com 0,0001 μM de H₂O₂ em condições de salinidade.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre os tratamentos para área foliar (cm²) do pimentão cv. All Big aos 53 e 83 dias após a semeadura – DAS

53 DAS				
H ₂ O ₂ (μM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	277,81 Cb	479,08 Aa	462,80 Ba	235,05 Bc
7,5	342,52 Bd	474,12 Ab	413,50 Cc	515,05 Aa
15,0	447,55 Ac	427,74 Bc	622,73 Aa	518,37 Ab
Média	355,96	460,31	499,68	422,82
83 DAS				
0,0	1755,51 Ba	1766,71 Ba	1291,61 Bb	968,67 Cc
7,5	1755,71 Bc	2439,45 Aa	2234,91 Ab	1633,13 Ac
15,0	2151,39 Ab	2469,13 Aa	1198,24 Bc	1246,82 Bc
Média	1887,54	2225,10	1574,92	1282,88

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Para as proporções 3 (2.234,91 cm²) e 4 (1.633,13 cm²), constata-se superioridade respectivamente de 42,21% e 40,69% na AF das plantas tratadas com a concentração de 7,5 μM quando comparadas ao tratamento controle. Com base nesses resultados para as variáveis biométricas do pimentão, acredita-se que a aplicação de concentrações elevadas de H₂O₂ não auxiliam na aclimação de plantas de pimentão em condições de estresse salino, o que pode ser observado nas proporções 3 (CE_{sn} = 3,32 dS m⁻¹) e 4 (CE_{sn} = 3,62 dS m⁻¹), as quais são consideradas elevadas para o cultivo do pimentão conforme Furlani et al. (1999). De acordo com Nunes et al. (2013) salinidade da solução nutritiva acima de 1,2 dS m⁻¹ reduz a área foliar do pimentão cultivada em substrato de fibra de coco, verificando valores médios de 1937,67 cm² com aplicação de solução nutritiva de 3,49 dS m⁻¹ em experimento com cv. margarita. Segundo Baxter et al. (2014) o efeito benéfico do H₂O₂ em baixas concentrações, pode estar associado ao seu papel de molécula sinalizadora, regulando diversas vias, incluído respostas ao estresse salino. Conforme Silva et al. (2016) a utilização de concentração de H₂O₂ a partir de 15 μM intensifica os efeitos deletérios da salinidade em condições de maior estresse salino, promovendo redução mais drástica no crescimento de milho, observando menores valores em relação às plantas não tratadas com H₂O₂.

CONCLUSÕES

A variação da salinidade da solução nutritiva, decorrente das proporções entre água salina e água de chuva, promoveu reduções das variáveis biométricas do pimentão, altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF).

A aplicação de H₂O₂ promove aclimação de plantas de pimentão à salinidade da solução nutritiva.

O número de folhas é a variável menos sensível ao estresse salino da solução nutritiva, quando compara as demais variáveis biométricas das plantas que tiveram aplicação de H₂O₂.

Em condições de salinidade da solução nutritiva acima de 3,32 dS m⁻¹ (70%AS + 30%AC) a aplicação de 7,5 µM de H₂O₂ promove aclimação de plantas de pimentão, contudo, a concentração de 15 µM intensificou os efeitos deletérios da salinidade da solução nutritiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALADOS, C. L.; PUIGDEFÁBREGAS, J.; MARTINEZ-FERNANDEZ, J. Ecological and socio-economical thresholds of land and plant-community degradation in semiarid Mediterranean areas of southeastern Spain. *Journal of Arid Environments*, v.75, n. 12, p.1368-1376, 2011.
- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; NETO, M. C. L.; SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.416–423, 2011.
- 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.
- COSME, C. R.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; OLIVEIRA, E.M.M.; SOUSA NETO, O.N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental*, v.15, n.5, p.499–504, 2011.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

- FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e 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: IAC, 1999. 52 p.
- FURTADO, G.F.; CAVALCANTE, A.R.; CHAVES, L.H.G.; SANTOS JUNIOR, J.A.; GHEYI, H.R. Growth and production of hydroponic pepper under salt stress and plant density. *American Journal of Plant Science*, v.8, p.2255-2267, 2017.
- GENHUA, N.; RAUL, C. Growth and physiological responses of landscape plants to saline water irrigation: A Review. *Hortscience*, v.45, n.11, p.1065-1609, 2010.
- GONDIM, F.A.; GOMES-FILHO, E.; MARQUES, E.C.; PRISCO, J.T. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Ciência Agronômica*, v.42, n.2, p.373-381, 2011.
- LACERDA, C.F.; COSTA, R.N.T.; BEZERRA, M.A.; GHEYI, H.R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 303-317.
- LACERDA, F.H.D. Peróxido de hidrogênio como amenizador da suscetibilidade do milho verde ao estresse salino. Pombal: UFCG, 2015. 40p. Dissertação Mestrado.
- NUNES, R.L.C.; DIAS, N.S.; MOURA, K.K.C.F.; SOUZA NETO, O.N.; COSTA, J.M. Efeitos da salinidade da solução nutritiva na produção de pimentão cultivado em substrato de fibra de coco. *Revista Caatinga*, v.26, n.4, p.48-53, 2013.
- 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, 2012.
- PETROV, V. D.; BREUSEGEM, F. V. Hydrogen peroxide: a central hub for information flow in plant cell. *AoB Plants*. v.2012, p.1-13, 2012.
- 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. *Revista Engenharia Agrícola*, v.36, n.3, p.420-432, 2016.

- SILVA, E.M.; LACERDA, F.H.D.; MEDEIROS, A.S.; SOUZA, L.P.; PEREIRA, F.H.F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.11, n.3, p.01-07, 2016.
- SILVA, A.A.R.; LIMA, G.S.; VELOSO, L.L.S.A.; AZEVEDO, C.A.V.; GHEYI, H.R.; FERNADES, P.D.; SILVA, L.A. Hydrogen peroxide on acclimation of soursop seedlings under irrigation water salinity. Semina: Ciências Agrárias, v.40, n.4, p.1441-1454, 2019.
- SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. Proporção 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.
- SWART, E.A.M., GROENWOLD, R., KANNE, H.J., STAM, P., MARCELIS, L.F.M.; VOORRIPS, R.E. Non-Destructive Estimation of Leaf Area for Different Plant Ages Andaccessions of *Capsicum annuum* L. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, v.79, n.5, p.764-770, 2004.
- VAIDYANATHAN, H.; SIVAKUMAR, P.; CHAKRABARTY, R.; THOMAS, G. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl- stressed rice (*Oryza sativa* L.) – differential response in salt-tolerant and sensitive varieties. Plant Science, v.165, n.6, p.1411-1418, 2003.
- VEERANAGAMALLAIAH, G.; CHANDRAOBULREDDYA, P.; JYOTHSNAKUMARIA, G.; SUDHAKAR, C. Glutamine synthetase expression and pyrroline-5-carboxylate reductase activity influence proline accumulation in two cultivars of foxtail millet (*Setaria italica* L.) with differential salt sensitivity. Environmental and Experimental Botany, v.60, n.2, p.239-244, 2007.

Capítulo IV

Subitem IV.5

**Trocas gasosas do pimentão sob diferentes misturas de águas e concentrações de H_2O_2
em sistema hidropônico**

*Gas exchanges of pepper under different water mixtures and H_2O_2 concentrations in the
hydroponic system*

Trocas gasosas do pimentão sob diferentes misturas de águas e concentrações de H₂O₂ em sistema hidropônico

RESUMO: Os recursos hídricos da região semiárida do Nordeste brasileiro comumente possuem elevadas concentrações de sais, comprometendo a qualidade da água para agricultura. Frente a estes problemas a adoção de estratégias para mitigação desses efeitos negativos torna-se fundamental para manutenção dos sistemas produtivos. Dessa forma, objetivou-se avaliar as trocas gasosas do pimentão hidropônico sob diferentes proporções de águas (salobra e de chuva) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), em experimento desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 12 tratamentos, em esquema fatorial 4 x 3, com 5 repetições, consistindo de quatro proporções entre água salobra e água de chuva (10%/90%; 20%/80%; 30%/70%; 40%/60%) e três concentrações de H₂O₂ [0,0 (Controle); 7,5 µM; 15 µM. A aplicação de 15,0 µM de H₂O₂ em plantas de pimentão cultivadas com solução nutritiva nas proporções (30%/70%) e (40%/60%) entre água salobra e água de chuva promoveu incremento da fotossíntese aos 24 dias após a semeadura enquanto, aos 61 dias incrementa o estresse. Aos 61 dias após a semeadura os maiores valores de *g_s* e *E* do pimentão cultivado com solução nutritiva de condutividade elétrica igual a 2,72 dS m⁻¹ (10%/90%) foram obtidos com a aplicação de 15,0 µM de H₂O₂.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L., estresse salino, fotossíntese, peróxido de hidrogênio

Gas exchanges of pepper under different water mixtures and H₂O₂ concentrations in the hydroponic system

ABSTRACT: Water resources in the semiarid region of northeastern Brazil commonly have high salt concentrations, compromising water quality for agriculture. Faced with these problems, the adoption of strategies to mitigate these negative effects becomes fundamental for the maintenance of production systems. Thus, the objective was to evaluate the gas exchange of hydroponic pepper under different proportions of water (brackish and rain) and exogenous application of hydrogen peroxide (H₂O₂), in experiment developed in a protected environment belonging to the Academic Unit of Agricultural Engineering (CTRN/UFCEG), in a completely randomized experimental design, with 12 treatments, in a 4 x 3 factorial scheme, with 5

replications, consisting of four proportions between saline water (SW) and rainwater (RW) (P1 = 10% SW + 90% RW; P2 = 20% SW + 80% RW, P3 = 30% SW + 70% RW, P4 = 40% SW + 60% RW) and three concentrations of H₂O₂ [C1 = 0.0 (Control); C2 = 7.5 µM; C3 = 15 µM]. The application of 15.0 µM H₂O₂ in pepper plants cultivated with nutrient solution in the proportions (30% / 70%) and (40% / 60%) between brackish water and rainwater promoted photosynthesis increase 24 days after sowing while at 61 days increases stress. At 61 days after sowing the highest *g_s* and *E* values of pepper cultivated with 2.72 dS m⁻¹ (10% / 90%) nutritive solution of electric conductivity were obtained by applying 15.0 µM H₂O₂.

Keywords: *Capsicum annuum* L., hydrogen peroxide, photosynthesis, saline stress

INTRODUÇÃO

A crescente demanda alimentícia no mundo, em função do crescimento populacional, tem promovido grandes desafios a agricultura mundial que enfrenta grave problema com a escassez de recursos hídricos em aspectos quantitativos e qualitativos. Este problema é agravado nas regiões áridas e semiáridas, a exemplo da região Nordeste do Brasil, as quais comumente apresentam elevadas concentrações. Conforme Genhua & Raul (2010) e Alados et al. (2011) a qualidade da água disponível nessa região, apresenta alto índice de salinidade, podendo variar de 0,1 a 5,0 dS m⁻¹. Contudo, Holanda et al. (2010) citam que o manejo racional e adequado dessas águas pode viabilizar seu uso.

Diante disso, muitas pesquisas (PAULUS et al., 2010; PAULUS et al., 2012; CAVALCANTE et al., 2019) têm sido realizadas para investigar meios que viabilizem o uso destas águas salobras na produção agrícola, não somente para otimização dos recursos hídricos disponíveis, que são limitados, mas também como meio de preservação ambiental principalmente em sistemas hidropônicos. Conforme Guimarães et al. (2017) a tolerância à salinidade das plantas cultivadas em sistema hidropônico é maior em relação ao plantio no solo, pois neste tipo de cultivo o potencial mátrico é desprezível o que facilita a absorção de água pelas plantas.

Nestas condições estressantes as trocas gasosas são afetadas negativamente devido à menor absorção de CO₂ da atmosfera e, conseqüente redução da fotossíntese (BEZERRA et al., 2018). Além disso, quando as plantas são cultivadas sob elevadas salinidades ocorre produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), podendo caracterizar o estresse oxidativo.

Contudo, as espécies reativas também desempenham papel de sinalização celular em condições de estresse, favorecendo o processo de aclimatação, o qual se constitui em uma alternativa para aumentar a capacidade de sobrevivência das plantas a condições adversas. A aclimatação refere-se ao processo, no qual um indivíduo é exposto previamente a um determinado estresse, favorecendo a mudanças metabólicas que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse. Quando essa exposição prévia é feita com um estresse diferente do segundo (estresse definitivo), diz-se que essa aclimatação induziu uma tolerância cruzada (NEILL et al., 2002).

Dentre os processos de aclimatação ao estresse salino, o pré-tratamento das plantas com pequenas quantidades de H_2O_2 tem se mostrado promissor (GONDIM et al., 2011). Andrade (2013) menciona que o H_2O_2 é a molécula mais apropriada para a função de aclimatação, devido ao maior tempo de meia-vida, à maior estabilidade e à capacidade de difundir-se livremente através das membranas celulares. Diversas pesquisas têm comprovado o efeito benéfico do pré-tratamento de H_2O_2 em baixas concentrações na indução à tolerância de diversas espécies de plantas ao estresse salino, protegendo as plantas de danos oxidativos. Gondim et al. (2011) e Silva et al. (2016), trabalhando com milho, verificaram aclimatação das plantas ao estresse salino, revertendo parcialmente os efeitos deletérios da salinidade no seu crescimento. Silva et al. (2018), verificaram que a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em maracujazeiro, atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação.

Nesse sentido, o cultivo hidropônico, surge como alternativa que permite otimizar e viabilizar o uso dos recursos hídricos disponíveis na região, possibilitando o uso de água de salinidade mais elevada. Aliados a isso, a mistura de águas, pode mitigar o efeito deletério da salinidade (SOARES et al., 2010) e, inclusive, viabilizar o uso de águas salobras, aliados ao uso de peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

Diante disso, objetivou-se avaliar as trocas gasosas de pimentão cultivadas em sistema hidropônico sob diferentes proporções de misturas de águas (salobra e chuva) e aplicação exógena de H_2O_2 .

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG, entre os meses de novembro de 2017 e março de 2018.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3, com 5 repetições e 3 plantas úteis por repetição, em que os tratamentos consistiram da mistura entre água salobra (AS) e água de chuva (AC), resultando em 4 proporções: P1 = 10% AS + 90% AC; P2 = 20% AS + 80% AC; P3 = 30%AS + 70%AC; P4 = 40%AS + 60%AC) e três concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) [C1= 0,0 (controle); C2 = 7,5 µM e C3 = 15 µM], aplicados via foliar a cada 7 dias a partir dos 42 dias após a semeadura (DAS) até os 63 DAS (fase de floração), resultando em 12 tratamentos e 60 unidades experimentais. As soluções de H₂O₂ foram preparadas a partir de uma solução a 1mmol L⁻¹ de H₂O₂, com base no peso molecular, até atingir as concentrações desejadas, utilizando-se para diluição água deionizada.

A água salobra utilizada para o preparo da solução nutritiva foi proveniente do açude comunitário do Assentamento Vitória (latitude 7°20'47,49" S e longitude 36° 2'28,00" O), coletada após seis meses sem ocorrência de precipitação, com as seguintes características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,24), a CE (29,15 dS m⁻¹), o K (0,012 g L⁻¹), o Na (5,50 g L⁻¹), o Ca (0,41 g L⁻¹) e o Mg (1,2 g L⁻¹) e RAS de 30,74 (mmol L⁻¹)^{0,5}. Para viabilizar o uso desta água salobra, procedeu-se a sua diluição (LACERDA et al., 2010) em água de chuva (CE≈0) estabelecendo-se o nível de salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹ o qual, após a adição de mais água de chuva nas proporções preestabelecidas e solubilização dos fertilizantes (FURLANI et al., 1999) atingiram os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) conforme tabela 1.

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos

Proporções	CE _{sn} * (dS m ⁻¹)
P1= 10%AS + 90%AC	2,72
P2= 20%AS + 80%AC	3,02
P3= 30%AS + 70%AC	3,32
P4= 40%AS + 60%AC	3,62

*CE_{sn}: condutividade elétrica da solução nutritiva

As mudas de pimentão cv. All Big foram formadas em bandejas plásticas de 36 células, semeando-se 2 a 3 sementes por célula. O desbaste foi realizado aos 15 DAS deixando uma plântula por célula; as mudas foram irrigadas com água de chuva diariamente, pela manhã e à tarde, até os 30 DAS. Aos 31 DAS, as mudas foram transplantadas para copos plásticos

descartáveis de 200 mL, perfurados nas laterais e no fundo, preenchidos com fibra de coco; foram inseridas nos tubos, conforme tratamentos previamente estabelecidos.

O sistema hidropônico adotado consistiu no uso de doze tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, em nível, com joelhos nas extremidades sendo que, em um deles, instalou-se uma torneira para saída de água, garantindo assim um nível de 0,04 m de solução ao longo do tubo, em tempo, os copos com as mudas foram acondicionados em aberturas com diâmetro de 60 mm, espaçadas a 30 cm. Estes tubos foram alocados em uma estrutura vertical de madeira, com seis metros de comprimento, 1,4 m de largura e 1,8 de altura (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

A solução nutritiva foi acondicionada em reservatórios distintos conforme cada tratamento, sendo preparados volumes iniciais de 100 L. Diariamente e de forma manual adicionou-se 40 L de solução nutritiva duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 h) por tubo, conforme tratamentos, com vistas à recirculação dos nutrientes, tendo sido monitorado diariamente a CEs_n e o pH_s. A reposição da lâmina evapotranspirada no respectivo reservatório foi efetuada semanalmente, com a respectiva mistura de águas utilizada no preparo da solução nutritiva.

As avaliações foram realizadas aos 24 e 61 DAS, correspondentes, respectivamente as fases, vegetativa e floração, sendo elas: condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 – fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a eficiência instantânea no uso da água ($EUA-A/E$) calculada relacionando-a taxa de assimilação de CO_2 com a transpiração [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})/(\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$], e a eficiência instantânea de carboxilação (EIC_i-A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})/(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$] a partir da relação entre a taxa de assimilação de CO_2 e a concentração interna de CO_2 , mensuradas na terceira folha contada a partir do ápice da planta com auxílio analisador de gás infravermelho IRGA (ACD, modelo LCPro SD, Hoddesdon, UK) com fluxo de ar de 300 mL min^{-1} e fonte de luz de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste ‘F’, em nível de $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ de probabilidade. No caso de significância, da interação entre os fatores ou dos fatores principais isoladamente, realizou-se teste de Tukey, utilizando-se o software para análises estatísticas-SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As interação entre os fatores, proporções de água salobra com água de chuva (P) x concentrações de H_2O_2 nas unidades experimentais exerceu efeito significativo ($p \leq 0,01$) em

todos variáveis fisiológicas do pimentão aos 24 e 61 dias após a semeadura (DAS) conforme teste 'F' (Tabela 2), condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de carbono (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a eficiência instantânea no uso da água ($EUA-A/E$) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$], e a eficiência instantânea de carboxilação ($EIC-A/Ci$) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$].

Tabela 2. Resumo do teste 'F' para condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de carbono (Ci), taxa de assimilação de CO_2 (A), eficiência instantânea no uso da água (EUA) e eficiência instantânea da carboxilação ($EICI$) aos 24, e 61 dias após a semeadura do pimentão (DAS)

24 DAS						
Fonte de Variação	Teste 'F'					
	gs	E	Ci	A	EUA	$EICI$
Proporções (P)	**	**	**	**	**	**
Peróxido de hidrogênio (H_2O_2)	ns	*	**	**	**	**
C x H_2O_2	**	**	**	**	**	**
CV (%)	8,63	4,80	8,63	7,66	9,09	10,12
61 DAS						
Fonte de Variação	Teste 'F'					
	gs	E	Ci	A	EUA	$EICI$
Proporções (P)	**	**	**	**	ns	**
Peróxido de hidrogênio (H_2O_2)	**	**	**	**	**	**
C x H_2O_2	**	**	**	**	**	**
CV (%)	16,02	9,20	6,18	11,86	12,42	12,90

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente.

Conforme o teste de comparação de médias observa-se que o aumento da proporção de água salobra com consequente aumento da CE_{sn} da solução nutritiva promoveu, de forma geral, redução da gs em ambos períodos avaliados, entretanto essa redução foi mais pronunciada aos 61 DAS (Tabela 3), possivelmente como reflexo do tempo de exposição das plantas ao estresse.

Na avaliação realizada aos 24 DAS a maior gs foi observada nas plantas cultivadas na solução nutritiva com a proporção 1 (10%AS+90%AC) e sem aplicação de H_2O_2 (Controle), tendo em média $0,29 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, (Tabela 3). Ao se comparar as concentrações de H_2O_2 dentro de cada proporção percebe-se conforme teste de médias, que na proporção 2 (20%AS+80%AC) não houve diferença significativa na gs das plantas submetidas a 0,0 e 7,5 μM de H_2O_2 , entretanto naquelas plantas cultivadas nas proporções 3 e 4 (30%/70% e 40%/60

% de AS/AC respectivamente) constata-se que os maiores valores de g_s foram obtidos nas plantas que receberam aplicação de H_2O_2 em comparação com o tratamento controle.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para condutância estomática – g_s (mol de H_2O $m^{-2} s^{-1}$), de plantas de pimentão cv. All Big aos 24, e 61 dias após a semeadura – DAS

24 DAS				
H ₂ O ₂ (μM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	0,29 Aa	0,23 Bb	0,16 Bc	0,08 Cd
7,5	0,19 Cb	0,23 Ba	0,20 Aab	0,12 Bc
15,0	0,22 Ba	0,20 Aa	0,17 Bb	0,17 Ab
Média	0,23	0,22	0,17	0,12
61 DAS				
0,0	0,06 Bab	0,06 ABab	0,07 Ab	0,06 Ab
7,5	0,06 Ba	0,07 Aa	0,05 Bb	0,03 Bb
15,0	0,08 Aa	0,05 Bb	0,04 Bb	0,05 Ab
Média	0,07	0,06	0,05	0,05

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H_2O_2 pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observa-se ainda, conforme teste de médias que a aplicação de H_2O_2 na concentração de 15,0 μM promoveu a maior g_s nas plantas cultivadas na proporção 1 (10%AS + 90%AC) aos 61 DAS, sendo esta 33,0% superior às médias observadas nas plantas que não receberam aplicação de H_2O_2 . Pode-se notar ainda que nas plantas cultivadas com a solução na proporção 3 (30%AS + 70%AC) a maior g_s foi constatada nas plantas isentas de H_2O_2 entretanto, sob as proporções 2 (20%AS + 80%AC) e 4 (40%AS + 60%SC) as plantas tratadas com a maior concentração de H_2O_2 não diferiram estatisticamente das plantas submetidas ao tratamento controle.

A pré-exposição de plantas a estresses moderados ou a metabólitos sinalizadores tais como o H_2O_2 , pode resultar numa sinalização metabólica na célula (aumento metabólitos e/ou enzimas antioxidativas) e, portanto, resultar em um melhor desempenho fisiológico, quando a planta é exposta a condições de estresse mais severo (FORMAN et al., 2010; CARVALHO et al., 2011). Caralho et al. (2011) ao induzirem a aclimação do arroz ao estresse salino mediante a aplicação exógena de H_2O_2 constataram que as plantas tratadas com 10 μM de H_2O_2 e em seguida submetidas ao estresse salino, também apresentaram condutância estomática superior ao registrado para as plantas expostas isoladamente ao estresse.

A transpiração (*E*) das plantas de pimentão apresentaram tendência semelhante à condutância estomática em ambos períodos estudados (Tabela 4). Aos 24 DAS observa-se que a maior taxa transpiratória foi obtida nas plantas controles irrigados com a proporção 1. De acordo com o teste de médias, a transpiração das plantas controle não diferiu significativamente ($p \leq 0,01$) das plantas aclimatadas com 15,0 μM de H_2O_2 nas proporções 2 e 3 sendo que quando as plantas foram irrigadas com a solução nutritiva de 3,62 dS m^{-1} (proporção 4) o tratamento com 7,5 e 15,0 μM de H_2O_2 apresentaram, respectivamente, transpiração 24,91 e 48,24% superior aquelas observadas no pimentão isento de peróxido.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para transpiração – *E* ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de pimentão cv. All Big aos 24 e 61 dias após a semeadura – DAS

24 DAS				
H_2O_2 (μM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	3,13 Aa	2,75 Ab	2,32 Bc	1,36 Cd
7,5	2,39 Bb	2,70 Aa	2,59 Aa	1,81 Bc
15,0	2,38 Bb	2,52 Bab	2,34 Bb	2,62 Aa
Média	2,63	2,65	2,41	1,93
61 DAS				
0,0	0,82 Bc	1,05 Bb	1,33 Aa	1,03 Ab
7,5	0,93 Bb	1,28 Aa	0,90 Bb	0,72 Bc
15,0	1,38 Aa	1,03 Bb	1,01 Bb	0,90 Ab
Média	1,04	1,12	1,08	0,88

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas, não diferem estatisticamente entre as concentrações de H_2O_2 pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Quando analisamos a *E* do pimentão aos 61 DAS observa-se tendência semelhante ao constatado para a *gs* no mesmo período de avaliação, em que a maior concentração de H_2O_2 (15,0 μM) promoveu a maior taxa transpiratória nas plantas cultivadas com a solução de menor nível salino (proporção 1 - 2,72 dS m^{-1}) e que esta concentração, não difere estatisticamente pelo teste de médias das plantas que não receberam aplicação de H_2O_2 quando cultivadas com as soluções de 3,02 dS m^{-1} (20%/80%) e 3,62 dS m^{-1} (40%AS/60%ED) (Tabela 4). Isto implica dizer que, com o aumento no período de exposição ao estresse, o efeito da aplicação exógena de H_2O_2 torna-se mais evidente, enquanto que a curto prazo ou sob menor intensidade de estresse, esta concentração não apresenta efeito mitigador do estresse sob a cultura em questão.

Estas diferentes respostas do pimentão à aplicação de H_2O_2 pode estar relacionada ao fato deste consistir-se numa espécie reativa de oxigênio capaz de oxidar lipídios de membranas

e desnaturar proteínas (SILVA et al., 2016) quando a planta não produzir enzimas antioxidantes suficientes para evitar comprometimento de suas células dada as funções desnaturantes do peróxido. Contudo, Mittler (2002) ressalta que, a pulverização foliar com H₂O₂ em adequadas concentrações funciona como um importante sinalizador intracelular para a ativação de respostas ao estresse e de vias de defesas do vegetal, promovendo a tolerância cruzada.

Conforme dados contidos tabela 5, verifica-se com base no teste de comparação de médias entre as concentrações de H₂O₂, que a maior concentração interna de CO₂ foi observada nas plantas que receberam aplicação de 15,0 µM, quando foram cultivadas com solução nutritiva na proporção 1. Ao analisar a proporção 2 percebe-se não haver diferença significativa entre as concentrações de H₂O₂, tendo em média uma Ci de 230,76 µmol m⁻² s⁻¹. Nas proporções 3 e 4, entretanto, verifica-se redução da Ci, respectivamente de 24,26% e 39,75% quando comparamos as plantas que receberam aplicação 15,0 µM e às que não foram tratadas com H₂O₂ (Tabela 5). Esse resultado nos permite inferir que a aplicação exógena 15,0 µM de peróxido de hidrogênio nas plantas de pimentão cv. All Big submetidas às elevadas salinidades das proporções 3 e 4 (3,32 e 3,62 dS m⁻¹ respectivamente), promove redução na Ci aos 24 DAS possivelmente por contribuir com o metabolismo deste elemento. Conforme Melo et al. (2017) a redução da Ci sob condições de salinidade, assim como neste estudo, não reflete reduções na metabolização do carbono, mas sim restrições estomáticas, haja vista as reduções observadas na *gs* (Tabela 3) pelo aumento dos níveis da CE_{sn}.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para concentração interna de CO₂ – Ci (µmol m⁻² s⁻¹), de plantas de pimentão cv. All Big aos 24 e 61 dias após a semeadura – DAS

24 DAS				
H ₂ O ₂ (µM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	246,00 Bb	226,15 Ab	253,72 Ab	302,83 Aa
7,5	277,50 Ba	239,40 Ab	232,80 Ab	313,25 Aa
15,0	337,44 Aa	226,74 Ab	152,85 Bc	229,34 Bb
Média	286,98	230,76	213,12	281,81
61 DAS				
0,0	221,68 Aa	155,25 Bb	172,69 Ab	159,32 Ab
7,5	226,75 Aa	182,24 Ab	148,51 Bc	158,50 Ac
15,0	221,50 Aa	165,36 Bb	133,75 Bc	154,94 Ab
Média	223,31	167,62	151,65	157,59

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas, não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

O aumento da salinidade da solução nutritiva, decorrente das proporções entre AS e AC, promoveu redução na concentração interna de CO₂ das plantas de pimentão aos 61 DAS (Tabela 5). Com base no teste de comparação de médias observa-se que apenas nas plantas cultivadas com as proporções 2 (20%AS + 80%AC) e 3 (30%AS + 70%AC) se constatou diferença estatística ($p \leq 0,01$) entre as concentrações de H₂O₂. Nas plantas submetidas a proporção 2 a concentração de 7,5 µM promoveu a maior Ci (182,24 µmol m⁻² s⁻¹), enquanto que o tratamento controle (0,0 µM de H₂O₂) não diferiram da maior concentração. Analisando a Ci das plantas cultivadas com 3,32 dS m⁻¹ (proporção 3) percebe-se que o aumento da concentração de H₂O₂ aplicado nas folhas do pimentão de 0,0 para 15,0 µM promoveu decréscimo de 22,54% da Ci (Tabela 5).

O decréscimo na Ci de plantas submetidas ao pré-tratamento com peróxido implica dizer que este sinalizador atuou de forma benéfica no metabolismo do carbono fixado pelas plantas de pimentão. Em trabalho desenvolvido por Gondim et al. (2011) foi constatado que a pulverização foliar de H₂O₂ em plantas de milho submetidas ao estresse salino promoveu incremento nos teores de carboidratos solúveis os quais, de acordo com Weidlich et al. (2010) utilizam a maior parte do carbono fixado na fotossíntese para sua formação e fornecem energia para a respiração e esqueletos de carbono para síntese de outras moléculas.

Ao analisar o desdobramento da interação entre as proporções de AS + AC e as concentrações de H₂O₂ para taxa de assimilação de CO₂ (A) aos 24 DAS nota-se que, de acordo com o teste de comparação de médias, o fornecimento de H₂O₂ as plantas irrigadas com os menores salinidades referentes às proporções 1 e 2 (2,72 e 3,02 dS m⁻¹ respectivamente) promoveu redução da A, ao passo que nas plantas cultivadas com solução nutritiva de 3,32 (proporção 3) e 3,62 dS m⁻¹ (proporção 4) o fornecimento de 15,0 µM de peróxido promoveu, respectivamente, acréscimos de 29,81% e 45,75%, na fotossíntese em relação ao tratamento controle (Tabela 6). Estes resultados estão em consonância com o observado para Ci no mesmo período de estudo (Tabela 5), em que, constata-se redução da concentração de carbono com a aplicação de 15,0 µM sob maior salinidade reforçando a ideia de que nessas condições estressantes esta concentração promoveu benefícios aos metabolismo do carbono não só por promover possíveis acréscimos na síntese de carboidratos anteriormente citados (GONDIM et al., 2011) mas também por favorecer ao processo fotossintéticos, como constatado neste estudo. Tem sido relatado que o tratamento exógeno de H₂O₂ aumentou o A em plantas de pepino (SUN et al., 2016) e de soja (ISHIBASHI et al., 2011).

Tabela 6. Desdobramento da interação entre os tratamentos para taxa de assimilação de CO₂ - A ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) de plantas de pimentão cv. All Big aos 24 e 61 dias após a semeadura – DAS

24 DAS				
H ₂ O ₂ (μM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	17,71 Aa	17,12 Aa	11,26 Cb	9,50 Bc
7,5	10,38 Bb	13,45 Ba	14,21 Ba	9,56 Bb
15,0	7,79 Cc	14,44 Bb	17,51 Aa	16,05 Aab
Média	11,96	15,00	13,84	12,19
61 DAS				
0,0	6,17 Bb	8,26 Aa	8,49 Aa	6,82 Ab
7,5	6,06 Bbc	7,11 ABab	7,76 Aa	4,75 Bc
15,0	7,96 Aa	6,89 Bab	5,94 Bbc	5,38 Bc
Média	6,73	7,42	7,40	5,65

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas, não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Com base no teste de médias nota-se que aos 61 DAS as plantas que não receberam aplicação de H₂O₂ tiveram a menor taxa fotossintética quando foram cultivadas com a proporção 1 (10% AS + 90% AC) e que esta não diferiu da concentração 7,5 μM . Com o aumento da salinidade da solução nutritiva nas proporções 2, 3 e 4 (3,02; 3,32 e 3,62 dS m^{-1} , respectivamente) percebe-se que a aplicação de 15,0 μM promoveu as menores taxas fotossintéticas (Tabela 6). Não se constatou ainda diferença estatística entre as concentrações 0,0 e 7,5 μM de H₂O₂ nas plantas cultivadas com solução nutritiva nas proporções 2 ($\text{CE}_{\text{sn}} = 3,02 \text{ dS m}^{-1}$) e 3 ($\text{CE}_{\text{sn}} = 3,32 \text{ dS m}^{-1}$), indicando que a longo prazo o fornecimento de altas concentrações de peróxido pode limitar a eficiência fotossintética do pimentão.

A redução da taxa fotossintética do pimentão submetido ao estresse salino bem como à maior concentração de H₂O₂ ocorre devido ao aumento da temperatura foliar comum em espécies estressadas que, de acordo com Araújo & Deminicis, (2009) provoca dissociação do complexo proteína-pigmentos da antena do núcleo central do aparato coletor de luz do PSII que ocorre como consequência da reação entre O²⁻ e peróxido de hidrogênio (H₂O₂), o ultimo advindo da aplicação exógena neste caso, que causam inativação de enzimas, descoloração de pigmentos. Entretanto para Gill & Tuteja (2010) estes efeitos deletérios dependem da intensidade do estresse, bem como da capacidade do sistema antioxidante da planta em degradar o H₂O₂. Dessa forma a redução da gs com consequente limitação da E constatadas neste estudo (Tabelas 3 e 4, respectivamente) seriam os responsáveis por este aumento da temperatura foliar pois Silva et al. (2015) afirmam que a transpiração é o principal mecanismo envolvido na

regulação da temperatura foliar e a redução na abertura dos estômatos diminui *E* foliar aumentando a temperatura da folha, por conta da redução da dissipação do calor latente.

Aos 24 DAS as plantas de pimentão apresentaram aumento da eficiência instantânea no uso da água (EUA) com o aumento da salinidade da solução nutritiva decorrente das proporções de AS e AC (Tabela 7). Conforme o teste de médias, quando as plantas foram cultivadas na proporção 1, a aplicação de 15,0 μM H_2O_2 promoveu a menor EUA (3,29), entretanto esta concentração não diferiu das testemunhas ou das plantas tratadas com 7,5 μM quando ambas foram submetidas a proporção 2 ($\text{CE}_{\text{sn}} = 3,02 \text{ dS m}^{-1}$) e promoveu a maior eficiência instantânea no uso da água (7,50) quando as plantas foram cultivadas com a solução de proporção 3 a qual apresenta CE_{sn} de $3,32 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 7). Em relação aos 61 DAS, nota-se que a maior EUA foi obtida sob tratamento com 7,5 μM de H_2O_2 e aplicação de solução nutritiva na proporção 3 ($\text{CE}_{\text{sn}} = 3,32 \text{ dS m}^{-1}$), e que esta concentração de H_2O_2 também promoveu a maior EUA das plantas irrigadas com a proporção 4 ($\text{CE}_{\text{sn}} = 3,62 \text{ dS m}^{-1}$) e que não diferiu estatisticamente do tratamento controle, conforme teste de médias.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre os tratamentos para a eficiência instantânea no uso da água (EUA-A/E) de plantas de pimentão cv. All Big aos 24 e 61 dias após a semeadura – DAS

24 DAS				
H_2O_2 (μM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	5,66 Abc	6,24 Aab	4,86 Bc	7,04 Aa
7,5	4,35 Bb	4,99 Bab	5,50 Ba	5,30 Ca
15,0	3,29 Cc	5,74 ABb	7,50 Aa	6,12 Bb
Média	4,43	5,65	5,95	6,15
61 DAS				
0,0	7,53 Aab	7,89 Aa	6,40 Bb	6,61 Aab
7,5	6,51 ABb	5,56 Bb	8,84 Aa	6,58 Ab
15,0	5,73 Ba	6,71 ABa	5,93 Ba	6,10 Aa
Média	6,59	6,72	7,06	6,43

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas, não diferem estatisticamente entre as concentrações de H_2O_2 pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Esse aumento da EUA reflete numa possível aclimação do pimentão à salinidade em resposta ao fornecimento de H_2O_2 , uma vez que estes resultados ajuízam os incrementos apresentados para taxa de assimilação de CO_2 (Figura 4) o que, conseqüentemente, resulta em maior produção de osmólitos orgânicos como açúcares solúveis e prolina que são de vital importância no ajuste osmótico (SUN et al., 2016) sugerindo, com isso, que a pulverização de

H₂O₂ permitiu à aumentar a tolerância ao estresse através da síntese e acumulação de solutos (ISHIBASHI et al., 2011), e esta manutenção do equilíbrio osmótico da célula foi provavelmente causada pela promoção de atividades de enzimas antioxidantes (SUN et al., 2016).

Com relação a eficiência instantânea de carboxilação (EICI) nota-se que aos 24 DAS quando as plantas foram cultivadas com as proporções 1 e 2, constata-se maior EICI quando não foi aplicado H₂O₂; entretanto, conforme o teste de médias, a aplicação de 15,0 µM de H₂O₂ promoveu incrementos de 60,90% e 54,15% desta variável no pimentão cultivado com as soluções de proporção 3 e 4 que apresentam, respectivamente em comparação ao tratamento controle (Tabela 8). Quando analisamos a EICI aos 61 DAS percebe-se que a aplicação de 15,0 µM de H₂O₂ promoveu incremento de 22,52% da EICI em relação às plantas que não receberam aplicação de H₂O₂, quando estas foram cultivadas na solução de proporção 1(10%AS + 90%AC); não observa-se entretanto, diferença significativa entre esta concentração e 0,0 e 7,5 µM de H₂O₂ no pimentão cultivado com solução nutritiva nas proporções 3(CE_{sn}= 3,32 dS m⁻¹) e 4(CE_{sn}= 3,62 dS m⁻¹).

Tabela 8. Desdobramento da interação entre os tratamentos para a eficiência instantânea da carboxilação (EICI-A/Ci) de plantas de pimentão cv. All Big aos 24 e 61 dias após a semeadura – DAS

24 DAS				
H ₂ O ₂ (µM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	0,072 Aa	0,076 Aa	0,045 Cb	0,032 Bc
7,5	0,038 Bb	0,056 Ba	0,061 Ba	0,031 Bb
15,0	0,023 Cc	0,064 Bb	0,115 Aa	0,070 Ab
Média	0,044	0,065	0,074	0,044
61 DAS				
0,0	0,028 Bc	0,054 Aa	0,049 Aab	0,043 Ab
7,5	0,027 Bc	0,039 Bb	0,052 Aa	0,030 Bc
15,0	0,036 Aab	0,042 Bab	0,044 Aa	0,035 ABb
Média	0,031	0,045	0,049	0,036

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas, não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

O estudo da eficiência instantânea de carboxilação permite identificar se há influência de fatores não estomáticos sobre a fotossíntese (OLIVEIRA et al., 2016) assim, podemos concluir que o incremento desta variável assim como na taxa fotossintética, anteriormente discutida (Tabela 6) nas plantas submetidas a estresse salino promovido pela aplicação exógena

de H₂O₂ seja reflexo de uma aclimação induzida por este metabólito, já que estes o aumento da EICI indica num melhor aproveitamento do CO₂ fixado impedindo que ocorram possíveis restrições metabólicas no ciclo de Calvin destas plantas, redução na síntese de açúcares no processo fotossintético (FREIRE et al., 2014), bem como substrato para a atividade da Rubisco (SILVA et al., 2015).

CONCLUSÕES

A aplicação de H₂O₂ promove aclimação de plantas de pimentão à salinidade da solução nutritiva.

Aos 61 DAS os maiores valores de *gs* e *E* no pimentão cultivados com solução nutritiva de CE_{sn} igual a 2,72 dS m⁻¹ (10%AS + 90%AC) são obtidos com a aplicação de 15,0 µM de H₂O₂.

A aplicação de 15,0 µM de H₂O₂ em plantas de pimentão cultivadas com solução nutritiva nas proporções 3 (30%AS + 70%AC) e 4 (40%AS + 60%AC) promove incremento da fotossíntese aos 21 DAS enquanto aos 64 DAS incrementa o estresse.

Os maiores valores de EUA e EICI foram obtidos quando as plantas de pimentão foram cultivadas na proporção 3 (CE_{sn} = 3,32 ds m⁻¹) com aplicação de 15,0 e 7,5 µM H₂O₂ aos 24 e 61 DAS, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALADOS, C. L.; PUIGDEFÁBREGAS, J.; MARTINEZ-FERNANDEZ, J. Ecological and socio-economical thresholds of land and plant-community degradation in semiarid Mediterranean areas of southeastern Spain. *Journal of Arid Environments*, v.75, n. 12, p.1368-1376, 2011.

ANDRADE, C.A. O papel do peróxido de hidrogênio na tolerância de soja (*Glicine max*) ao alagamento. Lavras: UFLA, 2013. 59p. Dissertação Mestrado.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese, *Revista Brasileira de Biociências*, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

- BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SANTOS, J. B.; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava, *Revista Ambiente e Água*, v. 13, n. 3, p. 1-12, 2018.
- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; LIMA NETO, M. C.; SILVEIRA, J. A. G. Aclimatação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pre-tratamento com H₂O₂, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 4, p. 416-423, 2011.
- 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.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FORMAN, H. J.; MAIORINO, M.; URSINI, F. Signaling functions of reactive oxygen species. *Biochemistry*, v.49, n. 5, p.835-842, 2010.
- FREIRE, J. L. O. et al. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 45, n. 1, 9. 82-91, 2014.
- FURLANI, P.R., SILVEIRA, L.C.P., BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 1999. 52 p.
- GENHUA, N.; RAUL, C. Growth and physiological responses of landscape plants to saline water irrigation: A Review. *Hortscience*, v.45, n.11, p.1065-1609, 2010.
- GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.48, n. 12, p.909-930, 2010.
- GONDIM, F.A.; GOMES-FILHO, E.; MARQUES, E.C.; PRISCO, J.T. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Ciência Agronômica*, v.42, n.2, p.373-381, 2011.
- GUIMARÃES, R. F. B.; NASCIMENTO, R. MELO, D. F.; RAMOS, J. G.; PEREIRA, M. O.; BORGES, V. E.; CARDOSO, J. A. F. Crescimento da alface hidropônica submetida a

- diferentes níveis de salinidade no semiárido paraibano, *Revista Espacios*, v. 38, n. 38, p. 25-33, 2017.
- ISHIBASHI, Y.; YAMAGUCHI, H.; YUASA, T.; IWAYA-INOUE, M.; ARIMA, S.; ZHENG, S. H. Hydrogen peroxide spraying alleviates drought stress in soybean plants, *Journal of Plant Physiology*, v. 168, n. 13, p. 1562-1567, 2011.
- LACERDA, C.F.; COSTA, R.N.T.; BEZERRA, M.A.; GHEYI, H.R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 303-317.
- MELO, H. F. de; SOUZA, E. R. DE; DUARTE, H. H. F; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. B. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, n. 1, p.38-43, 2017.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Science*, v.7, n.9. p. 405-410, 2002.
- NEILL, S. J.; DESIKAN, R.; HANCOCK, J. Hydrogen peroxide signaling. *Current Opinion in Plant Biology*, v.5, n.05, p.388-395, 2002.
- OLIVEIRA, F. A.; SÁ, F. V. S.; PEREIRA, F. H. F.; ARAÚJO, F. N.; PAIVA, E. P.; ALMEIDA, J. P. N. Comportamento fisiológico e crescimento de plantas de melancia sob diferentes concentrações de solução nutritiva, *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v. 10, n. 1, p. 439-448, 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, 2012.
- 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. *Revista Engenharia Agrícola*, v.36, n.3, p.420-432, 2016.
- SILVA, A.A.R.; LIMA, G.S.; AZEVEDO, C.A.V.; VELOSO, L.L.S.A.; CAPITULINO, J.D. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de maracujá. In: *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC*, 2018, Maceió, Alagoas. Anais...

- SILVA, E. M.; LACERDA, F. H. D.; MEDEIROS, A. S.; SOUZA, L. P.; PEREIRA, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino, Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 11, n. 3, p. 01-07, 2016.
- 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, 2015.
- SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. Proporção 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.
- SUN, Y.; WHANG, H.; LIU, S.; PENG, X. Exogenous application of hydrogen peroxide alleviates drought stress in cucumber seedlings, South African Journal of Botany, v. 106, p. 23-28, 2016.
- WEIDLICH, E. W. A.; PESCADOR, R.; UHLMANN, A. Alocação de recursos (carboidratos) no desenvolvimento inicial de plântulas de *schizolobium parahyba* (vell.) s.f. blake (fabaceae - caesalpinioideae), Revista Árvore, v.34, n.4, p.627-635, 2010.

Capítulo IV

Subitem IV.6

Fitomassa e produção do pimentão sob diferentes misturas de águas e concentrações de H_2O_2 em sistema hidropônico

Phytomass and production of pepper under different water mixtures and H_2O_2 concentrations in the hydroponic system

Fitomassa e produção do pimentão sob diferentes misturas de águas e concentrações de H₂O₂ em sistema hidropônico

RESUMO: Frente aos grandes problemas de salinidade do solo e da água nas regiões semiáridas, a adoção de estratégias de mitigação desses efeitos torna-se fundamental para manutenção dos sistemas produtivos. Diante disso, objetivou-se avaliar o acúmulo de fitomassa e produção de pimentão hidropônico sob diferentes proporções de misturas de águas (salobra e chuva) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), com experimento desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (CTRN/UFCG), sob delineamento experimental inteiramente casualizado, com 12 tratamentos, em esquema fatorial 4 x 3, com 5 repetições, consistindo de quatro proporções entre água salobra (AS) e água de chuva (AC) (P1 = 10% AS + 90% AC; P2 = 20% AS + 80% AC; P3 = 30% AS + 70% AC; P4 = 40% AS + 60% AC) e três concentrações de H₂O₂ [C1 = 0,0 (Controle); C2 = 7,5 µM; C3 = 15 µM]. A maior massa fresca de frutos por planta foi obtida com a solução nutritiva na proporção 3(30% AS + 70% AC) com a aplicação de H₂O₂ na concentração de 7,5 µM. A aplicação de H₂O₂ em plantas de pimentão cultivadas com solução nutritiva de salinidade acima de 3,32 dS m⁻¹ incrementa o estresse, promovendo maiores danos ao acúmulo de fitomassa e componentes de produção.

Palavras-chave: água salobra, *Capsicum annuum* L., estresse oxidativo

Phytomass and production of pepper under different water mixtures and H₂O₂ concentrations in the hydroponic system

ABSTRACT: Facing the great problems of soil and water salinity in semi-arid regions, the adoption of strategies to mitigate these effects becomes fundamental for the maintenance of productive systems. Therefore, the objective of this study was to evaluate the accumulation of phytomass and hydroponic pepper production under different proportions of water mixtures (saline and rain) and exogenous application of hydrogen peroxide (H₂O₂), with an experiment developed in a protected environment belonging to the Academic Unit of Agricultural Engineering (CTRN / UFCG), under a completely randomized experimental design, with 12 treatments, in a 4 x 3 factorial scheme, with 5 replicates, consisting of four proportions between saline water (SW) and rainwater (RW) (P1 = 10% SW + 90% RW, P2 = 20% SW + 80% RW,

P3 = 30% SW + 70% RW, P4 = 40% SW + 60% RW) and three concentrations of H₂O₂ [C1 = 0.0 (Control); C2 = 7.5 µM; C3 = 15 µM]. The highest fresh fruit mass per plant was obtained with the nutrient solution in the proportion 3 (30% SW + 70% RW) with the application of H₂O₂ in the concentration of 7.5 µM. The application of H₂O₂ in pepper plants cultivated with nutrient solution of salinity above 3.32 dS m⁻¹ increases the stress, promoting greater damages to the phytomass accumulation and production components.

Keywords: *Capsicum annuum* L., oxidative stress, saline water

INTRODUÇÃO

Diante dos grandes problemas enfrentados pela agricultura mundial, o excesso de sais no solo tem se destacado, especialmente em regiões áridas e semiáridas, como o Nordeste brasileiro (COVA et al., 2016). Nessas regiões, a qualidade da água disponível, apresenta alto índice de salinidade, podendo variar de 0,1 a 5,0 dS m⁻¹ (GENHUA & RAUL, 2010; ALADOS et al., 2011). Diante disso, com a necessidade de otimização dos recursos hídricos e preservação ambiental, muitas pesquisas têm sido realizadas para investigar a possível utilização de águas salobras na produção agrícola, principalmente em sistemas hidropônicos (PAULUS et al., 2010; PAULUS et al., 2012; CAVALCANTE et al., 2019). A hidroponia pode ser definida como uma técnica para cultivo de plantas em solução nutritiva, com ou sem substratos, ou seja, onde não tem a presença do solo. Nesse sentido, o cultivo hidropônico, surge como alternativa que permite otimizar e viabilizar o uso dos recursos hídricos disponíveis na região, possibilitando o uso de água de salinidade mais elevada, em virtude do potencial matricial da água nesses sistemas tenderem a zero, haja vista a não utilização de solo como substrato, conforme citam Santos et al. (2011). Aliados a isso, a mistura de águas, pode mitigar o efeito deletério da salinidade (SOARES et al., 2010) e, inclusive, viabilizar o uso de águas salobras, aliados a outras técnicas de mitigação como o uso de peróxido de hidrogênio (H₂O₂).

Em condições de estresse, tais como alagamento, temperaturas extremas, ataque de patógenos e salinidade, há produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), podendo caracterizar o estresse oxidativo. A elevada produção de radicais superóxido (O₂⁻), radicais hidroxila (OH[•]), oxigênio singlete (¹O₂) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) são prejudiciais às células, uma vez que essas EROs podem causar danos às suas estruturas, como peroxidação de lipídeos, oxidação de proteínas, danos a ácidos nucleicos, inibição enzimática

e ativação da morte celular programada. (ANDRADE, 2013). Essas espécies reativas desempenham papel de sinalização celular em condições de estresse, favorecendo o processo de aclimação, o qual se constitui em uma alternativa para aumentar a capacidade de sobrevivência das plantas a condições adversas. A aclimação refere-se ao processo, no qual um indivíduo é exposto previamente a um determinado estresse, favorecendo a mudanças metabólicas que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse. Quando essa exposição prévia é feita com um estresse diferente do segundo (estresse definitivo), diz-se que essa aclimação induziu uma tolerância cruzada (NEILL et al., 2002).

Dentre as os processos de aclimação ao estresse salino, o do pré-tratamento das plantas com pequenas quantidades de H_2O_2 tem se mostrado promissor (GONDIM et al., 2011). Andrade (2013) menciona que o H_2O_2 é a molécula mais apropriada para a função de aclimação, devido ao maior tempo de meia-vida, à maior estabilidade e à capacidade de difundir-se livremente através das membranas celulares. Diversas pesquisas têm comprovado o efeito benéfico do pré-tratamento de H_2O_2 em baixas concentrações na indução à tolerância de diversas espécies de plantas ao estresse salino, protegendo as plantas de danos oxidativos. Gondim et al. (2011) e Silva et al. (2016), trabalhando com milho, verificaram aclimação das plantas ao estresse salino, revertendo parcialmente os efeitos deletérios da salinidade no seu crescimento. Silva et al. (2018), verificaram que a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em maracujazeiro, atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação.

Diante disso, objetivou-se avaliar o acúmulo de fitomassa e produção de pimentão cultivadas em sistema hidropônico sob diferentes proporções de águas (salobra e chuva) e aplicação exógena de H_2O_2 .

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), entre os meses de novembro de 2017 e março de 2018.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4×3 , com 5 repetições e 3 plantas úteis por repetição, em que os tratamentos consistiram da mistura entre água salobra (AS) e água de chuva (AC), resultando em 4 proporções: P1 = 10% AS + 90% AC; P2 = 20% AS + 80% AC; P3 = 30% AS + 70% AC; P4 = 40% AS + 60% AC)

e três concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) [C1 = 0,0 (Controle); C2 = 7,5 µM; C3 = 15 µM], aplicados via foliar a cada 7 dias a partir dos 42 dias após a semeadura (DAS) até os 63 DAS (fase de floração), resultando em 12 tratamentos e 60 unidades experimentais.

A água salobra utilizada para o preparo da solução nutritiva foi proveniente do açude comunitário do Assentamento Vitória (latitude 7°20'47,49" S e longitude 36° 2'28,00" O), coletada após seis meses sem ocorrência de precipitação, com as seguintes características físico-químicas (EMBRAPA, 2011): pH (8,24), a CE (29,15 dS m⁻¹), o K (0,012 g L⁻¹), o Na (5,50 g L⁻¹), o Ca (0,41 g L⁻¹) e o Mg (1,2 g L⁻¹) e RAS de 30,74 (mmol L⁻¹)^{0,5}. Para viabilizar o uso desta água salobra, procedeu-se a sua diluição (LACERDA et al., 2010) em água de chuva (CE≈0) estabelecendo-se o nível de salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹ o qual, após a adição de mais água de chuva nas proporções preestabelecidas e solubilização dos fertilizantes (FURLANI et al., 1999) atingiram os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) conforme tabela 1.

Tabela 1. Condutividade elétrica da solução nutritiva em função dos tratamentos

Proporções	CE _{sn} * (dS m ⁻¹)
P1= 10%AS + 90%AC	2,72
P2= 20%AS + 80%AC	3,02
P3= 30%AS + 70%AC	3,32
P4= 40%AS + 60%AC	3,62

*CE_{sn}: condutividade elétrica da solução nutritiva

As mudas de pimentão cv. All Big foram formadas em bandejas plásticas de 36 células, semeando-se 2 a 3 sementes por célula. O desbaste foi realizado aos 15 DAS deixando uma plântula por célula; as mudas foram irrigadas com água de chuva diariamente, pela manhã e à tarde, até os 30 DAS. Aos 31 DAS, as mudas foram transplantadas para copos plásticos descartáveis de 200 mL, perfurados nas laterais e no fundo, preenchidos com fibra de coco; foram inseridas nos tubos, conforme tratamentos previamente estabelecidos.

O sistema hidropônico adotado consistiu no uso de doze tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, em nível, com joelhos nas extremidades sendo que, em um deles, instalou-se uma torneira para saída de água, garantindo assim um nível de 0,04 m de solução ao longo do tubo; os copos com as mudas foram acondicionados em aberturas com diâmetro de 60 mm, espaçadas a 30 cm. Estes tubos foram alocados em uma estrutura vertical de madeira, com seis metros de comprimento, 1,4 m de largura e 1,8 de altura (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

A solução nutritiva proposta foi acondicionada em reservatórios distintos conforme cada tratamento, sendo preparados volumes iniciais de 100 L. Diariamente e de forma manual adicionou-se 40 L de solução nutritiva duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 h) por tubo, conforme tratamentos, com vistas à recirculação dos nutrientes, tendo sido monitorado diariamente a CEs_n e o pH_{sn}. A reposição da lâmina evapotranspirada no respectivo reservatório foi efetuada semanalmente, com a respectiva mistura de águas utilizada no preparo da solução nutritiva.

As variáveis relacionadas a produção de fitomassa foram avaliadas no final do ciclo do pimentão (110 DAS), sendo as seguintes: massa fresca e seca de folhas; massa fresca de seca de caule; e massa fresca e seca da parte aérea. Para tanto, as plantas foram cortadas e separadas em caule, folhas e raiz, recolhidas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação de ar a uma temperatura de 65 °C, permanecendo durante 72h até obter massa constante.

Com relação as variáveis de produção, avaliaram-se a massa fresca de frutos por planta; comprimento de frutos, dado em mm, tomado no eixo que vai da base da inserção do pedúnculo ao ápice do fruto; e diâmetro de frutos, em mm, tomado no maior diâmetro transversal do fruto.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste ‘F’, em nível de $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ de probabilidade. No caso de significância, da interação entre os fatores ou dos fatores principais isoladamente, realizou-se teste de Tukey, utilizando-se o software para análises estatísticas-SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fitomassa das plantas de pimentão foi influenciada ($p \leq 0,01$) pela interação proporções entre água salobra (AS) e água de chuva (AC) x concentrações de H₂O₂.

Tabela 2. Resumo do teste ‘F’ para a massa fresca (MFF) e seca (MSF) de folhas, massa fresca (MFC) e seca (MSC) de caule, massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea do pimentão aos 110 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e água de chuva (P) e concentrações de H₂O₂ (C)

Fonte de Variação	Teste ‘F’					
	MFF	MSF	MFC	MSC	MFPA	MSPA
Proporções (P)	**	**	**	**	**	**
Concentrações (C)	**	**	**	**	**	**
P x C	**	**	**	**	**	**
CV (%)	6,28	5,59	10,30	6,12	5,04	4,59

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente.

Conforme o teste de comparação de médias, observa-se que o aumento da salinidade da solução nutritiva, decorrente das proporções entre AS e AC, promoveu redução no acúmulo de fitomassa nas plantas de pimentão (Tabela 3). O maior acúmulo de massa fresca de folhas (MFF), foi observado nas plantas cultivadas com a solução nutritiva na proporção 1 (10%AS+90%AS), tendo em média 48,84 g (Tabela 3). Quando se compara as concentrações de H₂O₂ dentro de cada proporção de mistura entre AS e AC, verifica-se maior MFF nas plantas que receberam aplicação de H₂O₂, em que não houve diferença significativa entre as concentrações, nas proporções 1 (10%AS+90%AC), 2 (20%AS+80%AC) e 3 (30%AS+70%AC), com média respectivamente de, 52,23; 41,81 e 35,56 g e sendo superiores ao tratamento controle na ordem de 19,47%, 15,40% e 35,81%. Para a proporção 4 (40%AS+60%AC), observa-se maior acúmulo de MFF nas plantas que tiveram aplicação de 15 µM de H₂O₂ (34,08 g), promovendo um incremento de 48,51% em relação ao tratamento controle (17,55 g) e 12,19% em relação a concentração de 7,5 µM (29,93 g) (Tabela 3). Nesse sentido, nota-se que nas soluções nutritivas com maior CE (proporção 4 = 3,62 dS m⁻¹) a concentração de 15 µM promoveu maior redução dos efeitos deletérios da salinidade. Conforme Silva et al. (2016) a aplicação de H₂O₂ a partir de 15 µM, promove efeito negativo na produção de fitomassa de plantas de milho, obtendo valores inferiores, quando comparados às plantas não tratadas com H₂O₂. Contudo, Silva et al. (2018) observaram em maracujazeiro efeitos benéficos do H₂O₂ até a concentração de 25 µM.

A massa seca de folhas (MSF) apresentou tendência semelhante a MFF, observando-se os maiores acúmulos com a aplicação de H₂O₂. Os maiores valores MSF foram observados na proporção 1 com 8,25 g e 8,21 g, respectivamente nas concentrações de 7,5 e 15 µM (Tabela 3). Com relação a proporção 3 (CEsn = 3,32 dS m⁻¹), observa-se maior acúmulo de MSF nas plantas que receberam aplicação de 15 µM (5,96 g), com um incremento de 40,08% em relação ao tratamento controle. Na proporção 4 (CEsn = 3,62 dS m⁻¹), todavia, verifica-se maior MSF nas plantas que receberam aplicação de 7,5 µM, com incremento de 36,36% em relação ao tratamento controle (0,0 µM) (Tabela 3). Com base nesses resultados para MSF, observa-se que a aplicação de concentrações elevadas de H₂O₂ não auxiliam na aclimação de plantas de pimentão em condições de estresse salino. Corroborando, Baxter et al. (2014) mencionam que o efeito benéfico do H₂O₂ em baixas concentrações, pode estar associado ao seu papel de molécula sinalizadora, regulando diversas vias, incluído respostas ao estresse salino. Além disso, pode induzir a tolerância, promovendo o acúmulo de proteínas solúveis, carboidratos solúveis e NO₃⁻ bem como reduzindo os teores de Na⁺ e Cl⁻ nas plantas (GONDIM et al., 2011).

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFF) e seca de folhas (MSF) do pimentão cv. All Big aos 110 dias após a semeadura – DAS

MFF (g)				
H ₂ O ₂ (μM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	42,05 Ba	35,37 Bb	22,63 Bc	17,55 Cd
7,5	53,28 Aa	41,08 Ab	35,53 Ac	29,93 Bd
15,0	51,18 Aa	42,54 Ab	35,58 Ac	34,08 Ac
Média	48,84	39,66	31,25	27,19
MSF (g)				
0,0	6,32 Ba	6,48 Ba	3,57 Cb	3,76 Cb
7,5	8,25 Aa	6,82 ABb	5,41 Bc	5,91 Ac
15,0	8,21 Aa	7,06 Ab	5,96 Ac	5,38 Bd
Média	7,59	6,79	4,98	5,02

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Com relação a massa fresca do caule (MFC), observa-se nas proporções 2 (44,48 g) e 3 (33,64 g), maior acúmulo nas plantas que receberam aplicação de 15 μM, sendo verificado um incremento, respectivamente de 39,87% e 52,69% em relação ao tratamento controle (Tabela 4). Para a proporção 4, verifica-se maior acúmulo de MFC nas plantas que receberam aplicação de H₂O₂ na concentração de 7,5 μM (26,44 g), sendo superior em 67,44%, quando comparada com o tratamento controle. Esse resultado pode estar relacionado ao efeito desta dose sobre a aclimação e o sistema de defesa das plantas ao estresse salino, incluindo ativação de sistema oxidativo enzimático, acúmulo de solutos orgânicos, redução na peroxidação de lipídeos e dano de membrana (AZEVEDO NETO et al., 2005; GONDIM et al., 2010; GONDIM et al., 2011; CARVALHO et al., 2011). A massa seca do caule (MSC) comportou-se de forma análoga a MFC (Tabela 4), o que ratifica a hipótese citada anteriormente, que em condições de maior estresse salino, doses mais elevadas de H₂O₂ não contribui de forma expressa na aclimação de plantas de pimentão.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFC) e seca de caule (MSC) do pimentão cv. All Big aos 110 dias após a semeadura – DAS

MFC (g)				
H ₂ O ₂ (μM)	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	31,09 Ba	26,74 Ba	15,92 Cb	8,61 Cc
7,5	37,18 Aa	28,10 Bb	24,96 Bb	26,44 Ab
15,0	29,29 Bb	44,48 Aa	33,64 Ab	18,10 Bc
Média	32,50	33,11	24,84	17,71
MSC (g)				
0,0	4,67 Bb	5,44 Ba	2,72 Cc	1,69 Cd
7,5	5,90 Aa	4,59 Cb	4,45 Bb	5,06 Ac
15,0	4,63 Bb	6,63 Aa	6,39 Aa	3,04 Bc
Média	5,07	5,55	4,52	3,27

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Da mesma forma como observado para fitomassa do caule, observa-se nas proporções 2 (87,02 g) e 3 (69,23 g), maior acúmulo de massa fresca da parte aérea (MFPA) nas plantas que receberam aplicação de 15 μM, obtendo-se um incremento, respectivamente de 28,62% e 44,30% em relação ao tratamento controle (Tabela 5). Para a proporção 4, as concentrações de 7,5 e 15 μM de H₂O₂ não diferiram estatisticamente entre si, contudo, foram superiores ao tratamento controle na ordem de 51,80%, tendo em média produção de 54,27 g. De forma equivalente, verifica-se nas proporções 2 (13,70 g) e 3 (12,35 g), maior acúmulo matéria seca da parte aérea (MSPA) nas plantas que receberam aplicação de 15 μM, obtendo-se um incremento, respectivamente de 12,97% e 49,08% em relação ao tratamento controle (Tabela 5). Conforme Kilic & Kahraman (2016) a aplicação de H₂O₂ diminuiu significativamente o efeito inibitório causado pelo excesso de sais, através da ativação de enzimas antioxidantes, como catalases e peroxidases em concentrações subtóxicas e desencadeia mecanismos de defesa, provendo uma adaptação significativa à salinidade.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) do pimentão cv. All Big aos 110 dias após a semeadura – DAS

H ₂ O ₂ (μM)	MFPA (g)				
	Proporções água salobra/água de chuva (%)				
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%	
0,0	73,14 Ca	62,11 Cb	38,55 Cc	26,16 Bd	
7,5	90,46 Aa	69,18 Bb	60,49 Bc	56,37 Ac	
15,0	80,42 Bb	87,02 Aa	69,23 Ac	52,18 Ad	
Média	81,34	72,77	56,09	44,90	
	MSPA (g)				
	0,0	10,99 Cb	11,92 Ba	6,29 Cc	5,45 Cd
	7,5	14,15 Aa	11,41 Bb	9,86 Bc	10,97 Ab
	15,0	12,84 Bb	13,70 Aa	12,35 Ab	8,43 Bc
	Média	12,66	12,34	9,50	8,28

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H₂O₂ pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Os componentes de produção das plantas de pimentão foram influenciados (p ≤ 0,01) pela interação proporções entre água salobra (AS) e água de chuva (AC) x concentrações de H₂O₂.

Tabela 6. Resumo do teste ‘F’ para comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF) e massa fresca de frutos por planta (MFFP) aos 110 dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água salobra e água de chuva (P) e concentrações de H₂O₂ (C)

Fonte de Variação	Teste ‘F’		
	CF	DF	MFFP
Proporções (P)	**	**	**
Concentrações (C)	**	**	**
P x C	**	**	**
CV (%)	4,00	5,10	3,32

(**), (*); (ns) significativos a (p ≤ 0,01) e (p ≤ 0,05) e não significativo respectivamente.

O aumento da salinidade da solução nutritiva, decorrente das proporções entre AS e AC, promoveu redução nos componentes de produção das plantas de pimentão (Tabelas 7 e 8). Conforme teste de comparação de médias entre as concentrações de H₂O₂, observa-se maior diâmetro de frutos nas plantas que receberam aplicação de 7,5 μM de H₂O₂, quando foram cultivadas nas soluções nutritivas com as proporções 1 e 2, tendo respectivamente, 65,20 e 58,72 mm, o que proveu um incremento de 47,46% e 18,80% (Tabela 7). Na proporção 3 não foi constatada diferença significativa entre as concentrações de H₂O₂, contudo estas foram

superiores ao tratamento controle em 8,53% com média de 56,16 mm. Na proporção 4, constata-se não haver diferença significativa entre o tratamento controle (0,0 μM) e a concentração 15 μM , tendo média de 49,80 mm, com superioridade de 15,92% em relação a concentração de 7,5 μM . O diâmetro de frutos apresentou tendência semelhante ao comprimento de frutos, sendo a concentração de 7,5 μM de H_2O_2 superior em 33,48% e 30,64% em relação ao tratamento controle, respectivamente nas proporções 2 (52,87 mm) e 3 (45,78 mm) (Tabela 7). Em relação as proporções 3 e 4, observa-se maior diâmetro de frutos das plantas provenientes do tratamento controle (0,0 μM), tendo incremento, respectivamente de 8,36% e 25,96% em comparação com as plantas que receberam aplicação de H_2O_2 . Novamente, constata-se que em condições de maior salinidade, como observado nas proporções 3 ($\text{CE}_{\text{sn}} = 3,32 \text{ dS m}^{-1}$) e 4 ($\text{CE}_{\text{sn}} = 3,62 \text{ dS m}^{-1}$) a aplicação de concentrações mais elevadas de H_2O_2 pode ter intensificado os efeitos do estresse salino. Sugere-se que a partir da concentração de 7,5 μM , o H_2O_2 tenha se tornado tóxico para as plantas de pimentão. De acordo com Rutschow et al. (2011) altas concentrações desta espécie reativa de oxigênio, induzem o estresse oxidativo, ocasionando a peroxidação lipídica, danos nas membranas celulares, degradação de proteínas, quebra da dupla fita do DNA e, ainda, a morte celular.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre os tratamentos para comprimento do fruto (CF) e diâmetro do fruto (DF) do pimentão cv. All Big aos 110 dias após a semeadura – DAS

H_2O_2 (μM)	CF (mm)				
	Proporções água salobra/água de chuva (%)				
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%	
0,0	53,82 Ca	47,68 Cc	51,37 Bab	48,28 Ab	
7,5	65,20 Aa	58,72 Ab	57,25 Ab	41,87 Bc	
15,0	58,60 Ba	51,16 Bb	55,07 Aa	51,32 Ab	
Média	59,20	52,52	54,57	47,15	
H_2O_2 (μM)	DF (mm)				
	0,0	35,17 Bb	31,75 Cc	41,75 Aa	43,07 Aa
	7,5	52,87 Aa	45,78 Ab	38,52 Bc	32,30 Bd
	15,0	37,98 Bb	42,12 Ba	38,00 Bb	31,48 Bc
	Média	42,01	39,88	39,42	35,61

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H_2O_2 pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Além disso, com base nos resultados observados, constata-se que as variáveis de comprimento e diâmetro de frutos são mais sensíveis ao estresse salino, tendo em vista os resultados positivos da produção fitomassa das plantas que tiveram aplicação de 7,5 μM de H_2O_2 (Tabela 7). Cabe destacar também, que apenas as plantas cultivadas com a solução

nutritiva na proporção 1(10%AS + 90%AC) em proporção com a aplicação de 7,5 μM de H_2O_2 produziram frutos com comprimento e diâmetro considerados comerciais - comprimento ≥ 60 mm e diâmetro ≥ 40 mm, conforme Araújo et al. (2009).

Conforme dados contidos na Tabela 8, verifica-se com base no teste de comparação de médias entre as concentrações de H_2O_2 , maior massa fresca de frutos por planta (MFFP), nas plantas que receberam aplicação de 7,5 μM , quando foram cultivadas nas soluções nutritivas com as proporções 1, 2 e 3 tendo respectivamente, 73,95; 61,96 e 74,43 g, o que proveu um incremento de 13,56%, 22,99 e 35,79% em relação ao tratamento controle. Em relação as plantas que receberam a aplicação de 15 μM nas proporções 2 e 3, embora a MFFP tenha sido inferior aquelas que receberam aplicação de 7,5 μM , estas obtiveram incremento, respectivamente em 13,95% e 10,66% em comparação com as plantas que não receberam aplicação de H_2O_2 .

Tabela 8. Desdobramento da interação entre os tratamentos para massa fresca de frutos por planta (MFFP) do pimentão cv. All Big aos 110 dias após a semeadura – DAS

H_2O_2 (μM)	MFFP (g)			
	Proporções água salobra/água de chuva (%)			
	10%/90%	20%/80%	30%/70%	40%/60%
0,0	63,92 Ba	47,72 Cb	47,80 Cb	35,72 Ac
7,5	73,95 Aa	61,96 Ab	74,43 Aa	26,24 Bc
15,0	60,12 Ca	55,45 Bb	53,50 Bb	28,10 Bc
Média	66,00	55,04	58,58	30,02

Médias seguidas de letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente entre as proporções e maiúsculas não diferem estatisticamente entre as concentrações de H_2O_2 pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Com relação as plantas que foram cultivadas com a solução nutritiva na proporção 4, observa-se maior MFFP quando estas não receberam aplicação de H_2O_2 (35,72 g), não sendo observado diferença significativa entre as plantas que receberam aplicação de 7,5 (26,24 g) e 15 μM (28,10 g). Nesse sentido, vê-se que em condições de salinidade da solução nutritiva entre 2,72 e 3,32 dS m^{-1} , valores obtidos entre as proporções 1 e 3, a aplicação de H_2O_2 na concentração de 7,5 μM pode promover efeitos benéficos, na aclimatação de plantas de pimentão, sendo atribuído a indução do sistema de defesa de enzimas antioxidativas, minimizando os efeitos deletérios da salinidade (CARVALHO et al., 2011). Liu et al. (2010) relatam ainda que o pré-tratamento com H_2O_2 melhoraram a resistência ao estresse osmótico ativando o sistema antioxidante. Dessa forma, sustenta-se novamente a hipótese de que, em

condições de maior estresse salino, doses mais elevadas de H₂O₂ não promovem efeito benéfico na aclimação de plantas de pimentão.

CONCLUSÕES

A aplicação de H₂O₂ promove aclimação de plantas de pimentão à salinidade da solução nutritiva.

O maior acúmulo de fitomassa é obtido com a solução nutritiva na proporção 1(10% AS + 90% AC) com a aplicação de H₂O₂ na concentração de 7,5 µM.

A maior massa fresca de frutos por planta é obtida com a solução nutritiva na proporção 3 (30% AS + 70% AC) com a aplicação de H₂O₂ na concentração de 7,5 µM.

A aplicação de 15 µM de H₂O₂ em plantas de pimentão cultivadas com solução nutritiva de salinidade acima de 3,32 dS m⁻¹ (30% AS + 70% AC) incrementa o estresse, promovendo maiores danos ao acúmulo de fitomassa e componentes de produção.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALADOS, C. L.; PUIGDEFÁBREGAS, J.; MARTINEZ-FERNANDEZ, J. Ecological and socio-economical thresholds of land and plant-community degradation in semiarid Mediterranean areas of southeastern Spain. *Journal of Arid Environments*, v.75, n. 12, p.1368-1376, 2011.
- ANDRADE, C.A. O papel do peróxido de hidrogênio na tolerância de soja (*Glicine max*) ao alagamento. Lavras: UFLA, 2013. 59p. Dissertação Mestrado.
- ARAÚJO, J.S.; ANDRADE, A.P.; RAMALHO, C.I.; AZEVEDO, C.A.V. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.2, p.152–157, 2009.
- AZEVEDO NETO, A. D., PRISCO, J. P.; ENÉAS-FILHO, J.; MEDEIROS, J-V. R.; GOMES-FILHO, E. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, v.162, n.10, p.1114-1122, 2005.
- BAXTER, A.; MITTLER, R.; SUZUKI, N. EROS as key players in plant stress signalling. *Journal of Experimental Botany*, v. 65, n. 5, p. 1229–1240, 2014.

- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; NETO, M. C. L.; SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.416–423, 2011.
- 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.
- COVA, A.M.W.; AZEVEDO NETO, A.D.; RIBAS, R.F.; GHEYI, H.R.; MENEZES, R.V. Inorganic solute accumulation in noni (*Morinda citrifolia* Linn) under salt stress during initial growth. *African Journal of Agricultural Research*, Lagos, v.11, n.35, p.3347-3354, 2016.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e 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: IAC, 1999. 52 p.
- GENHUA, N.; RAUL, C. Growth and physiological responses of landscape plants to saline water irrigation: A Review. *Hortscience*, v.45, n.11, p.1065-1609, 2010.
- GONDIM, F. A.; GOMES-FILHO, E.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; AZEVEDO NETO, A. D.; MARQUES, E. C. Pretreatment with H₂O₂ in maize seeds: effects on germination and seedling acclimation to salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.22, n.02, p.103-112, 2010.
- GONDIM, F.A.; GOMES-FILHO, E.; MARQUES, E.C.; PRISCO, J.T. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Ciência Agronômica*, v.42, n.2, p.373-381, 2011.
- KILIC, S.; KAHRAMAN, A. The mitigation effects of exogenous hydrogen peroxide when alleviating seed germination and seedling growth inhibition on salinity-induced stress in barley. *Polish Journal of Environmental Studies*, v.25, n.3, p.1053-1059, 2016.
- LACERDA, C.F.; COSTA, R.N.T.; BEZERRA, M.A.; GHEYI, H.R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F.

- Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 303-317.
- LIU, Z.J.; GUO, Y.K.; BAI, J.G. 2010. Exogenous hydrogen peroxide changes antioxidant enzyme activity and protects ultrastructure in leaves of two cucumber ecotypes under osmotic stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, v.29, n.2, p.171–183, 2010.
- NEILL, S. J.; DESIKAN, R.; HANCOCK, J. Hydrogen peroxide signaling. *Current Opinion in Plant Biology*, v.5, n.05, p.388-395, 2002.
- 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, 2012.
- RUTSCHOW, H.L.; BASKIN, T.I.; KRAMER, E.M. Regulation of solute flux through plasmodesmata in the root meristem. *Plant Physiology*, v.155, p.1817-1826, 2011.
- 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 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. *Revista Engenharia Agrícola*, v.36, n.3, p.420-432, 2016.
- SILVA, E.M.; LACERDA, F.H.D.; MEDEIROS, A.S.; SOUZA, L.P.; PEREIRA, F.H.F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.3, p.01-07, 2016.
- SILVA, A.A.R.; LIMA, G.S.; AZEVEDO, C.A.V.; VELOSO, L.L.S.A.; CAPITULINO, J.D. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de maracujá. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC, 2018, Maceió, Alagoas. Anais...
- SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. Proporção 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.