



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



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVOS DO PIMENTÃO SOB ESTRESSE
SALINO E DENSIDADE DE PLANTAS EM HIDROPONIA DE BAIXO CUSTO**

ANTÔNIO RAMOS CAVALCANTE

República Federativa do Brasil
Estado da Paraíba
Campina Grande, Março de 2018

ANTÔNIO RAMOS CAVALCANTE
Licenciado em Ciências Agrárias

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVOS DO PIMENTÃO SOB ESTRESSE
SALINO E DENSIDADE DE PLANTAS EM HIDROPONIA DE BAIXO CUSTO**

Orientador: Prof^ª. Dra. LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES

Dissertação 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 das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

República Federativa do Brasil
Estado da Paraíba
Campina Grande, Março de 2018

C376a Cavalcante, Antônio Ramos.
Aspectos fisiológicos e produtivos do pimentão sob estresse salino e densidade de plantas em hidroponia de baixo custo / Antônio Ramos Cavalcante. – Campina Grande, 2018. 71 f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.
"Orientação: Prof.^a Dr.^a Lúcia Helena Garófalo Chaves".
Referências.

1. *Capsicum annuum*. 2. Trocas gasosas. 3. Eficiência fotoquímica. I. Chaves, Lúcia Helena Garófalo. II. Título.

CDU 633.842:631.589.2(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA MARIA ANTONIA DE SOUSA CRB 15/398



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

ANTÔNIO RAMOS CAVALCANTE

“ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVOS DO PIMENTÃO SOB ESTRESSE SALINO E
DENSIDADES DE PLANTAS EM HIDROPONIA DE BAIXO CUSTO”

APROVADO: 08 de março de 2018

BANCA EXAMINADORA

Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves
Orientadora - UAEEA/CTRN/UFPA

Dr. José Amilton Santos Júnior
Examinador - UFRPE/DEAGRL

Dr. Iede de Brito Chaves
Examinador - UFPA

Dra. Jucilene Silva Araújo
Examinadora - INSA

Obrigado Senhor Meu Deus! Tu
Deus que opera quando o homem
diz: "Não dá".
Ofereço

Aos meus Pais (*in memoriam*)
Alúzio Cavalcante Ramos e
Maurina Ramos Cavalcante por
todo apoio e incentivo.
Dedico

"Porque Deus tanto amou o mundo
que deu o seu Filho Unigênito, para
que todo o que nele crer não pereça,
mas tenha a vida eterna". João 3:16

Agradecimento

À Jesus Cristo, pela sua grandeza, pelo seu amor incondicional, pelo carinho, pelo cuidado com minha família e todas as bênçãos recebidas, pelos momentos maravilhosos que tenho tido em minha vida.

Aos meus irmãos, Patrício, Joseano, José, Vamberto, Mazio, por todo apoio que me deram para que esse sonho se realizasse.

À minha irmã, Maria Aparecida Ramos Cavalcante, uma pessoa pela qual tenho grande admiração, que esteve sempre ao meu lado, obrigado Cida.

A todos que fazem parte do programa de Pós Graduação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.

Guilherme e a todos os meus amigos que contribuíram de forma direta ou indiretamente na construção desse sonho, “o meu muito obrigado”.

A orientadora, professora Lúcia e o professor José Amilton por todo apoio e confiança dada ao meu trabalho.

Sumário

<i>Lista de tabelas e figuras</i>	14
Aspectos fisiológicos e produtivos do pimentão sob estresse salino e densidade de plantas em hidroponia de baixo custo	16
Resumo:.....	16
Abstract:	17
CAPITULO I	18
1. Considerações iniciais	18
1.1 introdução	19
1.2 hipóteses	21
1.3 objetivos	21
1.3.1 objetivo geral	21
1.3.2 objetivos específicos	21
1.4 referências.....	22
CAPITULO II	23
2. Estado da arte.....	23
2.1. A cultura do pimentão	24
2.1.1. Ecofisiologia	24
2.1.2. Exigências hídrica e nutricional	25
2.1.3. Condições climáticas	25
2.2. Sistema hidropônico	26
2.2.1 Principais sistemas hidropônicos	26
2.2.2 Substrato usado no sistema semi-hidropônico.....	28
2.2.3 Águas alternativas em cultivo hidropônico	29
2.2.3.1 Água salobra	29
2.2.3.2 Água de chuva.....	30
2.3. Classificação da água para irrigação	30
2.4 Referências	32
CAPITULO III	34
3. Artigos produzidos.....	34
3.1 Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do pimentão hidropônico sob salinidade e densidades de plantio	35
RESUMO:	36
3.2 Introdução.....	37
3.3 Material e métodos.....	38
3.3.1 Localização	38
3.3.2 Delineamento, tratamentos e semeio	38
3.3.3 Módulo hidropônico usado no experimento	38
3.3.4 Água utilizada no experimento	39
3.3.5 Manejo da solução nutritiva.....	39
3.3.6 Variáveis analisadas	39
3.3.7 Análise estatística.....	40
3.4 Resultados e discussão	40
3.5. Conclusões.....	47
3.6 Referências bibliográficas	48
3.7 Crescimento e produção do pimentão hidropônico sob estresse salino e densidade de plantas	51
RESUMO:	51
3.8 Introdução.....	53
3.9 Material e métodos.....	54

3.9.1 Localização	54
3.9.2 Cultura, tratamentos, delineamento experimental e semeio	54
3.9.3 Sistema hidropônico utilizado	54
3.9.4 Preparo e manejo da solução nutritiva	55
3.9.5 Variáveis analisadas	56
3.9.6 Análise estatística.....	57
3.10 Resultados e discussão	57
3.10.1 Variáveis de crescimento.....	57
3.10.2 Variáveis de produção	64
3.11 Conclusões.....	67
3.12 Literatura citada	68

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

(CAPITULO III)

	Pag
Tabela 1. Teste F para concentração interna de carbono (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), eficiência instantânea no uso da água (EIUA-A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (EICi-A/Ci) sob estresse salino e densidade de plantas aos 49 e 60 dias após a semeadura (DAS)-----	41
Tabela 2. Teste F para fluorescência mínima da folha adaptada ao escuro (F0), fluorescência máxima da folha adaptada ao escuro (Fm), fluorescência máximavariável (Fv) e máxima eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) sob sob estresse salino e densidade de plantase densidade de plantas.-----	45
Tabela 3. Solução nutritiva proposta por Furlani et al. (1999)	56
Tabela 4. Teste F para a altura de planta (AP) e a sua taxa de crescimento absoluta e relativo (TCA-AP e TCR-AP) e para o diâmetro de caule (DC) e a suas taxas de crescimento absoluta e relativo (TCR-DC e TCA-DC) do pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e densidade de plantas aos 60, 75 e 95 dias após a semeadura-----	58
Tabela 5. Teste F para número de folhas e área foliar do pimentão aos 60, 75 e 95 dias após a semeadura (DAS)-----	61
Tabela 6. Teste F para número de frutos por planta (NFP), massa de fruto por plantas (MFP), massa total de frutos (MFT), comprimento longitudinal do fruto (Clong), comprimento transversal do fruto (Ctrans), submetido a níveis de salinidade em diferentes espaçamentos no período de 90 a 95 DAS-----	62
Figura 1. Modulo hidropônico familiar -----	38
Figura 2. Desdobramento da interação entre os tratamentos para a condutância estomática (A), transpiração (B) em plantas de pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e diferentes densidades aos 49 e 60 dias após a semeadura (DAS)-----	42
Figura 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para concentração interna de carbono (A), taxa de fotossíntese líquida (B) em plantas de pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e diferentes densidades aos 49 e 60 dias após a semeadura (DAS)-	43
Figura 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para eficiência instantânea no uso da água (A) e a eficiência instantânea de carboxilação (B) em plantas de pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e diferentes densidades aos 49 e 60 dias após a semeadura (DAS)-----	44
Figura 5. Desdobramento da interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e a densidade de plantas para a fluorescência mínima da folha adaptada ao	46

escuro (A), fluorescência máxima da folha adaptada ao escuro (B) em plantas de pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e diferentes densidades aos 49 e 69 dias após a semeadura (DAS)-----

Figura 6. Desdobramento da interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e a densidade de plantas para a fluorescência máxima variável (C) e a máxima eficiência quântica do FSII (D) em plantas de pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e diferentes densidades aos 69 dias após a semeadura (DAS)----- **47**

Figura 7. Módulo hidropônico familiar utilizado----- **55**

Figura 8. Resultados de variáveis biométricas (60, 75 e 90 DAS) do pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para (A) altura de plantas e (B) taxa de crescimento absoluto----- **58**

Figura 9. Resultados de variáveis biométricas (60, 75 e 90 DAS) do pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para (A) taxa de crescimento relativo para altura de plantas e (B) Desdobramento da interação entre os tratamentos aos 60 e 75 DAS e exposição do efeito isolado dos tratamentos aos 90 DAS sobre o diâmetro do caule----- **59**

Figura 10. Resultados de variáveis biométricas (60, 75 e 90 DAS) do pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para a (A) taxa de crescimento absoluto e (B) relativo para o diâmetro do caule----- **60**

Figura 11. Resultados de variáveis biométricas (60, 75 e 90 DAS) do pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos aos 60 e 90 DAS e exposição do efeito isolado dos tratamentos aos 75 DAS sobre o número de folhas----- **61**

Figura 12. Resultados de produção de plantas de pimentão (cv. All Big), aos 95 dias após o semeio (DAS, cultivada em hidroponia de baixo custo sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para (A) número de frutos por planta e (B) massa de frutos por planta.----- **64**

Figura 13. Resultados de produção de plantas de pimentão (cv. All Big), aos 95 DAS, cultivada em hidroponia de baixo custo sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para (A) massa total de frutos--- **64**

Figura 14. Resultados de produção de plantas de pimentão (cv. All Big), aos 95 DAS, cultivada em hidroponia de baixo custo sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para (A) comprimento longitudinal e (B) comprimento transversal do fruto. **65**

ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVOS DO PIMENTÃO SOB ESTRESSE SALINO E DENSIDADE DE PLANTAS EM HIDROPONIA DE BAIXO CUSTO

Resumo: Problemas relacionados as questões hídricas limitam a produção de pimentão em regiões semiáridas devido à má distribuição das chuvas e período prolongado da estiagem. Contudo, o presente estudo teve como objetivo avaliar as trocas gasosas, rendimentos quânticos, o crescimento e a produção do pimentão, cv All Big, cultivado em hidroponia de baixo custo com solução nutritiva, obtida mediante a mistura de água salobra com água de chuva. O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba em ambiente protegido usando módulo hidropônico familiar em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 6 x 2 com cinco repetições; os tratamentos consistiram de 6 níveis de salinidade da solução nutritiva (1,7; 3,7; 5,7; 7,7, 9,7 e 11,7 dS m⁻¹) e dois espaçamentos de 0,2 e 0,3 m. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” e, em nível de 0,05 de probabilidade. A produção de frutos do pimentão foi mais expressiva quando adotou-se 20 cm de espaçamento, contabilizando-se até 26,38% a mais no número de frutos para mesmo intervalo salino. A densidade de plantas foi determinante sobre a sensibilidade das trocas gasosas à salinidade, inclusive , quando reduziu, mitigou seus efeitos sob níveis salinos mais elevados.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*, Trocas gasosas, Eficiências fotoquímica.

PHYSIOLOGICAL AND PRODUCTIVE ASPECTS OF PEPPER UNDER SALT STRESS AND DENSITY OF PLANTS IN LOW COST HYDROPONIA

ABSTRACT: Problems related to water issues limit pepper production in semi-arid regions due to poor distribution of rainfall and prolonged dry season. However, the present study aimed to evaluate gas exchange, quantum yields, growth and production of chili, All Big cv, grown in low cost hydroponics with nutrient solution, obtained by mixing brackish water with rainwater. The experiment was developed at the Federal University of Campina Grande - Paraíba in protected environment using a family hydroponic module in a completely randomized design in a 6 x 2 factorial arrangement with five replications; the treatments consisted of 6 salinity levels of the nutrient solution (1.7; 3.7; 5.7; 7.7; 9.7 and 11.7 dS m⁻¹) and two spacing of 0.2 and 0, 3 m. The results were analyzed by variance by the "F" test and at the 0.05 probability level. The production of chili fruits was more expressive when it adopted 20 cm of spacing, accounting for up to 26.38% more in the number of fruits for the same saline range. The density of plants was determinant on the capacity of the gas exchanges and salinity, including, when reduced, mitigated its impact under the higher saline.

Key words: *Capsicum annuum*, Gas exchange, Photochemical efficiency.

Capítulo I

1. Considerações Iniciais

1.1 INTRODUÇÃO

O cultivo em sistema hidropônico tem-se algumas vantagens, principalmente, quando associado à produção de culturas de alta rotatividade e valor comercial agregado, tais como: possibilitam o uso de água salobra na produção em níveis impensáveis no cultivo em solo; são compactos, proporcionando grandes produções em pequenas áreas; oferecem excelente ergonomia, ou seja, o seu manuseio não causa danos a coluna, nem expõe o usuário a insolação durante grandes períodos do dia; como trata-se de cultivo em ambiente protegido, reduz os efeitos da sazonalidade climática e possibilita antecipação da colheita e maior duração pós-colheita das hortaliças e flores (Santos Junior et al., 2015).

Em face da baixa disponibilidade de emprego para agricultores no contexto rural do semiárido brasileiro os quais, inclusive, residem em pequenas áreas e as compartilham com atividades agrícolas e pecuárias desenvolvidas em situações extremamente precárias, a implantação de tecnologias que proporcione o uso de água de poço artesiano, que equacionem situações hídricas e produção de alimentos são imprescindíveis para melhoria das condições de vida dessas famílias em situação de vulnerabilidade. Dentro desta lógica e considerando a relativa oferta de perfurações de poços em comunidades rurais do semiárido brasileiro, cujos níveis de salinidade da água do poço chega a $10,5 \text{ dS m}^{-1}$, o uso do sistema hidropônico torna-se viável a produção de hortaliças na agricultura familiar (Santos Júnior et al., 2015).

Visando especificamente uma alternativa para regiões do semiárido brasileiro, algumas pesquisas têm sugerido o aproveitamento de água salobra em sistema hidropônico na produção de hortaliças (Santos Junior et al., 2015; Santos Junior, 2013; Silva et al., 2011; Alves et al., 2011; Dias et al., 2011), no sentido de ampliar a disponibilidade hídrica e potencializar a produção agrícola dessas regiões. Conforme Nunes et al. (2013) o uso de água salobra com a condutividade elétrica acima de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ pode ser utilizada na preparação das soluções nutritivas no cultivo do pimentão, em substrato de fibra de côco com as menores perdas de rendimento por incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva, quando aplicadas aos 85 e 120 DAT, correspondendo a fase de frutificação.

A produção das culturas, inclusive, do pimentão, está naturalmente vinculada à utilização de água para o cultivo, especificamente nas regiões semiáridas que enfrentam sérios problemas com a falta de água, devido à má distribuição pluviométrica. A competição pelo uso dos recursos hídricos e sua menor disponibilidade requerem critérios adequados para uso na agricultura de forma a melhorar a eficiência e com isso os resultados

econômicos da atividade produtiva frente aos cenários atuais de escassez de água. Essa realidade demanda na busca de técnicas que viabilizem o uso de águas salobras, especialmente em sistemas hidropônicos, uma vez que a tolerância das plantas à salinidade em sistemas hidropônicos é maior do que no cultivo de solo (Dias et al., 2011).

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família das solanáceas, está entre as dez hortaliças mais importantes do Brasil, sendo uma cultura que, devido o ciclo curto apresenta retorno rápido dos investimentos e por isso, é largamente explorada por pequenos e médios horticultores (Marcussi & Villas Bôas, 2003). A cultura do pimentão está entre as cinco culturas com maior área em cultivo protegido, devido à grande produtividade e qualidade dos frutos. Porém, para assegurar essas vantagens é preciso adequar o manejo, principalmente quanto à suplementação hídrica, pois o pimentão é muito exigente em água e é considerado moderadamente sensível à salinidade (Almeida et al., 2012).

Os efeitos do déficit hídrico ou estresse salino em plantas é observado inicialmente com o fechamento dos estômatos, que é definido como as interações entre a água e os fatores bioquímicos da própria planta, com os edafoclimáticos e considerando que esta é a forma de defesa das plantas contra a desidratação, controlando a transpiração e o desenvolvimento de mecanismos de ajuste osmótico. A resistência estomática é simultaneamente afetada por diversos fatores ambientais. As folhas iluminadas, depende da temperatura do ar, do déficit de pressão do vapor, da concentração de CO₂ e do potencial de água no solo (Pimentel & Perez, 2000).

Considerando os argumentos acima mencionados, a apropriação destas tecnologias associadas ao uso de água salobra por agricultores familiares do semiárido paraibano pode reduzir os impactos causados pelos sais e aumentar a renda familiar.

1.2 Hipóteses

- É possível produzir pimentão nos padrões comerciais aproveitando água salobra em módulo hidropônico familiar;
- A interação salinidade/espacamento reduz os efeitos do estresse salino nas plantações de pimentão.
- A maior densidade de plantas reduz os efeitos da salinidade nas variáveis de trocas gasosas e fotoquímico em plantas de pimentão.
- A variação da concentração salina aumenta os danos causados no fruto do pimentão pela salinidade da solução nutritiva;
- É possível aumentar a produção de pimentão por unidade de área em sistema hidropônico e reduzir os efeitos da salinidade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar as trocas gasosas, rendimentos quânticos, crescimento e a produção do pimentão, cv All Big, cultivado em hidroponia de baixo custo com solução nutritiva, obtida mediante a mistura de água salobra com água de chuva.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o crescimento e produção do pimentão “cv. All Big”, submetido a níveis crescentes de salinidade na solução nutritiva em diferentes espaçamentos;
- Analisar os efeitos da salinidade nas trocas gasosas do pimentão “cv. All Big” em diferentes espaçamentos.
- Analisar as respostas do pimentão “cv. All Big” cultivado em sistemas hidropônico, na interação salinidade vs espaçamento e seus efeitos sobre as variáveis dos rendimentos quânticos;
- Analisar fluorescências e as taxas de crescimento do pimentão em função dos níveis crescentes da salinidade na solução nutritiva em diferentes espaçamentos;

1.4 Referências

- ALMEIDA, J. P. N. de; NUNES, R. L. C.; DIAS, N. da 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, 2012, Fortaleza. **I Inovagri international meeting & winotec**. Fortaleza: Inital, 2012.
- ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 491-498, 2011.
- DIAS, N. da S.; LIMA, F. A. de; SILVA, C. R. da; SOUSA NETO, O. N. de; GHEYI, H. R. Use of reject brine from desalination on different development stages of hydroponic lettuce. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 76-81, 2011.
- 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.
- PIMENTEL, C., PEREZ, A. J. C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca em genótipos de feijoeiro. Pesquisa. Agropecuária Brasileira. v.35, n.1, p.46-58, 2000.
- SANTOS JUNIOR, J.A. ; GHEYI, H. R. ; CAVALCANTE, A. R. ; MEDEIROS, S. de S. ; Dias, N. da S. ; SANTOS, D. B. . Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 1152-1158, 2015.
- SANTOS JÚNIOR, J.A. Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores em sistema hidropônico alternativo para regiões semiáridas. 235p. (**Tese de Doutorado**): UFCG, 2013.
- SILVA, E. N.; RIBEIRO, R.V.; SILVA, S.L.F.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agrícola**, v. 68, n. 1, p. 62-68, 2011.

Capitulo II

2. Estado da Arte

2.1. A Cultura do pimentão

O pimentão é originário do México e pertence à espécie *Capsicum annuum* L., da família das solanáceas, ocorrendo de forma silvestre desde o sul dos Estados Unidos da América até o norte do Chile (Filgueira, 2008). É cultivado em todo território Brasileiro, ocupando uma área equivalente a 13 mil hectares, com a produção de 350 mil toneladas de frutos, e está entre as 10 hortaliças mais plantadas no Brasil (Almeida et al., 2012). O cultivo do mesmo ocorre, principalmente, nos estados de São Paulo e Minas Gerais, sendo a região sudeste a maior consumidora dessa hortaliça (Silva, 2012).

2.1.1. Ecofisiologia

As principais variedades de pimentão cultivado no Brasil são: Amanda, Elisa, Matador, Magaly, Mandarin, Margarita, Zarco e All Big. A planta é arbustiva, cujas raízes atingem até um metro de profundidade, com pouco desenvolvimento lateral e o caule semilenhoso, a altura do pimentão é, em média um metro, com o sistema radicular pivotante e profundo, atingindo até 100 cm de profundidade e as folhas ovais de cor verde escuro e as flores pequenas, isoladas nas axilas foliares, hermafroditas e de corola branca; são predominantemente autógamas, porém apresentam cerca de 36% de polinização cruzada (Blat & Costa, 2007).

O pimentão possui a seguinte classificação botânica: Divisão: Spermatophyta; Subdivisão: Angiosperma; Sub-classe: Malvales-Tubiflorae; Ordem: Solanales; Família: Solanaceae; Gênero: *Capsicum*; Espécie: *Capsicum annuum* (Casali & Couto, 1984).

Os frutos do tipo baga, de formato cônico, semi-cônico, retangular ou quadrado, encontrado em variadas cores, como o amarelo, verde, vermelho, creme, laranja e roxo, possui folhas de coloração verde-escura de formato oval-lanceolado, flores pequenas em tons de branco e pode atingir uma altura de até um metro e meio (Filgueira, 2008). A produção de frutos por planta é em torno de 12 frutos planta⁻¹ (Araújo et al., 2009), cultivado em ambiente protegido.

O ciclo fenológico é dividido em quatro estádios (inicial, vegetativo, reprodutivo e maturação), sendo que o estágio reprodutivo e o de maturação se sobrepõem, ou seja, existem ao mesmo tempo plantas em pleno florescimento, com frutos em desenvolvimento e com frutos maduros. O ciclo da cultura pode variar entre 100 e 110 dias da sementeira até o início da colheita de frutos verdes, podendo prolongar-se este período, quando se deseja

produzir frutos maduros de coloração vermelha, amarela. O estágio inicial de estabelecimento da cultura, no caso de semeio direto no campo, vai da semeadura até as plantas atingirem 4 a 6 folhas definitivas. O estágio vegetativo compreende o período entre o estabelecimento inicial das plantas e o florescimento pleno. Estádio Reprodutivo vai da floração plena até o início da maturação de frutos. Estádio de maturação é entre o início da maturação de frutos e a última colheita (Filgueira, 2008).

2.1.2. Exigências hídrica e nutricional

A deficiência de água, especialmente durante os estádios de floração e pegamento de frutos, reduz a produtividade em decorrência da queda de flores e abortamento de frutos. O pimentão é altamente sensível à deficiência e ao excesso de água, sendo mais sensível durante o florescimento, a formação e o desenvolvimento dos frutos. A falta de água durante a floração causa redução nos frutos, enquanto que durante o início de frutificação pode restringir a translocação de cálcio, favorecendo o surgimento de frutos com podridão apical (Marouelli & Silva, 2012)

A necessidade total de água pela cultura depende essencialmente das condições climáticas, duração do ciclo e dos sistemas de cultivo e de irrigação adotados, variando de 450 mm a 650 mm conforme Marouelli & Silva. (2012). Em condições de cultivo protegido, a ETc é de 20% a 30% menor do que em cultivos a campo. Entretanto, sendo o ciclo do pimentão mais longo que em condições de campo, a necessidade total de água da cultura no cultivo protegido pode se igualar ou, até mesmo, superar a do cultivo em campo.

Em relação à exigência nutricional do pimentão, o potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais exportados pelas plantas (Epstein & Bloom, 2006). A extração de micronutrientes em pimentão no híbrido (cv. Elisa) em condições de cultivo protegido, foi maior desenvolvimento das plantas, assim como maior necessidade nutricional de B, Cu, Fe, Mn e Zn, foi observado no período de 120 e 140 dias após o transplante de mudas, período esse, em que as plantas absorve e acumula a maior quantidade desses elementos. Com relação à absorção destes nutrientes a ordem foi Cu (57%); B (49%); Zn (48%); Fe (44%) e Mn (40%) aos 140 dias de cultivo (Marcussi & Vilas Bôas, 2003).

2.1.3. Condições climáticas

O pimentão é cultivado em regiões tropicais e temperadas, sendo que dentre os fatores climáticos a temperatura tem influência direta em algumas funções vitais para planta tais como: germinação, crescimento, trocas gasosas, floração e frutificação (Tivelli, 1999), sendo a temperatura ideal na fase de floração e frutificação entre 20° e 25°C, temperatura superior a 35°C compromete a floração e a frutificação provocando o aborto e a queda das flores. Temperaturas inferiores a 8 – 10° C reduzem a qualidade dos frutos (Fontes, 2005).

O fotoperíodo não é fator limitante nesta cultura, pois ocorre floração e frutificação em qualquer comprimento de dia, ou seja, a planta é de dia curto facultativo com florescimento, frutificação e maturação de frutos mais precoces em dias curtos, favorecendo a produtividade (Filgueira, 2008).

2.2. Sistema hidropônico

O termo hidroponia é de origem grega: Hydro = água e Ponos = trabalho, cuja junção significa trabalho em água. Trata-se de uma técnica alternativa de cultivo, na qual o solo é substituído pela solução nutritiva onde estão contidos todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. Esta técnica é, também, conhecida como cultivo sem solo (Sediyama & Pedrosa, 1999). A hidroponia é uma técnica de cultivo que além de utilizar pouco espaço e não depender da qualidade dos solos permite a utilização do efluente doméstico e água salobra como solução nutritiva com elevado índice de eficiência do uso da água e nutrientes, além de reduzir os riscos de contaminação e salinização do solo, já que não existe o contato direto do homem com o efluente e nem da água com o solo (Santos Júnior, 2013).

Dentre as suas vantagens o cultivo hidropônico apresenta uma uniformidade maior na produção, maior produção por área, redução do ciclo de cultivo, menor gasto de mão de obra, maior eficiência do uso da água e fertilizantes e oferece produtos limpos e de qualidade. Como desvantagem apresenta maior investimento inicial, comparado ao cultivo convencional; necessidade de conhecimentos técnicos e dependência de energia elétrica. Esses fatores fazem do cultivo hidropônico uma alternativa à agricultura tradicional (Sediyama & Pedrosa, 1999).

2.2.1 Principais sistemas hidropônicos

Os principais sistemas da hidroponia são: Sistema de Pavio, Sistema de Leito Flutuante, Sistema de Sub-Irrigação, Sistema NFT, Sistema de Gotejamento, Sistema Aeropônico (Sediyama & Pedrosa, 1999) e o módulo hidropônico familiar (Santos Júnior, 2013).

O sistema de pavio é considerado o mais simples de todos os sistemas. A solução nutritiva é retirada de um depósito e conduzida para o meio de cultura (dentro do cano), e raízes das plantas por capilaridade, através de um ou mais pavios. O Leito Flutuante é considerado o sistema mais simples entre os ativos. As plantas são ancoradas em uma plataforma que flutua diretamente na superfície da solução de nutrientes contida em um depósito. As raízes ficam total ou parcialmente imersas na solução.

Os Sistemas de Sub irrigação consistem de canais de materiais diversos montados na superfície das casas de vegetação. Os canais possuem em torno de 0,80 m de largura por 30 a 35 cm de comprimento e altura de 0,30 a 0,35m e são preenchidos com substratos com 12 a 30 mm de diâmetro. É um sistema ativo, no qual se enche uma bancada ou bandeja com solução nutritiva e depois a esvazia rapidamente e o processo é feito através de uma bomba controlada por um temporizador. A quantidade de vezes em que este processo é feito por dia, depende do tipo de planta, da temperatura, umidade e tipo de cultura utilizado. O fornecimento da solução nutritiva é feito por canal principal que alimenta tubos de PVC perfurados, esta ascende lentamente de baixo para cima, sendo posteriormente drenada para um tanque coletor, de onde voltará a ser bombeado para o canal alimentando sob o controle de um temporizador. A solução permanece em contato com o substrato aproximadamente 30 minutos, tempo suficiente para que a planta absorva os nutrientes, e evite a evaporação ou a criação de alga, que prejudica o desenvolvimento da planta.

O Sistema Nutrient Film Technique (NFT), técnica de hidroponia que surgiu na Inglaterra em 1965, sugere que a espessura do fluxo da solução nutritiva que passa através das raízes das plantas deve ser bastante espessa para fornecer a planta tudo o que ela necessita e ao mesmo tempo o fluxo não deve ser demasiado alto ao ponto de deixar as raízes submergidas e causando falta de oxigenação radicular. Neste sistema a um fluxo constante de solução nutritiva, não sendo necessário temporizador. A solução nutritiva é bombeada de um depósito para um canal de cultura, na forma de filme ou tubo de secção retangular, dependendo do porte da planta. Parte da raiz da planta fica submersa na solução e outra parte fica em contato com o ar úmido, de onde retira o oxigênio.

O Gotejamento em sistema hidropônico tem como vantagens em relação aos demais, o fato de as plantas receberem sempre uma solução nova e equilibrada, além dos riscos de disseminação de doenças serem menores, já que a solução não recircula. Ao passar dos tempos,

começaram a observar que os lixiviados descartados estavam contaminando o lençol freático, com isso surgiu a recirculação também nesse sistema. Como vantagem, apresenta alta eficiência do uso de água e solução nutritiva assim como ajudam a diminuir os problemas ambientais oriundo da horticultura intensiva. O manejo da solução nutritiva é feito com a retirada do depósito por uma bomba controlada por um temporizador e levada através de tubos até o colo da planta, onde é descarregada na forma de gotas, por meio de pequenos dispositivos chamados gotejadores.

Em Aeroponia, não é utilizado nenhum tipo de substrato. O espaço de cultivo é otimizado pois na aeroponia as plantas são cultivadas suspensas no ar, tendo como sustentação canos de PVC que podem ser dispostos no sentido horizontal ou vertical, permitindo um melhor aproveitamento de áreas e a instalação de um número maior de plantas por metro quadrado de superfície da estufa, obtendo-se, assim, um aumento direto de produtividade. Na Aeroponia Vertical utiliza-se tubos de PVC de quatro polegadas, de cerca de 2 m de comprimento, espaçadas de 1,40 m entre elas, formando grupos. Entre os grupos se deixa o espaçamento de 1,80 m. Maneja-se a formação de grupos de modo que a luminosidade e a temperatura sejam as desejáveis para boa produtividade. Aeroponia Horizontal consiste fundamentalmente em cultivar as plantas em tubos de PVC de 12 a 15 cm de diâmetro, em cujo interior passa a solução nutritiva. Os tubos são colocados com inclinação de 1-3%. As mudas são colocadas, nos tubos de PVC, em perfurações de 3-4 cm de diâmetro e no espaçamento indicado à cultura. Os tubos de PVC são colocados um em cima dos outros, a 1 m de distância, paralelamente. A solução entra pela parte mais alta do tubo saindo pela outra extremidade.

O módulo hidropônico familiar é constituído de um suporte de madeira impermeabilizada com capacidade de suporte para 12 tubos de PVC de 6 m de comprimento, adaptado as condições das regiões semiáridas, com baixa precipitação e alto volume de água salobra, como também a falta de energia elétrica, que nestas regiões falta com frequência (Santos Júnior, 2013). Tem como vantagem a otimização do espaço que ocupa, proporcionando a execução do trabalho se feito em condições ideais de ergonomia. A alta eficiência no uso de água e fertilizante, dispensando o uso da energia elétrica, por ser um sistema movido pela gravidade. Em cada tubo, é mantido uma lamina de 20 litros ao qual, aumenta o tempo de circulação, sendo necessário no máximo 3 circulação da solução nutritiva, não alterando assim nem o pH e nem a condutividade elétrica da solução.

2.2.2 Substrato usado no sistema semi-hidropônico

No sistema semi-hidropônico, os principais substratos utilizados são a areia lavada, a casca de arroz carbonizada, a fibra de côco, entre outros, sendo priorizada a utilização dos substratos obtidos a partir de subprodutos que mitiguem impactos ambientais e que possam ser facilmente encontrados nos ambientes de produção, desde que ofereçam condições ótimas de emergência e vigor (Santos Júnior, 2013).

O substrato mais utilizado no módulo hidropônico familiar é a fibra de coco proveniente da casca do côco verde processada (fibra de côco) na agricultura que tem grande importância econômica e social, também ambiental. As propriedades físico-químicas da fibra apresentam os seguintes valores médios: pH = 5,4; condutividade elétrica (CE) = 1,8 dS m⁻¹; porosidade total = 95,6%; retenção de água = 538 ml L⁻¹; capacidade de aeração = 45,5% e água facilmente assimilável = 19,8% (Carijo et al., 2002).

2.2.3 Águas alternativas em cultivo hidropônico

2.2.3.1 Água salobra

A disponibilidade hídrica no semiárido brasileiro é influenciada diretamente pelo efeito conjunto de baixos índices de precipitação, distribuídos de forma irregular durante o ano e elevadas taxas de evapotranspiração (Melo et al., 2007). Contudo poços artesianos são perfurados com frequência nesta região, para suprir a necessidade hídrica dos animais e para uso doméstico. As águas destes poços são salinas devido ao alto teor de sais, provenientes das rochas cristalinas.

Conforme Oliveira et al. (2007) o aproveitamento dessas águas no semiárido brasileiro é fundamental para a ampliação da oferta de água visando à produção agrícola. Portanto Leal (1999) referencia às fontes subterrâneas, devido ao predomínio das rochas cristalinas, os sistemas aquíferos (tipo fissural) e apresentam vazões inferiores a 3 m³ h⁻¹ e teores de sólidos dissolvidos totais, em média, 3 g L⁻¹.

O cultivo de pimentão nessas regiões encontra limitações, devido a qualidade desta água. Lima et al. (2014), estudando a cultura do pimentão, observaram efeito decrescente no número de frutos com aumento da salinidade acima de 2,0 dS m⁻¹. Conforme Aktas et al. (2009) o estresse salino provoca inibição no crescimento do pimentão e distúrbios na permeabilidade das membranas celulares e alterações na condutância estomática. Nascimento et al. (2015) estudando a cultura do pimentão (cv. Atlantis), em condições de solo, no intervalo de 0,5 e 5 dS m⁻¹ verificaram redução no número de folhas. Contudo se faz

necessário o uso de técnicas que reduzam os efeitos da salinidade no cultivo de hortaliças, destacando a cultura do pimentão.

Devido às condições enfrentadas pelos agricultores dessas regiões (Santos Júnior, 2013) na concepção de tecnologias e procedimentos metodológicos que visem ao aproveitamento de águas salobras em atividades agrícolas, dentro de uma lógica sustentável do ponto de vista social, econômico e ambiental, é uma das alternativas para o fortalecimento de diversas cadeias produtivas na região semiárida, destacando o uso do sistema hidropônico associados à produção de hortaliças, como forma de gerar emprego e renda em regiões com déficit hídrico.

2.2.3.2 Água de chuva

O semiárido brasileiro possui características climáticas que dificultam o acesso a recursos hídricos, porém o desafio é encontrar alternativas viáveis que equacione o uso e eficiência da água de chuva. Uma alternativa é a captação de água para armazenar e assim suprir a necessidade hídrica diária da família, garantindo desta forma água doce de qualidade. Contudo a produção agrícola é drasticamente afetada pela baixa precipitação, limitando toda a produção.

Conforme Medeiros et al. (2015) afirmam que o volume de água armazenado nos reservatórios em regiões semiáridas, atingem 9,27 mil km³, o que representa apenas 28% da capacidade total de acumulação, sendo monitorado 391 reservatórios, desses, 11% não dispunham de informação, 13% tinham entrado em colapso (dos quais 42% dos reservatórios estão localizados no semiárido pernambucano), e 38% estão em estado crítico. Foram ainda registrados que 28% dos reservatórios monitorados têm seus volumes oscilando entre 10 a 30%.

A região semiárida corresponde a uma das seis grandes zonas climáticas do Brasil e inclui as terras interiores à de 800 mm (Pinto, 1999). Portanto a captação de água de chuva, associado a tecnologia que aumenta o uso e eficiência de água diluído com água salobra, surgem como alternativa que incentive a produção agrícola e evite o êxodo rural nessas regiões.

2.3. Classificação da água para irrigação

No que se refere a qualidade de água em relação a salinidade se define em função de três critérios básicos: Salinidade, sodicidade e toxicidade: Os critérios de salinidade avaliam o risco de que o uso da água ocasiona a concentração de sais, com o correspondente osmótico e diminuição de rendimentos dos cultivos. Quanto ao critério de sodicidade analisa o risco de que se induza uma elevada Percentagem de Sódio Trocável (PST). O critério de toxicidade estuda os problemas que podem criar determinados íons acumulados nos tecidos vegetais.

Conforme análise da água utilizada, a concentração de sais está acima do permitido para uso na irrigação (30 dS m^{-1}), classificação desta água em C₄. Água de salinidade muito alta, ou seja, não é apropriada para irrigação. Com relação a concentração de sódio na água utilizada uma RAS de $30,74 \text{ (mmol L}^{-1})^{0,5}$, classificada como S₂. Água com conteúdo médio em sódio ($18,87 - 4,44 \log \text{ CE} < \text{RAS} \leq 31,31 - 6,66 \log \text{CE}$) em solos com textura fina representa um perigo considerável, mais ainda se dito solos que possuem uma alta capacidade de intercâmbio de cátions, especialmente em condições de lixiviação deficiente, a menos que o solo contenha gesso.

Conforme a análise de água, a classificação proposta pelos técnicos do laboratório de salinidade dos Estados Unidos classifica como uma água imprópria para ser utilizada na irrigação para cultivo em solo. Portanto o sistema hidropônico proporciona o uso desta sem causar impactos ao meio ambiente e equacionando todas as limitações com uso da água salobra.

2.4 Referências

- ALMEIDA, J. P. N. de; NUNES, R. L. C.; DIAS, N. da S.; COSTA, J. M. da. Crescimento do pimentão submetido a diferentes níveis de salinidade e fases de exposição. In: Inovagri international meeting & iv workshop internacional de inovações tecnológicas na irrigação, 2012, Fortaleza. **I Inovagri international meeting & winotec**. Fortaleza: Inital, 2012.
- AKTAS, H.; ABAK, K.; ÇAKMAK, I. Genotypic variation in the response of pepper to salinity. **Scientiae Horticulturae**, v.110, n.3, p.260-266, 2009.
- 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.
- BLAT, S.F.; COSTA, C.P. A cultura do pimentão. Série Produtor Rural, 34 Piracicaba: ESALQ- Divisão de biblioteca e comunicação, 2007,29 p.
- CAMARGO FILHO, W. P. de; CAMARGO, F. P. de. Acomodação da produção olerícola no Brasil e em São Paulo, 1990-2010 – Análise prospectiva e tendências 2015. São Paulo, 1990-2010: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: Acesso em: 21 de janeiro de 2018.
- CARRIJO, O.A.; LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.
- CASALI, V. W. D.; COUTO, F. A. A. Origem e botânica de Capsicum. **Informe Agropecuário**, v. 10, n. 113, p. 8-10, 1984.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. 2006. Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas. Londrina: Planta. 403p
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. 2008. 242 p.
- FONTES, P. C. R. Olericultura: teoria e prática. Viçosa, MG: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2005. 486 p.
- LEAL, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). O estado das águas no Brasil; perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 139-164.

- LIMA L. A.; OLIVEIRA F.A.; ALVES, R. C; BEZERRA, F. M. S; SILVA, N. K. C; GUEDES, R. A. A. Rendimento de frutos de pimentão sob estresse salino parcial do sistema radicular. **II Inovagri International Meeting**, 2014.
- MARCUSSI, F.F.N.; VILAS BÔAS, R.L. Teores de macronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. **Irriga**, v. 8, n. 2, p. 120-131, 2003.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, L.C.W. Irrigação na cultura do pimentão. Brasília, DF: Embrapa hortaliças , 2012. 20p. (Embrapa hortaliças. Circular técnica, 101).
- MEDEIROS, S.S.; LIMA, R.C.L.; LIMA, J.P. Monitoramento dos reservatórios da região semiárida. Instituto Nacional do Semiárido, volume 2 , número 11 , novembro 2015.
- MELO, J.G.; MEDEIROS, A.B.; VASCONCELOS, M.B.; CASTRO, V.L.L. Aspectos hidrogeoquímicos e classes de água do aquífero cárstico jandaíra para irrigação, Barauna, RN. **Águas Subterrâneas**, v.21, n.1, p.9-21, 2007.
- NASCIMENTO, L. B.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; LIMA, B. L. C.; SILVA, J. L. A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.1, p37-43, 2015.
- OLIVEIRA, C. J.; BARRETO, N. D. S.; DUDA, G. P.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; SOUZA, P. A. Produção de pimentão em função de diferentes resíduos orgânicos comerciais. In: 47 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2007, Porto seguro-BA. Resgatando e Valorizando as Hortaliças Subutilizadas. Campinas-SP: **Horticultura Brasileira**, 2007.
- PINTO, J. E. S. S. Os reflexos da seca no Estado de Sergipe. São Cristóvão: NPGeo/UFS, 1999. 179 p.
- SANTOS JÚNIOR, J.A. Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores em sistema hidropônico alternativo para regiões semiáridas. 235p. (Tese de Doutorado): UFCG, 2013.
- SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W. Hidroponia : uma técnica alternativa de cultivo. Belo Horizonte, MG: EPAMIG. 1999 12p.
- TIVELLI, S. W. Sistemas de cultivo na cultura do pimentão (*Capsicum annum* L.) vermelho em ambiente protegido. 1999. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

CAPITULO III

3. ARTIGOS PRODUZIDOS

3.1 Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do pimentão hidropônico sob salinidade e densidades de plantio

RESUMO: As trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* são formas de analisar fisiologicamente a resposta das plantas ao estresse salino. Nesta lógica, desenvolveu-se entre agosto e novembro de 2016 em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande (7°12'52" Sul, 35°54'24" Oeste, altitude média de 550 m) o presente trabalho, utilizando-se plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cv. All Big, expostas à níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (1,7; 3,7; 5,7; 7,7; 9,7 e 11,7 dS m⁻¹) e cultivadas em hidroponia com plantas espaçadas a cada 0,2 m e 0,3 m, com foco na análise das trocas gasosas e eficiência fotoquímica. Adotou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições e os resultados foram submetidos à análise de variância, mediante teste F, em nível de 0,05% de probabilidade. Concluiu-se que a densidade de plantas foi determinante sobre a sensibilidade das trocas gasosas à salinidade, inclusive, quando reduzida, mitigou seus efeitos sob níveis salinos mais elevados. Por outro lado, o aumento da densidade de plantas em níveis de condutividade elétrica elevados provocaram danos ao aparato fotossintético, reduzindo, inclusive, os níveis de eficiência do Fotossistema II a partir de 3,98 dS m⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Capsicum annuum* L., Águas salobras, Fotossíntese.

Gas exchanges and phytokymic efficiency of hidroponics chili peppers under salinity and plant density

ABSTRACT: Gaseous exchanges and fluorescence of chlorophyll a are ways to physiologically analyze the response of plants to saline stress. In this logic, the present work was developed between August and November 2016 in a greenhouse of the Federal University of Campina Grande (7 ° 12'52 "South, 35 ° 54'24" West, average altitude of 550 m). (*Capsicum annuum* L.), cv. All Big, exposed to the electrical conductivity levels of the nutrient solution (1,7; 3,7; 5,7; 7,7; 9,7 and 11,7 dS m⁻¹) and cultivated in hydroponics with plants spaced each 0,2 m and 0,3 m, focusing on gas exchange analysis and photochemical efficiency. A completely randomized experimental design was used, in a 6 x 2 factorial scheme, with five replications, and the results were submitted to analysis of variance using a F-test, at a 0,05% probability level. It was concluded that the density of plants was determinant on the sensitivity of the gas exchanges to the salinity, even when reduced, mitigated its effects under higher salt levels. On the other hand, the increase of the density of plants at high levels of electrical conductivity caused damage to the photosynthetic apparatus, reducing, even, the efficiency levels of Photosystem II from 3,98 dS m⁻¹.

KEYWORDS: *Capsicum annuum* L., Brackish water, Photosynthesis.

3.2 Introdução

A produção de pimentão em regiões semiáridas é desafiadora, especialmente pela limitação de oferta e pela salinidade da água disponível para agricultura. Desta forma, o uso da hidroponia, tem sido mencionado (Santos Junior et al., 2013) como uma forma de cultivo que permite equacionar vários limites impostos pelo ambiente para o cultivo do pimentão e otimizar a eficiência do uso da água a ser usada nas condições de pequenos agricultores, a dita hidroponia de baixo custo (Santos Júnior et al., 2016).

Portanto, mesmo em condições hidropônicas, o uso de técnicas como a mistura de águas, pode mitigar o efeito deletério da salinidade (Soares et al., 2010) e, inclusive, viabilizar o uso de águas salinas, não toleradas pelo pimentão, especialmente quando associadas a outras formas de mitigação, como o aumento da densidade de plantas (Santos Junior et al., 2015).

Neste sentido, sobre as maneiras de analisar fisiologicamente a resposta do pimentão ao estresse salino imposto, Melo et al. (2017a) comentam que o estudo das trocas gasosas fornece subsídio importante, uma vez que a absorção de dióxido de carbono (CO_2) é fundamental para que seja realizada a fotossíntese. Por outro lado, Yusuf et al. (2010) recomendam a avaliação da fluorescência, por representar um sinal intrínseco emitido pelas folhas sobre o seu estado fisiológico, incluindo mudanças no aparato fotossintético e no processo de desenvolvimento (Cha-Ume & Kirmanee, 2011; Silva et al., 2011).

As trocas gasosas e a eficiência fotoquímica tem sido utilizada como parâmetro de análise do crescimento e desenvolvimento de plantas por diversos autores (Suassuna et al., 2011; Silva et al., 2010), inclusive na cultura do pimentão (Melo et al., 2017a) entretanto, um dos questionamentos relevantes ao uso das trocas gasosas é que suas medidas são significativas para determinar as taxas fotossintéticas, porém, podem não ser eficientes para avaliar os efeitos deletérios nos cloroplastos (Santos et al., 2010). Nesse sentido, 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), dentre elas o estresse salino.

Diante do exposto, o presente estudo foi desenvolvido com a proposta de analisar os aspectos fisiológicos através das trocas gasosas e a eficiência fotoquímica em plantas de

pimentão cultivadas em sistema hidropônico em condições de estresse salino e diferentes densidades de plantio.

3.3 Material e métodos

3.3.1 Localização

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação entre os meses de agosto e novembro de 2016, na UFCG, Campina Grande – PB (7°12'52" de latitude Sul, 35°54'24" de longitude oeste com altitude média de 550m).

3.3.2 Delineamento, tratamentos e semeio

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com 12 tratamentos, no esquema fatorial 6x2, com 5 repetições, consistindo de seis níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (1,7; 3,7; 5,7; 7,7; 9,7; 11,7 dS m⁻¹) e de duas densidades de cultivo de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivar All Big, ou seja, plantas postas em células espaçadas a 20 cm e a 30 cm.

O semeio do pimentão ocorreu em copos plásticos descartáveis de 200 mL, perfurados nas laterais e no fundo, preenchidos com fibra de coco. As mudas foram irrigadas com água de chuva diariamente, pela manhã e à tarde, até os 24 dias após o semeio (DAS). Aos 25 DAS, foram inseridas nos tubos, conforme tratamentos previamente estabelecidos.

3.3.3 Módulo hidropônico usado no experimento

O sistema hidropônico (Figura 1) 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, e os copos com as mudas foram acondicionados em aberturas com diâmetro de 60 mm, espaçadas conforme tratamento. 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).

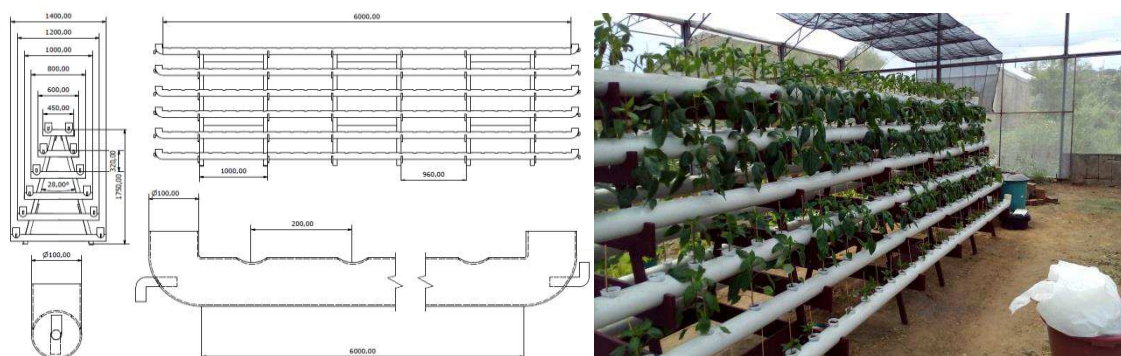


Figura 1. Modulo hidropônico familiar

3.3.4 Água utilizada no experimento

A água 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 (Parron et al., 2011): pH (8,24), CE (29,15 dS m⁻¹), K (0,012 g L⁻¹), o Na (5,50 g L⁻¹), o Ca (0,41 g L⁻¹), 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 os seguintes níveis de salinidade da água: 0,2; 2,2; 4,2; 6,2; 8,2 e 10,2 dS m⁻¹ os quais, após a solubilização dos fertilizantes (Furlani et al., 1999) atingiram os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) propostos.

3.3.5 Manejo da solução nutritiva

O manejo da solução nutritiva consistiu na aplicação diária e manual de 40 L de solução nutritiva duas vezes ao dia (8 e 17 horas), por tubo, conforme tratamentos com vistas à recirculação dos nutrientes. A reposição da lâmina evapotranspirada no respectivo reservatório foi efetuada semanalmente, com a respectiva mistura de águas utilizada no preparo da solução nutritiva.

3.3.6 Variáveis analisadas

Em relação às trocas gasosas, avaliou-se a concentração interna de carbono (Ci) (μmol m⁻² s⁻¹), taxa de fotossíntese líquida (A) (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹), transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), condutância estomática (Gs) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), a eficiência

instantânea no uso da água (EIUA-A/E) calculada relacionando-a à fotossíntese líquida 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-A/Ci) $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})]$ a partir da relação entre a fotossíntese líquida e a concentração interna de carbono. Todas estas variáveis foram mensuradas aos 49 e 60 DAS (fase de frutificação), entre 7 e 9 horas, 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 $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Quanto à eficiência fotoquímica, avaliou-se a concentração de fluorescência mínima (F0) e máxima (Fm) da folha adaptada ao escuro, fluorescência máxima variável (Fv), máxima 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 mínima. Os dados foram mensurados aos 69 DAS às 8 horas, com auxílio de um fluorômetro portátil (LI-1600, USA), em folhas intermediárias dos ramos, pré-adaptadas ao escuro após período de 30 min.

3.3.7 Análise estatística

Os dados 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, priorizou-se a discussão da interação entre os tratamentos e, nas demais situações, realizou-se análise de regressão polinomial para a CEs_n e comparou-se as densidades de plantas mediante teste de médias (Tukey). Todas as análises foram realizadas com auxílio de software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

3.4 Resultados e discussão

As trocas gasosas das plantas foram influenciadas ($p < 0,01$) pela interação salinidade vs densidade de plantas aos 49 e 60 DAS. Registra-se, no entanto, que aos 60 DAS, a condutância estomática sofreu apenas, influência dos tratamentos de forma isolada (Tabela 1)

Tabela 1. Teste F para concentração interna de carbono (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), eficiência instantânea no uso da água (EIUA-A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (EICi-A/Ci) sob estresse salino e densidade de plantas aos 49 e 60 dias após a semeadura (DAS)

Fonte de Variação	GL	Ci		A		E	
		49 DAS	60DAS	49 DAS	60DAS	49 DAS	60DAS
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	1	**	**	**	**	**	**
Reg. Quad.	1	**	**	**	**	**	**
Densidade (E)	1	ns	**	ns	ns	**	ns
S x E	5	**	**	**	**	**	**
CV	%	0,93	1,83	7,77	8,78	3,44	5,01
Fonte de Variação	GL	Gs		EIUA		EICi	
		49 DAS	60DAS	49 DAS	60DAS	49 DAS	60DAS
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	1	**	**	**	**	**	**
Reg. Quad.	1	**	**	**	**	**	**
Densidade (E)	1	ns	**	ns	**	ns	**
S x E	5	**	ns	**	**	**	**
CV	%	12,90	10,91	8,29	8,70	10,86	13,12

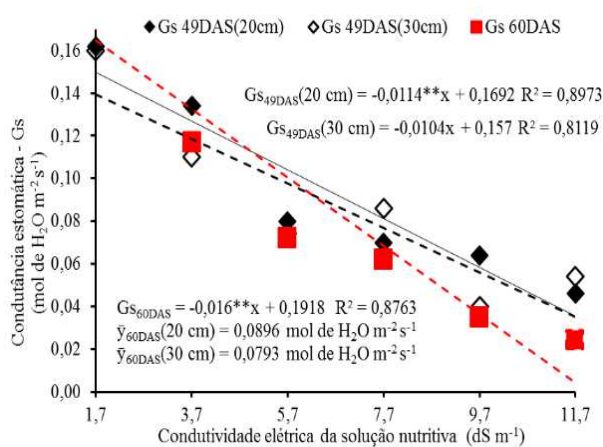
** , *:significativos a 0,01 e 0,05. ns: não significativo respectivamente.

Quanto à condutância estomática (Figura 2A), verificou-se aos 49 DAS, reduções à razão de 0,0114 e 0,0104 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a cada dS m^{-1} incrementado, em plantas sob 20 e 30 cm, respectivamente. Aos 60 DAS, em termos relativos, a redução da Gs por incremento unitário da salinidade foi de 0,016 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$; especificamente quanto às densidades de plantio, verificou-se médias de 0,0896 e 0,0793 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em plantas a cada 20 e 30 cm, respectivamente. O fechamento estomático é um dos primeiros mecanismos de defesa das plantas expostas ao estresse salino. Especificamente no presente trabalho, sob CEsn de 11,5 dS m^{-1} , por exemplo, verificou-se níveis muito baixos de Gs (0,035 e 0,056 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ aos 49 e 60 DAS, respectivamente) cujo impacto desencadeou, indubitavelmente, limitações na transpiração e na assimilação de CO_2 e, conseqüentemente, no processo fotossintético (Freire, et al., 2014; Campos et al., 2014).

Verificou-se conseqüentemente, redução na transpiração das plantas (Figura 2B). Aos 49 DAS, até a CEsn estimada em 9,824 dS m^{-1} as plantas mais adensadas transpiraram mais; aos 60 DAS, este resultado foi análogo até 7,525 dS m^{-1} , a partir desta CEsn, as plantas a cada 30 cm transpiraram mais. Destaca-se que houve maior taxa de transpiração nas plantas mais adensadas até níveis específicos de CEsn, a partir dos quais, registrou-se nas plantas menos adensadas maior intensidade de transpiração. Provavelmente, a influência do maior número de plantas sobre variáveis como temperatura, radiação, entre outras, permitiu uma

melhor gestão do estresse salino até certa CESn e possibilitou maiores níveis de transpiração (Lima et al., 2010).

A.



B.

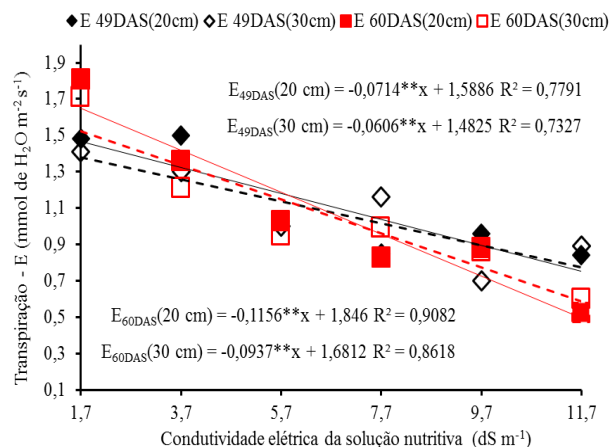


Figura 2. Desdobramento da interação entre os tratamentos para a condutância estomática (A), transpiração (B) em plantas de pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e diferentes densidades aos 49 e 60 dias após a semeadura (DAS).

Aos 49 DAS, verificou-se que, sob 20 cm de espaçamento, a Ci (Figura 3A) reduziu à razão de $11,543 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ por incremento unitário da CESn no intervalo salino trabalhado; com o aumento do espaçamento para 30 cm, verificou-se Ci mínima ($212,346 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) sob a CESn estimada de $8,27 \text{ dS m}^{-1}$, com a ressalva de que em condições salinas superiores a $7,786 \text{ dS m}^{-1}$, a concentração interna de CO_2 nas plantas foi maior quando adotou-se 30 cm de espaçamento. Aos 60 DAS, a partir da CESn estimada em $4,422 \text{ dS m}^{-1}$ ($251,70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), verificou-se maior Ci nas plantas cultivadas a cada 30 cm; abaixo desta CESn, a Ci estimada nas plantas mais adensadas foi maior.

A se considerar que a Ci implica diretamente sobre o processo fotossintético (Taiz & Zeiguer, 2013), ficou evidente que até os níveis de CESn supra mencionados para as duas épocas em questão, é factível a utilização de maior ou menor densidade de plantas. Inclusive, Melo et al. (2017a) estudando plantas de pimentão (cv. Itamara) expostas até $9,0 \text{ dS m}^{-1}$, comentaram sobre a eficiência destes parâmetros com indicadores para avaliar o estresse salino, o que ratifica a viabilidade de se adotar configurações de adensamento para mitigar o ônus osmótico imposto pelo uso de águas salobras.

Aos 49 DAS, a taxa de fotossíntese líquida (Figura 3B) foi igual sob a CESn estimada em $7,216 \text{ dS m}^{-1}$, para as duas densidades de plantas; sob valores de CESn inferiores a este, o saldo da diferença entre a fotossíntese bruta e a respiração (A) foi menor sob maior adensamento. Aos 60 DAS, o valor de “A” foi igual ($9,103 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em plantas

sob 3,748 dS m⁻¹ para ambas as densidades, de modo que, com o aumento da CESn, também notou-se maior taxa de fotossíntese líquida nas plantas mais adensadas.

De pronto, o aumento da densidade de plantas a partir de diferentes níveis de CESn aos 49 e 60 DAS, onerou o processo fotossintético, em resposta, provavelmente, à redução na condutância estomática foliar, transpiração e assimilação de CO₂ estimulada pelo incremento salino (Silva et al., 2011). Em outra análise, o aumento da toxicidade causada pelos sais e a desidratação das membranas celulares também reduzem a permeabilidade para o influxo de CO₂ comprometendo a sua assimilação (Melo et al., 2017a) e afetando diretamente o saldo da diferença entre a fotossíntese bruta e a respiração (A).

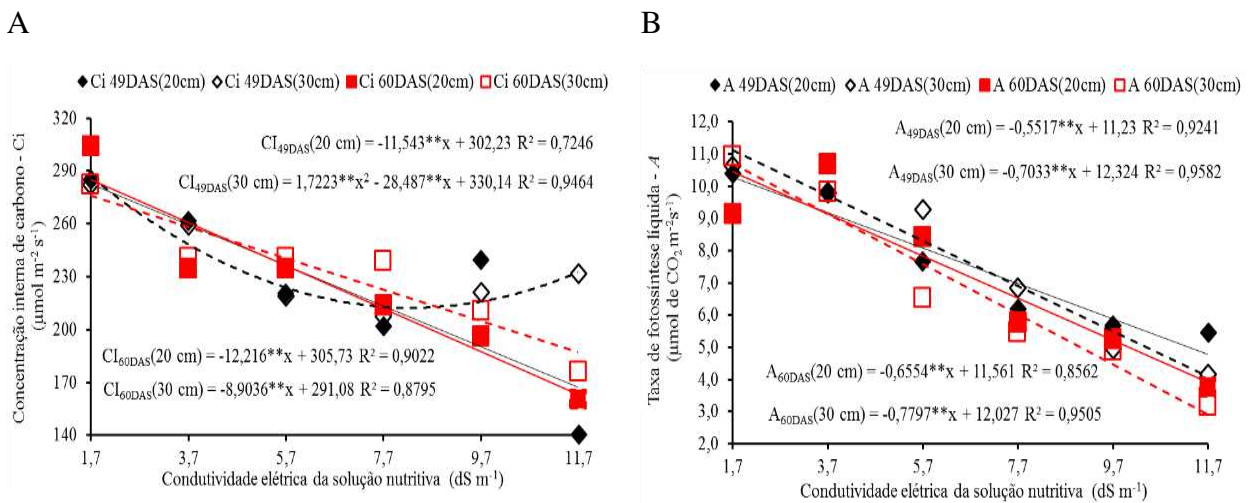


Figura 3. Desdobramento da interação entre os tratamentos para concentração interna de carbono (A), taxa de fotossíntese líquida (B) em plantas de pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e diferentes densidades aos 49 e 60 dias após a semeadura (DAS).

Em relação a eficiência instantânea do uso da água (Figura 4A) aos 49 DAS, estimou-se decréscimo por incremento unitário da salinidade à razão de 0,3837 e 0,4049 [(µmol de CO₂ m⁻² s⁻¹)/(mmol de H₂O m⁻² s⁻¹)] para plantas a cada 20 e 30 cm, respectivamente. Aos 60 DAS, quando adotou-se espaçamento de 20 cm, houve maior eficiência instantânea do uso da água em todos os níveis salinos em relação às plantas a cada 30 cm, no entanto, a estimativa de redução a cada dS m⁻¹ incrementado foi de 0,3063 [(µmol de CO₂ m⁻² s⁻¹)/(mmol de H₂O m⁻² s⁻¹)].

Os valores de A/E indicam quantidade de carbono que é fixado pela planta por cada unidade de água perdida (Jaimez et al., 2005), no presente trabalho, as plantas cultivadas a cada 20 cm apresentaram maior eficiência intrínseca do uso da água e, provavelmente, este resultado está associado ao fato de que a redução da condutância estomática induz o uso mais eficiente de moléculas de água (Chaves, et al., 2009; Campos, et al., 2014).

Na discussão sobre a eficiência instantânea de carboxilação (Figura 4B), aos 49 DAS, o decréscimo em função do aumento unitário da CE_{sn} foi à razão de 0,0026 e 0,0024 [($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)/($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)]. Aos 60 DAS, a maior eficiência instantânea de carboxilação foi verificada em plantas a cada 20 cm com tendência de aumento da diferença em relação às plantas cultivadas a cada 30 cm, em função do incremento da CE_{sn}. Melo et al. (2017a) após estudos com plantas de pimentão (cv. Itamara) submetidas até 9 dS m^{-1} , comentaram que a eficiência instantânea de carboxilação, por ter uma relação estreita com a taxa de assimilação de CO₂ e com a sua concentração intracelular, apresentaram resultados semelhantes aos dessas duas variáveis e foi maior em plantas sob CE de 1 dS m^{-1} e inferior em plantas sob CE de 9 dS m^{-1} . Em tempo, se as concentrações de CO₂ intercelulares são muito baixas, o influxo deste componente nas células do mesófilo é restringido; assim, a planta utiliza o CO₂ proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (Taiz & Zeiger, 2013).

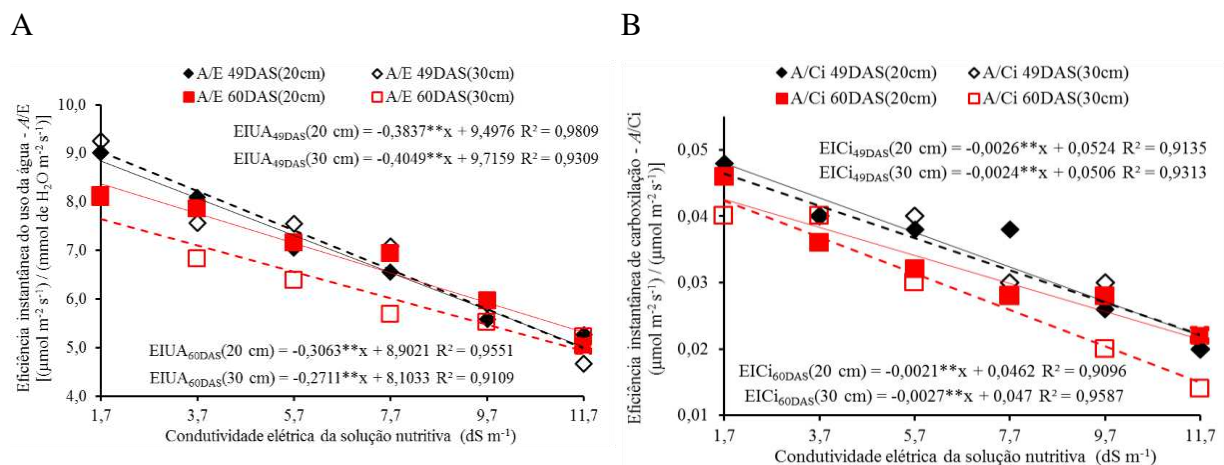


Figura 4. Desdobramento da interação entre os tratamentos para eficiência instantânea no uso da água (A) e a eficiência instantânea de carboxilação (B) em plantas de pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e diferentes densidades aos 49 e 60 dias após a semeadura (DAS).

Os tratamentos CE_{sn} e densidades de plantas apresentaram interação ($p \leq 0,01$) e influenciaram todas as seguintes variáveis: fluorescência mínima da folha adaptada ao escuro (F₀), fluorescência máxima da folha adaptada ao escuro (F_m), fluorescência máxima variável (F_v), a máxima eficiência quântica do FSII pela razão (F_v/F_m), (Tabela 2).

Tabela 2. Teste F para fluorescência mínima da folha adaptada ao escuro (F0), fluorescência máxima da folha adaptada ao escuro (Fm), fluorescência máximavariável (Fv) e máxima eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) sob sob estresse salino e densidade de plantas.

Fonte de Variação	GL	F0	Fm	Fv	Fv/Fm
Salinidade (S)	5	**	**	**	ns
Reg. Linear	1	**	**	**	**
Reg. Quad.	1	**	**	**	**
Densidade (E)	1	**	ns	**	ns
S x E	5	ns	**	**	**
CV	%	5,31	2,03	1,18	2,61

** , *:significativos a 0,01 e 0,05. ns: não significativo respectivamente.

Verificou-se nas plantas sob menor densidade (30 cm), que a fluorescência inicial (F0) (Figura 5A) foi maior até a CESn estimada em 6,46 dS m⁻¹, para níveis salinos superiores a este, a F0 estimada nas plantas mais adensadas (20 cm) foi maior, sendo que, neste caso, o ponto de mínimo (191,15 elétrons quantum⁻¹) foi verificado na CESn estimada em 8,24 dS m⁻¹. Em estudos com plantas de pimentão (cv. Itamara) expostas ao estresse salino, Duarte (2015), também verificou, aos 54 DAT, redução no F0 quando comparou plantas sob 0 e 9 dS m⁻¹, corroborando que, nesta faixa de salinidade, a eficiência máxima de aproveitamento da energia luminosa tenha sido comprometida.

No entanto, é possível que o aumento da densidade (20 cm) a partir de 6,46 dS m⁻¹ tenha ocasionado redução na eficiência máxima de aproveitamento da energia luminosa, embora os valores de F0 tenham aumentado, inclusive, Melo et al. (2017b) que expuseram plantas de *Atriplex nummularia* a águas de irrigação de 0 a 40 dS m⁻¹ em condições de solo, concordam que sob níveis elevados de salinidade o aumento do F0 pode significar em possível perda dos centros de reação do fotossistema II e, também, em danos no âmbito oxidativo (Baker, 2008).

A densidade de plantas também influenciou o efeito da salinidade sobre a fluorescência máxima ao escuro (Figura 5B), em tempo, embora tenha-se verificado na situação de menor adensamento (30 cm) sob 1,7 dS m⁻¹ maiores valores de Fm, a partir de 2,89 dS m⁻¹, os valores de Fm estimados para plantas cultivadas a cada 20 cm foram maiores. Como esta tendência também foi verificada para o F0 é possível que com o aumento da salinidade, tenha ocorrido um menor fluxo de elétrons entre os fotossistemas proporcionando menor atividade dos Centros de Reação do Fotossistema II (Melo et al., 2017b) nas plantas cultivadas a cada 20 cm, ou seja, é provável que o aumento da densidade associado ao incremento salino tenha comprometido a fotorredução da quinona A (QA) (Tatagiba et al., 2014).

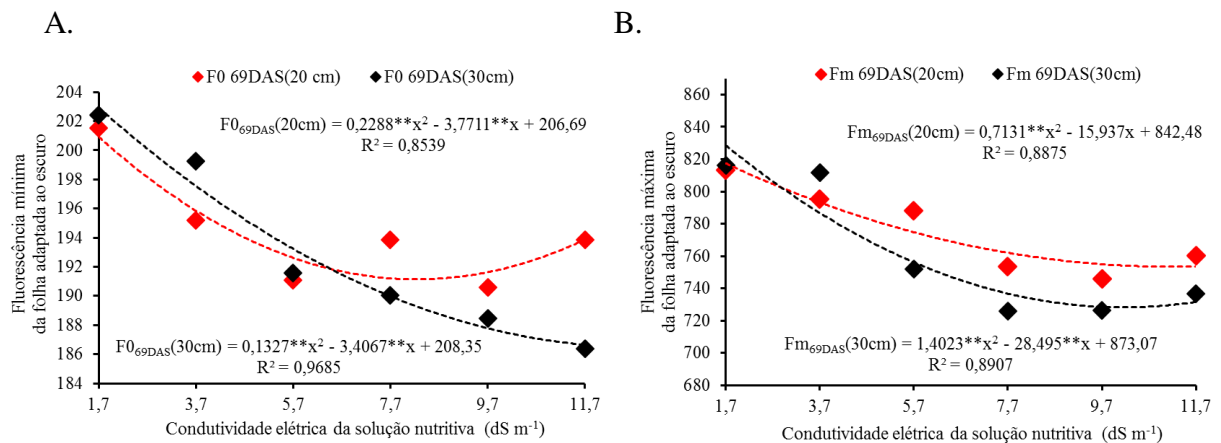


Figura 5. Desdobramento da interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e a densidade de plantas para a fluorescência mínima da folha adaptada ao escuro (A), fluorescência máxima da folha adaptada ao escuro (B) em plantas de pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e diferentes densidades aos 49 e 69 dias após a semeadura (DAS).

A fluorescência variável (Figura 6A) 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 foi afetada pelo aumento da CEsn, cujo efeito, também foi influenciado pela densidade de plantas.

Em plantas a cada 20 e 30 cm, verificou-se valores mínimos de 533,09 e 541,16 elétrons quantum⁻¹, estimado para CEsn de 8,06 e 9,10 dS m⁻¹, respectivamente, ou seja, até a CEsn estimada em 10,54 dS m⁻¹, verificou-se menor Fv nas plantas cultivadas a cada 30 cm. É evidente que o aumento da densidade de plantas pode limitar a interceptação e a eficiência de uso da radiação solar implicando em diversas alterações fisiológicas e morfológicas (Brachtvogel et al., 2012), no entanto, quando associada ao estresse salino, como é o caso do presente estudo, em que se verificou maior redução da fluorescência variável da clorofila *a* das plantas com menor densidade de cultivo, fica evidenciado que houveram danos no FSII e, conseqüentemente, a redução na assimilação de CO₂ para as diferentes densidades avaliadas (Baker, 2008).

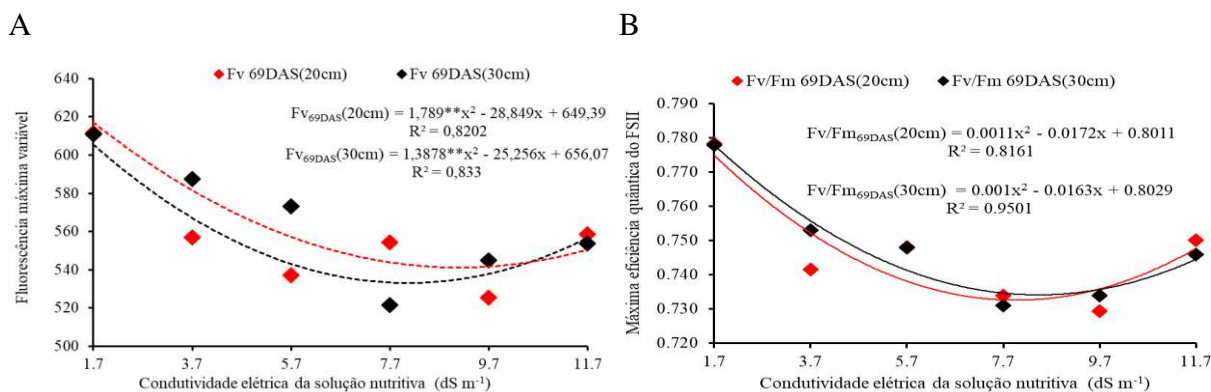


Figura 6. Desdobramento da interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e a densidade de plantas para a fluorescência máxima variável (C) e a máxima eficiência quântica do FSII (D) em plantas de pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e diferentes densidades aos 69 dias após a semeadura (DAS).

A eficiência quântica do FSII (Figura 6B), foi mínima sob CEsn de 7,82e 8,15 dS m⁻¹ com valores estimados em 0,734 e 0,736 nos espaçamentos de 20 e 30 cm, respectivamente, pela razão Fv/Fm o equivalente a uma amplitude relativa de 0,27%; até a CEsn estimada em 10,68 dS m⁻¹, as plantas cultivadas sob menor densidade (30 cm) apresentaram maior eficiência quântica, numa evidência da mitigação ônus salino pela redução na densidade. De acordo com Bolhàr-Nordenkampf et al. (1989), a relação ideal (Fv/Fm) deve estar entre 0,75 e 0,85, especificamente no caso do presente trabalho, acima de 3,98 e 4,47 dS m⁻¹ em plantas a cada 20 e 30 cm, respectivamente, os valores estimados foram inferiores a 0,75, ou seja, refletiram danos fotoinibitórios nos centros de reação do FSII, provavelmente, em decorrência do fechamento estomático e do declínio da fotossíntese líquida (Silveira et al., 2010).

3.5. Conclusões

A densidade de plantas foi determinante sobre a sensibilidade das trocas gasosas à salinidade, inclusive, quando reduzida, mitigou seus efeitos sob níveis salinos mais elevados.

A salinidade da solução nutritiva e o aumento da densidade de plantas provocaram danos ao aparato fotossintético, reduzindo, inclusive, os níveis de eficiência do Fotossistema II a partir de 3,98 dS m⁻¹.

3.6 Referências bibliográficas

- BAKER, N.R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, 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. 4, p. 497-514, 1989.
- BRACHTVOGEL E. L.; PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S.; ABREU, M.L.; BICUDO, S.J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 1, p. 75-83, 2012.
- CAMPOS, H.; TREJO, C.; PEÑA-VALDIVIA, C.B.; GARCÍA-NAVA, R.; CONDE-MARTÍNEZ, F. V.; CRUZ-ORTEGA, M. R. Stomatal and non-stomatal limitations of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under water stress and re-watering: Delayed restoration of photosynthesis during recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v.98, p.56-64, 2014.
- CHA-UM, S.; KIRDMANEE, C. Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter: an investigation into improving glutinous rice productivity. *Scientia Agricola*. v. 68, n. 4, p. 406-410, 2011.
- CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, p.551-560, 2009.
- DUARTE, H. H. F. Status hídrico, fluorescência da clorofila e trocas gasosas em pimentão cultivado sob estresse salino. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo - UFRPE). Recife, 58 f, 2015.
- PARRON, L.M.; MUNIZ, D.H.F.; PEREIRA, C.M. Manual de procedimentos de amostragem e análise física- química da água. Embrapa, 2011, 69p . (Boletim Técnico 232).
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, p.1039-1042, 2011.
- FREIRE, J.L.O.; DIAS, T.J.; CAVALCANTE, L.F.; FERNANDES, P.D.; LIMA NETO, A.J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

- FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 1999, 52 p. (Boletim Técnico 180).
- JAIMEZ, R.E. RADA, F.; GARCÍA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae, Amsterdam**, v. 104, n. 1, p. 79-89, 2005.
- LIMA, M.A.; BEZERRA, M.A.; GOMES FILHO, E.; PINTO, C.M.; ENÉAS FILHO, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.654-663, 2010.
- MELO, H.F.; SOUZA, E.R.; CUNHA, J.C. Fluorescence of chlorophyll a and photosynthetic pigments in *Atriplex nummularia* under abiotic stresses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 232-237, 2017b.
- 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, 2017a.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H, R.; GUEDES FILHO, D. H.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. DA S. Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.33, p.718-729, 2013.
- SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTE, A.R.; MEDEIROS, S.S.; DIAS, N.S.; SANTOS, D.B. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.12, p.1152–1158, 2015.
- SANTOS 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, 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, p.95-102, 2010.
- SILVA, E. N.; RIBEIRO, R.V.; SILVA, S.L.F.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agrícola**, v. 68, n. 1, p. 62-68, 2011.

- SILVA, E.N.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. The role of organic and inorganic solutes in the osmotic adjustment of drought-stressed *Jatropha curcas* plants. **Environmental and Experimental Botany**, v.69, p.279-285, 2010.
- SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (editores). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. 1. ed. Fortaleza: INCTSal. 2010. cap. 11, p. 161-18.
- SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, 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.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.
- 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, n.3, p. 791-793, 2005.
- YUSUF, M.A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R.J.; TSIMILLIMICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N.B. Overexpression of γ -totoopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: 33 Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1797, n.8, p. 1428- 1438, 2010.

3.7 Crescimento e produção do pimentão hidropônico sob estresse salino e densidade de plantas

RESUMO: A viabilização do aproveitamento de águas salobras no cultivo hidropônico de hortaliças não pode prescindir de técnicas auxiliares como mistura de águas e o uso de densidades de plantas. Nesse sentido, o presente trabalho foi desenvolvido com objetivo de analisar o crescimento e produção de pimentão, cv. All Big, em condições de hidroponia, sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (1,7; 3,7; 5,7; 7,7; 9,7 e 11,7 dS m⁻¹) em plantas espaçadas a cada 0,2 m e 0,3 m Estes tratamentos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições. Avaliaram-se as variáveis de crescimento aos 60, 75 e 95 dias após o semeio e as variáveis de produção por ocasião da colheita no período de 90 a 95 dias após o semeio, não obstante, os resultados foram submetidos a análise de variância, em nível de 0,05% de probabilidade. Verificou-se que as plantas de pimentão apresentaram melhor desempenho das variáveis biométricas altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas quando cultivadas a cada 30 cm. Em tempo, na análise por planta, a produção de frutos do pimentão foi mais expressiva quando adotou-se espaçamento de 30 cm, no entanto, no tubo de seis metros, quando utilizou-se 20 cm de espaçamento, contabilizou-se até 26,38% a mais no número de frutos para o mesmo intervalo salino.

PALAVRAS-CHAVE: *Capsicum annuum* L, Salinidade, Água de chuva.

Growth and production of hydroponic pepper under saline stress and plant density

ABSTRACT: The viability of the use of brackish water in the hydroponic cultivation of vegetables can not dispense with auxiliary techniques such as water mixing and the use of plant densities. In this sense, the objective of the present work was to analyze the growth and production of sweet pepper, cv. All Big, under hydroponic conditions, under different levels of electrical conductivity of the nutrient solution (1,7; 3,7; 5,7; 7,7; 9,7 and 11,7 dS m⁻¹) in plants spaced every 0,2 m and 0,3 m. These treatments were distributed in a completely randomized experimental design, analyzed in a 6 x 2 factorial scheme, with five replications. The growth variables were evaluated at 60, 75 and 95 days after sowing and as production variables at harvest in the period from 90 to 95 days after sowing, however, the results were analyzed by variance, at the level of 0,05% probability level. It was verified that the pepper plants had better performance of the biometric variables plant height, stem diameter and number of leaves when cultivated every 30 cm. At the time, in the analysis by plant, the production of sweet pepper fruits was more expressive when spacing of 30 cm was adopted, however, in the tube of six meters, when 20 cm of space was used, it was counted up to 26, 38% more in the number of fruits for the same saline range.

Keywords: Mixture of waters, Brackish water, Rainwater.

3.8 Introdução

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertence à família das solanáceas e é considerada uma cultura de clima tropical; do ponto de vista econômico, está entre as dez hortaliças mais importantes no mercado brasileiro na forma *in natura* e, não obstante, é uma das cinco culturas com maior área explorada em cultivo protegido, haja vista, dentre outros fatores limitantes para produção em condições de campo, apresenta sensibilidade ao estresse hídrico e é considerada moderadamente sensível à salinidade (Almeida et al., 2012).

Em condições de estresse salino, as plantas de pimentão apresentam sintomas como coloração das folhas verde-azulado escuro, folhas com maior espessura de cerosidade, nas raízes pode haver diminuição do alongamento e suberização, de modo que tais efeitos resultam em alterações morfológicas e anatômicas e, conseqüentemente, na redução da transpiração, do crescimento e da produção das plantas (Oliveira et al., 2011). Corroborando com estas informações, Andrade et al. (2016) estudando a cultivar de pimentão “All Big”, sob estresse salino, verificaram decréscimo linear da altura das plantas, número de folhas e área foliar com o incremento da salinidade.

A análise do crescimento do pimentão em condições de estresse salino, além de subsidiar a adoção de estratégias de manejo por estágio de desenvolvimento da cultura, pode favorecer a produção desta hortaliça em regiões áridas e semiáridas (Nascimento et al., 2015), especialmente em comunidades difusas, baseadas na agricultura familiar, caracterizadas pela limitação hídrica que redundam na necessidade do uso de águas alternativas, por vezes salobra, ou até mesmo captadas da chuva, associada a técnicas como a hidroponia (Rebouças et al., 2013).

Mesmo em condições de hidroponia, cujo ordenamento energético resultante da minimização do efeito salino nas culturas, o cultivo hidropônico vem sendo estudado na produção de hortaliças utilizando águas salobras (Dias et al., 2011), não se pode prescindir do uso de técnicas que mitiguem os efeitos deletérios do excesso de sais, tais como a mistura destas águas com águas de chuva (Soares et al., 2010) com vistas à redução da concentração de sais solúveis na água, ou até mesmo a adoção de densidades de cultivo vislumbrando a compensação da perda de biomassa por unidade de área (Santos Júnior et al., 2016).

Em suma, diversos autores recomendam o uso da técnica da hidroponia sob o viés do uso da água salobra no cultivo de hortaliças como o pimentão (Dias et al., 2011; Alves et al., 2011; Santos Júnior et al., 2016; Cavalcante et al., 2016; Maciel et al., 2012). Outros pesquisadores abordam a necessidade de adaptação desta técnica às limitações das condições

de comunidades e/ou agrovilas de agricultores familiares, especialmente quanto ao custo inicial e à disponibilidade e/ou qualidade da energia elétrica, a dita hidroponia de baixo custo. No entanto, ainda é limitado o acervo de informações que envolvam todas estas nuances no cultivo do pimentão, mediante a análise do crescimento e de componentes de produção.

Posto isto, o objetivo do presente trabalho foi estudar o crescimento e a produção do pimentão (cv. All Big) em plantas expostas ao estresse salino, decorrente da mistura de águas salinas e de chuva e cultivadas em distintos espaçamentos entre células, em hidroponia de baixo custo.

3.9 Material e métodos

3.9.1 Localização

O experimento foi desenvolvido entre agosto e novembro de 2016, em casa de vegetação (7°13'11" S e 35°53'31" O e 547, 56 m de altitude média) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

3.9.2 Cultura, tratamentos, delineamento experimental e semeio

A cultivar de pimentão utilizado foi cv. All Big, conduzida sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (1,7; 3,7; 5,7; 7,7; 9,7 e 11,7 dS m⁻¹) em plantas espaçadas a cada 0,2 m e 0,3 m. Estes tratamentos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições.

O semeio ocorreu em copos plásticos descartáveis de 200 mL, perfurados nas laterais e no fundo, preenchidos com fibra de côco. As mudas foram irrigadas com água de chuva diariamente, pela manhã e à tarde, até os 24 dias após o semeio (DAS). Aos 25 DAS, foram inseridas nos tubos, conforme tratamentos previamente estabelecidos.

3.9.3 Sistema hidropônico utilizado

O sistema hidropônico utilizado desenvolvido por Santos Júnior (2013) foi constituído de um suporte de madeira impermeabilizada com tinta a óleo, com dimensões de 6 x 1,40 m, comprimento e largura respectivamente, projetado com capacidade de suporte para 12 tubos de PVC de 6 m de comprimento e 100 mm de diâmetro. Nestes tubos perfurou-se “células” circulares de 60 mm de diâmetro, em dois espaçamentos de 0,2 e 0,3 m, considerando-se o eixo central de cada célula. Foi acoplado aos tubos, joelhos de mesma bitola, e a estes, uma torneira plástica para saída de água, num sistema “tipo vertedouro” que induza a existência de um nível constante de 4 cm de solução nutritiva dentro do tubo, em toda a sua extensão, disponibilizando-a equitativamente para todas as plantas. Na saída dos joelhos foi colocada uma “luva hidráulica” perfurada que garanta a troca gasosa por ocasião da queda de água de um tubo para o outro (Figura 7).



Figura 7. Módulo hidropônico familiar

3.9.4 Preparo e manejo da solução nutritiva

A água salina utilizada no preparo da solução nutritiva foi coletada no açude comunitário do Assentamento Vitória (latitude 7°20'47,49”S e longitude 36° 2’28,00” O). As seguintes características físico- químicas da água conforme metodologia de Parron et al. (2011); pH (8,24), a CEa (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), sendo calculada também uma RAS de 30,74 (mmol L⁻¹)^{0,5}.

Para o estabelecimento dos níveis salinos foram feitas misturas de águas (água salina e água de chuva) conforme metodologia proposta por Lacerda et al. (2010), sendo obtidos seis níveis de salinidade da água (0,2; 2,2; 4,2; 6,2; 8,2 e 10,2 dS m⁻¹) de acordo com a equação:

$$CE_{af} = \frac{(CE_{a1} * Va1)}{(Va1 + a2)} + \frac{(CE_{a2} * Va2)}{(Va1 + a2)}$$

em que:

CE_{af} – concentração final da mistura, dS m⁻¹;

CE_{a1} - condutividade elétrica da água de menor salinidade, em dS m⁻¹;

CE_{a2} - condutividade elétrica da água de salinidade, em dS m⁻¹;

V_{a1} - volume de água de menor salinidade;

V_{a2} - volume de água de maior salinidade;

V_{a1}/V_{a1+a2} – representa a proporção da água de menor salinidade (P_{a1}); e

V_{a2}/V_{a1+a2} – representa a proporção da água de maior salinidade (P_{a2}).

A solução nutritiva utilizada foi proposta por Furlani et al. (1999) (Tabela 3). O manejo da circulação da solução nutritiva foi realizada manualmente com a reciclagem de água e nutrientes, sendo preparado um volume inicial de 80 L de solução nutritiva por tratamento, em reservatório específico. O manejo da solução nutritiva consistiu na aplicação diária e manual de 40 L de solução nutritiva, às 8 e às 17 hs, por tubo, conforme tratamentos, com vistas à recirculação dos nutrientes. Monitorou-se ainda as variáveis climáticas dentro do ambiente experimental, sendo verificado temperatura média da máxima e mínima de 37,30 e 23,05 °C e UR média de 47,82%.

Tabela 3. Solução nutritiva proposta por Furlani et al. (1999)

Sal ou fertilizante	g 1000 L ⁻¹
Nitrato de cálcio hydro especial	750,0
Nitrato de potássio	500,0
Fosfato monoamônico (MAP)	150,0
Sulfato de magnésio	400,0
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	50,0
Sulfato de manganês	1,50
Ácido bórico	1,50
Molibdato de sódio (Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O)	0,15
Molibdato de amônio	0,15
Tenso-Fe (FeEDDHMA-6% Fe)	30,0

3.9.5 Variáveis analisadas

As variáveis biométricas foram analisadas aos 60, 75 e 95 DAS, quais sejam: altura de plantas (AP), o diâmetro do caule (DC) e o número de folhas (NF). A AP (cm) foi determinada do colo da planta até a bifurcação da última folha; o DC (mm) foi mensurado no colo da planta a 0,02 m do solo; e na contagem do NF (unidades) consideraram-se as que estavam sadias e sinteticamente ativas, totalmente expandidas com comprimento mínimo da nervura central de 3 cm. Determinou-se ainda a taxa de crescimento relativo e absoluto da AP e do DC, empregando-se metodologia proposta por Benincasa (2003).

Entre os 90 e 95 DAS realizou-se a colheita dos frutos, então, obteve-se as variáveis de produção, a saber, o número de frutos por planta (NFP), o comprimento longitudinal do fruto (Clong), o comprimento transversal do fruto (Ctrans), a massa de fruto por planta (MFP) e a massa total de frutos (MFT) por tubo de 6 m.

3.9.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F', em nível de 0,05% e 0,01% de probabilidade. No caso de significância, priorizou-se a discussão da interação entre os tratamentos e, nas demais situações, realizou-se análise de regressão polinomial para a CE_{sn} e comparou-se as densidades de plantas mediante teste de médias. Todas as análises foram realizadas com auxílio de um software estatístico (Ferreira, 2011).

3.10 Resultados e discussão

3.10.1 Variáveis de crescimento

A interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e a densidade de plantas resultou em efeito significativo ($p < 0,01$) sobre a AP, a TCA-AP e a TCR-AP em todas as épocas do ciclo estudado. Também resultou em efeito significativo ($p < 0,01$) sobre o DC aos 60 e 75 DAS, e a TCA-DC e a TCR-DC em todas as datas analisadas, não obstante, aos 90 DAS verificou-se significância isolada dos tratamentos sobre o DC. Quanto ao NF a interação entre os tratamentos resultou em efeito significativo aos 60 e 90 DAS e a CE_{sn} influenciou de forma isolada aos 75 DAS (Tabela 4)

Tabela 4. Teste F para a altura de planta (AP) e a sua taxa de crescimento absoluta e relativo (TCA-AP e TCR-AP) e para o diâmetro de caule (DC) e a suas taxas de crescimento absoluta e relativo (TCR-DC e TCA-DC) do pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e densidade de plantas aos 60, 75 e 95 dias após a semeadura.

Fonte de Variação	GL	AP (cm)			TCA - AP		TCR - AP	
		60 DAS ¹	75 DAS	90 DAS	60-75 DAS	75-90 DAS	60-75 DAS	75-90 DAS
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	1	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quad.	1	**	**	**	**	**	**	**
Densidade (E)	1	**	**	**	*	**	ns	**
S x E	5	**	**	**	**	**	**	**
CV	%	6,13	3,20	2,68	2,73	4,35	3,65	5,50

Fonte de Variação	GL	DC (mm)			TCA - DC		TCR - DC	
		60 DAS	75 DAS	90 DAS	60-75 DAS	75-90 DAS	60-75 DAS	75-90 DAS
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	1	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quad.	1	**	**	**	**	**	**	**
Densidade (E)	1	*	ns	**	ns	**	**	**
S x E	5	**	**	ns	**	**	**	**
CV	%	7,68	7,33	5,99	8,31	6,70	4,70	5,06

** , * :significativos a 0,01 e 0,05. ns: não significativo respectivamente

Em relação a AP, após análise do desdobramento da interação entre os tratamentos, aos 60 DAS, verificou-se que o decréscimo por incremento unitário da CE_{sn} foi maior em plantas mais adensadas (0,6401 cm) em relação as cultivadas a cada 30 cm (0,5633 cm). Em tempo, ainda nesta época do ciclo, no comparativo entre a AP das plantas sob CE_{sn} de 1,7 e 11,7 dS m^{-1} , verificou-se perdas de 56,76% quando adotou-se espaçamento de 20 cm e de 53,9% para 30 cm (Figura 8A).

Aos 75 DAS, verificou-se tendência semelhante quanto a AP, no entanto com maior intensidade, ou seja, para cada dS m^{-1} incrementado à CE_{sn} , sob maior densidade de plantas o decréscimo foi de 2,1071 cm e para menor densidade, de 2,0599 cm, no entanto, em termos absolutos (comparativo entre 1,7 e 11,7 dS m^{-1}) a diferença diminuiu, ou seja, 72,30% e 70,67% para plantas cultivadas a cada 20 e 30 cm, respectivamente.

Aos 90 DAS observou-se conforme a equação de regressão decréscimo por incremento unitário da CE_{sn} de 1,5124 e 1,8234 cm nos espaçamentos de 20 e 30 cm respectivamente. Nesta mesma época, no comparativo entre altura de plantas sob 1,7 e 11,5

dS m⁻¹, verificou-se uma diferença de 46,4 e 52,13%, em plantas cultivadas a cada 20 e 30 cm, respectivamente.

Em análise geral sobre a AP, constatou-se maior sensibilidade ao estresse salino aos 75 DAS e menor aos 60 DAS, neste sentido, é possível atribuir que a reposição da lâmina evapotranspirada com a respectiva mistura de águas utilizada no preparo da solução nutritiva tenha potencializado o efeito da salinidade aos 75 DAS e minimizado aos 60 DAS, não obstante, aos 90 DAS, é plausível que a tolerância do pimentão tenha aumentado em relação a época de análise anterior.

A redução na absorção de água e os efeitos indiretos dos sais nos processos fisiológicos são fatores responsáveis pela redução do crescimento das plantas, uma vez que a redução no crescimento induzido pela salinidade pode, por si só, alterar as concentrações de nutrientes, essenciais às plantas mediante os efeitos de diluição e concentração iônica e a inibição da absorção de outros cátions pelo sódio e o efeito tóxico dos íons de sódio e cloreto (Schossler et al., 2012).

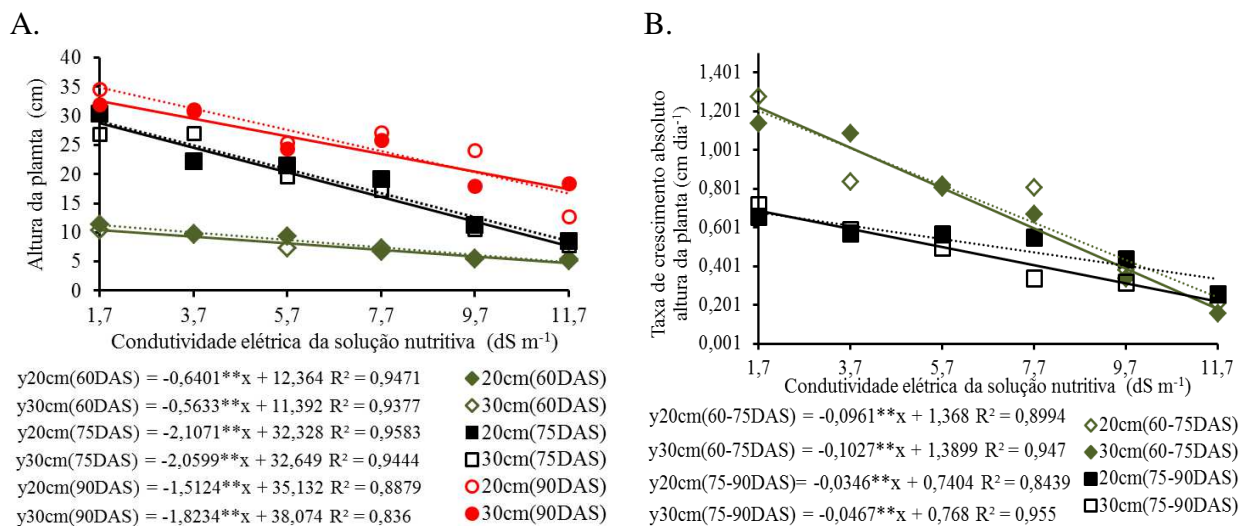


Figura 8. Resultados de variáveis biométricas (60, 75 e 90 DAS) do pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para (A) altura de plantas e (B) taxa de crescimento absoluto.

Na análise da TCA-AP, como tendência geral, o aumento da CESn reduziu a velocidade de crescimento da altura das plantas em todos os intervalos postos (Figura 8B). Neste sentido, no intervalo de CESn testado, entre os 60 e 75 DAS, verificou-se que em plantas espaçadas a cada 30 cm a redução na velocidade de crescimento, a cada dS m⁻¹ incrementado, foi estimada em 0,1027 cm dia⁻¹, resultado maior que a estimada para plantas a cada 20 cm (0,0961 cm dia⁻¹). Em termos absolutos, no comparativo entre plantas sob 1,7 e 11,7 dS m⁻¹, as perdas foram de 79,8 e 84,50% para os espaçamento de 20 e 30 cm.

No intervalo entre 75 e 90 DAS, a tendência de redução da TCA-AP foi mantida, porém com intensidade menor (0,0346 e 0,0467 cm dia⁻¹ para 20 e 30 cm, respectivamente), ou seja, é possível atribuir a minimização da velocidade de crescimento da AP aos desdobramentos do componente osmótico, sobre aspectos que vão desde a absorção de água e nutrientes a processos fisiológicos e bioquímicos complexos (Ribeiro et al., 2014), no entanto, a partir da maior TCA-AP estimada em plantas espaçadas a cada 30 cm, infere-se que a maior densidade reduziu a velocidade de crescimento de plantas submetidas ao mesmo intervalo de CE_{sn}.

Quanto a TCR-AP, dentro do intervalo salino estudado, houve redução ($p < 0,01$) no aumento da AP a partir da altura pré-existente em todas as épocas de estudo (Figura 9A). Quanto a intensidade desta redução, verificou-se menor sensibilidade no intervalo entre 60 e 75 DAS, bem como em plantas cultivadas a cada 30 cm, independente do intervalo de análise. Com destaque, no intervalo entre 75 e 90 DAS, o TCR-AP verificado nas plantas a cada 30 cm foi 2,89% menor em relação às cultivadas a cada 20 cm, ou seja, embora tenha se verificado maior tolerância em relação a época da análise anterior, a influência do adensamento foi mais perceptível.

Considerando um intervalo de análise dos 14 aos 120 DAS, Nobre et al. (2014) constataram incremento linear na TCR-AP da mamoneira, cultivada em condições de solo e exposta a irrigação com águas de 0,4 a 4,4 dS m⁻¹; em que pese as diferenças entre o sistema de cultivo, intervalo salino e a própria cultura, fica evidente que a análise em intervalos menores do ciclo permite estimar os momentos de variabilidade na sensibilidade e, portanto, subsidiar o manejo de águas salobras para cada cultura por época específica.

O DC foi reduzido ($p < 0,01$) nas plantas expostas à salinidade em todas as épocas analisadas (Figura 8B). Aos 60 DAS, a taxa de redução da espessura do caule a cada dS m⁻¹ incrementado à solução nutritiva foi de 0,1697 e 0,2203 mm nas plantas cultivadas a cada 20 e 30 cm, respectivamente. Aos 75 DAS verificou-se maior tolerância quanto ao DC, haja vista ter-se estimado reduções mais tênues, a saber, 0,3586 e 0,5149 mm para plantas a cada 20 e 30 cm, respectivamente. De modo relativo, aos 90 DAS, a sensibilidade foi ainda menor, com redução estimada em 0,5561 mm a cada dS m⁻¹ incrementado à CE_{sn}, destarte, também em análise relativa, as plantas cultivadas a cada 30 cm apresentaram maior DC médio (Figura 9B).

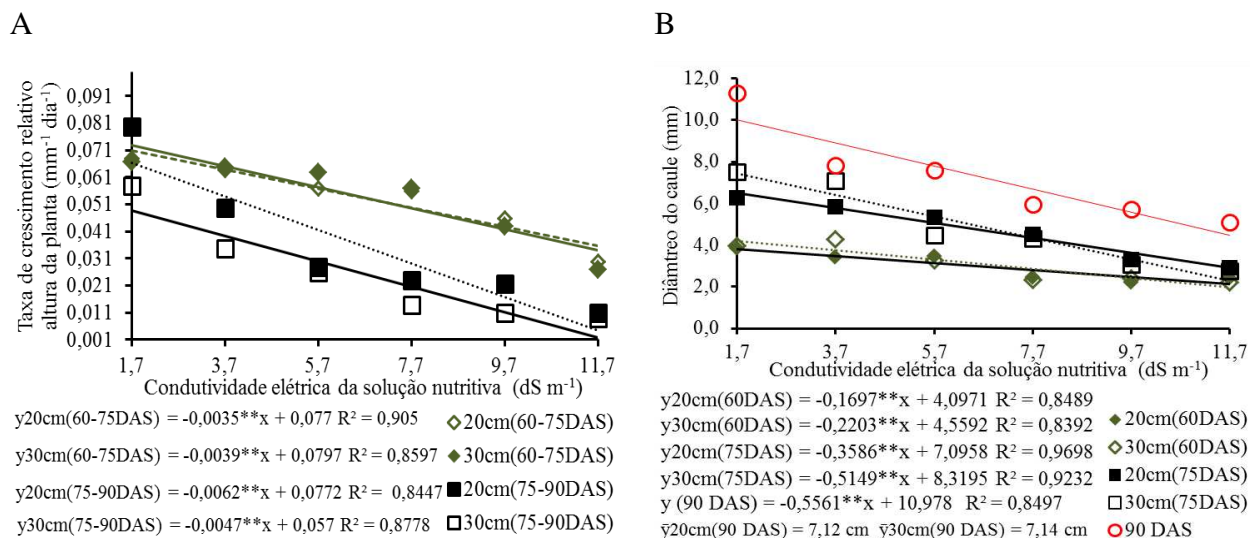
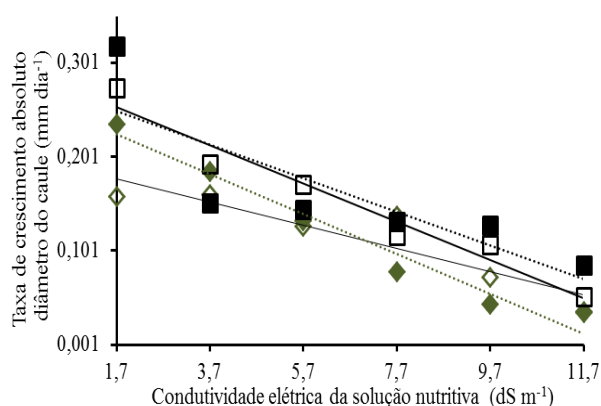


Figura 9. Resultados de variáveis biométricas (60, 75 e 90 DAS) do pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para (A) taxa de crescimento relativo para altura de plantas e (B) Desdobramento da interação entre os tratamentos aos 60 e 75 DAS e exposição do efeito isolado dos tratamentos aos 90 DAS sobre o diâmetro do caule.

Em análise fisiológica em condições de estresse salino, especialmente quanto ao dano da redução do potencial hídrico sobre o alongamento celular dos entrenós e, conseqüentemente sobre a espessura do caule (Dutra et al., 2012), neste sentido, a não interação entre a salinidade e a densidade aos 90 DAS, verificada na análise de etapas anteriores do ciclo, provavelmente, também pode estar correlacionada a aspectos alheios à salinidade e a competição por água e nutrientes, como a competição por acesso a luz.

Sobre a TCA-DC, o ritmo de crescimento foi afetado pela interação entre a CE_{sn} e a densidade de plantas ($p < 0,01$) em todos os intervalos do ciclo analisados (Figura 10A). Dentro do mesmo intervalo salino, verificou-se maior TCA-DC por incremento unitário da CE_{sn} em plantas cultivadas a cada 30 cm entre os 60 e 75 DAS; neste intervalo, no comparativo entre a TCA-DC de plantas sob 1,7 e 11,7 dS m^{-1} , a redução na velocidade de ganho de espessura do caule foi de 69,3 e 93,8% para plantas a cada 20 e 30 cm, respectivamente. Verificou-se tendência semelhante entre os 75 aos 90 DAS, com perdas por incremento unitário da CE_{sn} de 0,0179 e 0,0203 mm dia^{-1} , bem como perdas absolutas (1,7 vs 11,7 dS m^{-1}) estimadas em 71,7 e 79,9%, para plantas cultivadas a cada 20 e 30 cm, respectivamente.

A



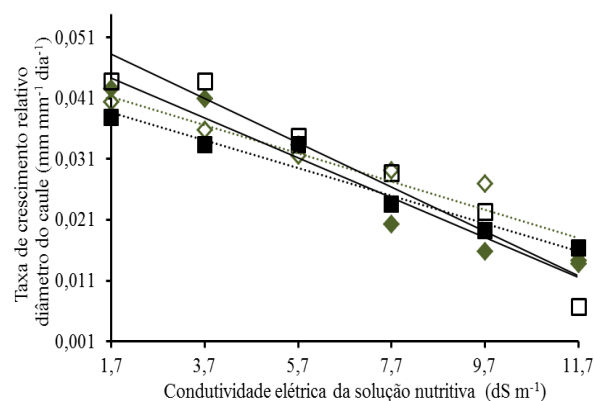
$$y_{20\text{cm}(60-75\text{DAS})} = -0,0123^{**}x + 0,1984 \quad R^2 = 0,8465$$

$$y_{30\text{cm}(60-75\text{DAS})} = -0,0211^{**}x + 0,2607 \quad R^2 = 0,9632$$

$$y_{20\text{cm}(75-90\text{DAS})} = -0,0179^{**}x + 0,28 \quad R^2 = 0,6794$$

$$y_{30\text{cm}(75-90\text{DAS})} = -0,0203^{**}x + 0,2886 \quad R^2 = 0,9563$$

B



$$y_{20\text{cm}(60-75\text{DAS})} = -0,0023x + 0,0453 \quad R^2 = 0,8998$$

$$y_{30\text{cm}(60-75\text{DAS})} = -0,0033^{**}x + 0,0501 \quad R^2 = 0,938$$

$$y_{20\text{cm}(75-90\text{DAS})} = -0,0023^{**}x + 0,0428 \quad R^2 = 0,9483$$

$$y_{30\text{cm}(75-90\text{DAS})} = -0,0036^{**}x + 0,0547 \quad R^2 = 0,9291$$

Figura 10. Resultados de variáveis biométricas (60, 75 e 90 DAS) do pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para a (A) taxa de crescimento absoluto e (B) relativo para o diâmetro do caule.

No que diz respeito ao TCR-DC, (Figura 10B) o desdobramento da interação entre os tratamentos pôde ser ajustado ($p > 0,01$) a regressão linear, com tendência decrescente no intervalo salino posto, em ambas as densidades de cultivo colocadas. Vale ressaltar que não houve variação na perda por incremento unitário da CESn da TCR-DC ($0,0179 \text{ mm mm dia}^{-1}$) nas plantas cultivadas a cada 20 cm, independente do intervalo do ciclo analisado. Nas plantas cultivadas a cada 30 cm, a cada dS m^{-1} incrementado à CESn, a redução na TCR-DC foi de 0,0033 e 0,0036 mm mm dia^{-1} nos intervalos entre os 60-75 DAS e 75-90 DAS, respectivamente (Figura 10B).

A interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e a densidade de plantas (Tabela 5) resultou em efeito significativo ($p < 0,01$) para o número de folhas aos 60 e 95 DAS, não ocorrendo efeito significativo ao 75 DAS.

Tabela 5. Teste F para número de folhas e área foliar do pimentão aos 60, 75 e 95 dias após a semeadura (DAS)

Fonte de Variação	GL	Teste F		
		NF		
		60 DAS	75 DAS	95 DAS
Níveis (N)	5	**	**	**
Reg. Linear	1	**	**	**
Reg. Quadrática	1	**	**	**
Espaçamento (E)	1	**	ns	**
N x E	5	**	ns	**
CV (%)		10,11	8,32	5,23

** , * :significativos a 0,01 e 0,05. ns: não significativo respectivamente

Na discussão quanto ao NF, aos 60 DAS, no comparativo entre plantas cultivadas sob CE_{sn} de 1,7 e 11,7 $dS\ m^{-1}$, quando cultivadas a cada 20 e 30 cm estimou-se uma defasagem de 20,08 e 32,49%, respectivamente (Figura 11), de pronto, é possível considerar esta “alteração morfológica e anatômica” nas plantas como estratégia de ajuste para manutenção do turgor celular mediante a redução da transpiração, pela diminuição do NF (Oliveira et al., 2011), destarte, o aumento da densidade potencializou o efeito do estresse salino, resultando na necessidade de uma redução ainda maior no NF.

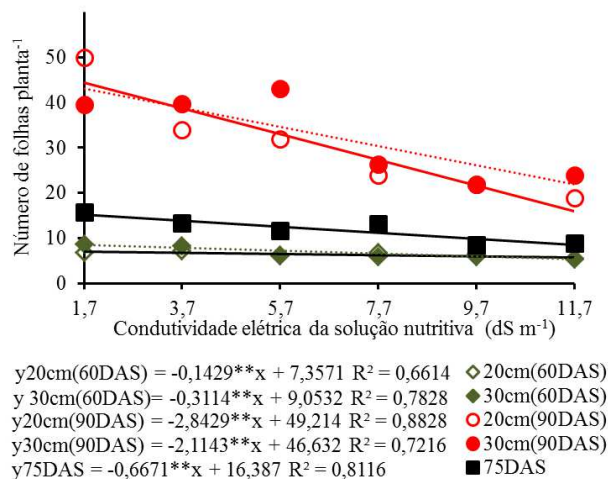


Figura 11. Resultados de variáveis biométricas (60, 75 e 90 DAS) do pimentão (cv. All Big) sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos aos 60 e 90 DAS e exposição do efeito isolado dos tratamentos aos 75 DAS sobre o número de folhas.

Aos 75 DAS, o NF não foi afetado pela interação entre os tratamentos, nem pela densidade de plantas ($p > 0,05$), no entanto, no intervalo salino posto, esta variável ajustou-se à regressão linear, com tendência decrescente, à razão de 0,6671 folhas por incremento unitário adicionado à solução nutritiva. Aos 90 DAS, as perdas por cada $dS\ m^{-1}$ incrementado foram de 2,8429 e 2,1143 folhas/planta, cultivadas a cada 20 e 30 cm, respectivamente, ou seja, nesta época do ciclo, a redução do NF foi maior em relação às demais, invertendo uma tendência verificada, inclusive, nas outras variáveis biométricas já discutidas. De certo ponto, Nascimento et al. (2015) estudando a cultura do pimentão (cv. Atlantis), em condições de solo, no intervalo salino de 0,5 e 5 $dS\ m^{-1}$ também verificaram redução no NF e Silva et al. (2010) também relataram que a densidade de plantas pode afetar esta variável.

3.10.2 Variáveis de produção

A interação entre os níveis de CE_{sn} e a densidade de plantas influenciaram ($p > 0,01$) todas as variáveis de produção estudadas (Tabela 6), a saber, o número de frutos por planta (NFP), massa de fruto por plantas (MFP), massa total de frutos (MFT), comprimento longitudinal do fruto (Clong), comprimento transversal do fruto (Ctrans).

Tabela 6. Teste F para número de frutos por planta (NFP), massa de fruto por plantas (MFP), massa total de frutos (MFT), comprimento longitudinal do fruto (Clong), comprimento transversal do fruto (Ctrans), submetido a níveis de salinidade em diferentes espaçamento no período de 90 a 95 DAS.

Fonte de Variação	GL	NFP	MFP	MFT	Clong	Ctrans
		60 DAS ¹	75 DAS	90 DAS	60-75 DAS	75-90 DAS
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**
Reg. Linear	1	**	**	**	**	**
Reg. Quad.	1	**	**	**	**	**
Densidade (E)	1	**	**	**	*	**
S x E	5	**	**	**	**	**
CV	%	19,90	1,19	14,14	4,70	3,61

**, *: significativos a 0,01 e 0,05. ^{ns}: não significativo respectivamente

O Número de frutos por planta (NFP) das plantas expostas ao mesmo intervalo salino variou também em função da densidade de plantas, ou seja, quando comparou-se o NFP de plantas sob 1,7 e 11,7 dS m^{-1} verificou-se que a cada 20 cm o NFP foi 2,61 vezes menor, enquanto que a cada 30 cm foi 2,40 vezes menor (Figura 12A). A depreciação pela salinidade (de 1,2 a 9,23 dS m^{-1}) do crescimento e do NFP do pimentão (cv. Margarita), cultivado em fibra de coco, foi verificado por Nunes et al. (2013) a partir de 1,2 dS m^{-1} , de modo que é razoável atribuir a menor perda de NFP por dS m^{-1} verificado nas plantas a cada 30 cm à menor densidade de plantas, isto por que, nesta densidade (20 plantas por tubo de seis metros), pode-se contabilizar até dez plantas a menos em relação à quando adotou-se espaçamento de 20 cm (30 plantas por tubo de seis metros).

De acordo com Araújo et al. (2009), avaliado o efeito de doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação, sobre as características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido observaram-se o número máximo de 12,8 frutos comerciais por planta.

Ainda sobre o NFP, vários autores (Leonardo et al., 2007; Lima et al., 2014; Charlo et al., 2009) consideram o uso de maior densidade de plantas em condições de estresse salino como uma estratégia de compensação na perda de biomassa ou frutos por unidade de área, imposto pelo efeito salino. Esta colocação corrobora com os resultados obtidos no presente

trabalho, haja vista que quando se comparou o NFP de plantas a cada 20 e 30 cm, em um tubo de seis metros, o número de frutos foi 26,38 e 16,40% maior para a condição de maior densidade sob 1,7 e 11,7 dS m⁻¹, respectivamente.

Corroborando com os resultados encontrado no presente trabalho, Lima et al. (2014), observaram efeito decrescente no número de frutos, com aumento da salinidade. O mesmo conclui que este comportamento pode ser atribuído ao elevado índice de abortamento em decorrência de algum fator fisiológico e/ou bioquímico, devido à elevada concentração de sais, o que parece normal pela limitação fisiológica das plantas quando submetidas ao estresse salino.

A massa de frutos por planta (MFP) ajustou-se ao modelo quadrático no intervalo salino posto, sendo estimado o ponto de máximo para a CE_{sn} de 1,7 dS m⁻¹ uma produção de 219,85 e 319,27g para plantas a cada 20 e 30 cm, respectivamente, enquanto que o ponto de mínimo foi estimado para a CE_{sn} de 11,7 dS m⁻¹ em que verificou-se 20,45 e 27,53g para plantas a cada 20 e 30 cm, respectivamente (Figura 12B). Conforme Arruda et al. (2011), observaram-se que a salinidade da solução nutritiva reduz o rendimento comercializável de pimentão, cv. 'Margarita', de 6,67% para cada aumento unitário de salinidade acima 2,8 dS m⁻¹.

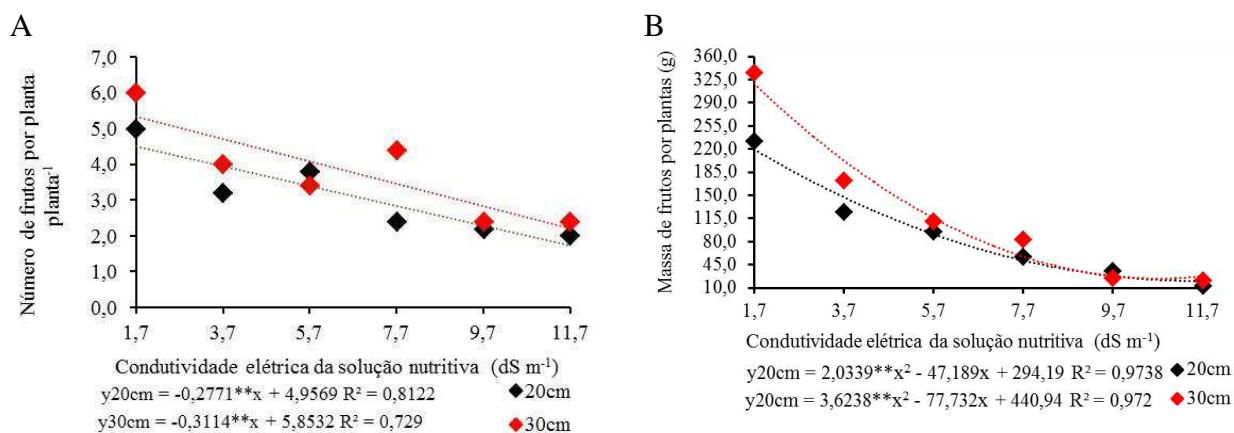


Figura 12. Resultados de produção de plantas de pimentão (cv. All Big), aos 95 DAS, cultivada em hidroponia de baixo custo sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para (A) número de frutos por planta e (B) massa de frutos por planta.

Em relação à massa total dos frutos de pimentão por tubo de 6m (Figura 13), observou-se no modelo polinomial, uma produção de 6,96 e 6,0 kg por tubo para cada 20 e 30 cm respectivamente no tratamento de 1,7 dS m⁻¹, que representa um aumento de 13,79% com relação ao espaçamento de 30 cm; com o aumento unitário da CE_{sn}, observou-se redução na produção. Corroborando com esses resultados Nunes et al. (2013) estudando o

pimentão (cv. Margarita), observaram que o incremento da salinidade $9,23 \text{ dS m}^{-1}$ aos 120 DAS, promoveu uma redução de 40,47 % no rendimento de frutos. Como também observado em hidroponia por Al-Karaki et al. (2009) para cvs de pimentão, 'Flavian', 'Sonar' e 'Alzado', e por Caruso & Villari. (2004) para pimenta 'Friariello' (*C. annuum* L., var. Longum).

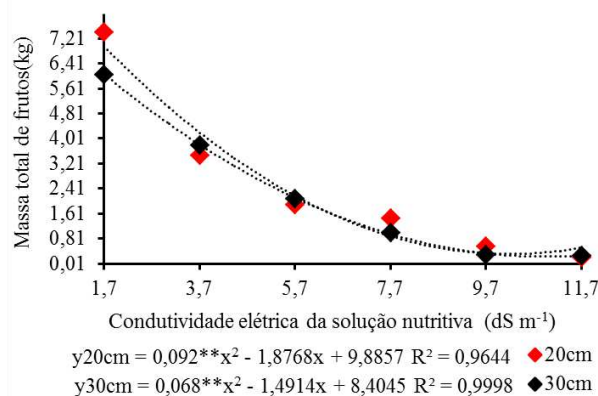


Figura 13. Resultados de produção de plantas de pimentão (cv. All Big), aos 95 DAS, cultivada em hidroponia de baixo custo sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para (A) massa total de frutos

Na interação entre salinidade vs espaçamento, observou-se de acordo com a equação de regressão (Figura 14A) decréscimo no comprimento longitudinal (C_{long}) do fruto de pimentão na ordem de 1,92 e 1,74 mm no incremento unitário da CE_{sn} pra cada espaçamento 20 e 30 cm respectivamente. Sendo o maior C_{long} (58,19 mm) de frutos de pimentão, observado no espaçamento de 30 cm com o tratamento de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ e o menor C_{long} (37,58 mm) no espaçamento de 20 cm no tratamento de $11,7 \text{ dS m}^{-1}$. De acordo com Aktas et al. (2009) o estresse salino provoca inibição no crescimento, distúrbios na permeabilidade das membranas celulares e alterações na condutância estomática, fotossíntese e balanço iônico, fato este observado no presente estudo com redução do comprimento longitudinal no incremento da salinidade. Conforme Oliveira et al. (2011) as alterações morfológicas e anatômicas em plantas sob estresse salino, e consequentemente redução da transpiração são mecanismos para manter a absorção satisfatória de água.

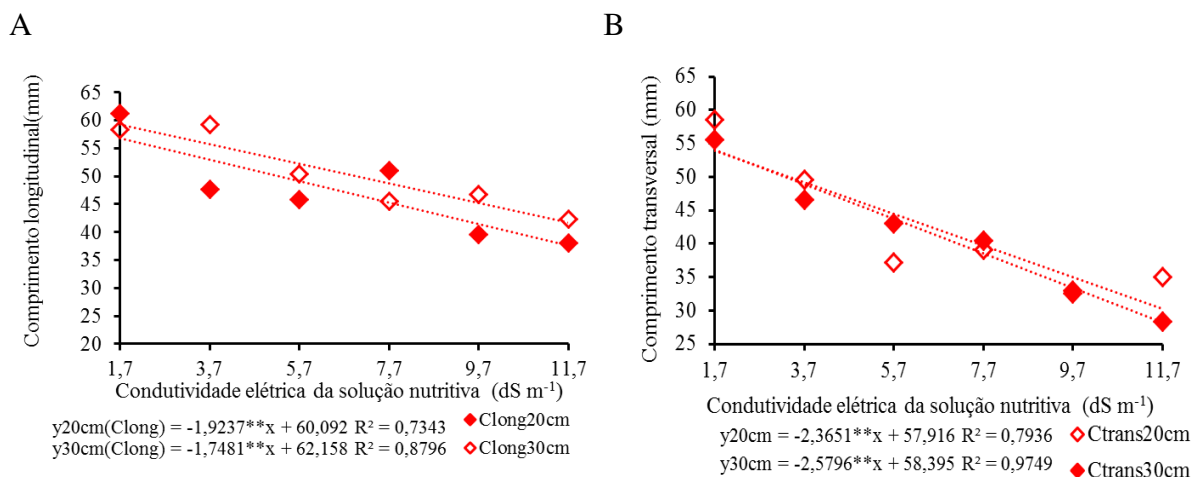


Figura 14. Resultados de produção de plantas de pimentão (cv. All Big), aos 95 DAS, cultivada em hidroponia de baixo custo sob estresse salino e densidade de plantas. Desdobramento da interação entre os tratamentos para (A) comprimento longitudinal e (B) comprimento transversal do fruto

Efeito da salinidade nas plantas de pimentão também foi observado no comprimento transversal do fruto (Ctrans), com redução de 2,36 e 2,57 mm, para os espaçamentos de 20 e 30 cm respectivamente com incremento da salinidade na solução nutritiva (Figura 14B). O ponto máximo do Ctrans do fruto foi observado no tratamento testemunha (1,7 dS m⁻¹) de 53,9 e 54,0 mm para os espaçamento de 20 e 30 cm respectivamente. Quando comparado com os níveis de 3,7; 5,7; 7,7; 9,7 e 11,7 dS m⁻¹ observou-se redução na ordem de 8,7; 17,5; 26,3; 35,1 e 43,9 % respectivamente no espaçamento de 20 cm, e para o espaçamento de 30 cm redução de 9,5; 19,1; 28,6; 38,2 e 47,8% respectivamente. Carvalho et al. (2016) estudando os efeito de tensões de água no solo no desenvolvimento da cultura do pimentão vermelho em condições controladas, observou redução com o aumento da umidade de solo de 55,3% quando comparado a tensão de água no solo de 15 kPa com a de 60 kPa no comprimento dos frutos.

3.11 Conclusões

1. A interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e a densidade de plantas influenciou no comportamento das variáveis de crescimento e produção do pimentão (cv. All Big).
2. As plantas de pimentão apresentaram melhor desempenho das variáveis biométricas altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas quando cultivadas a cada 30 cm, dentro do intervalo de condutividade elétrica da solução nutritiva testado.

3. Em análise por planta, a produção de frutos do pimentão foi mais expressiva quando adotou-se espaçamento de 30 cm, no entanto, no tubo de seis metros, quando utilizou-se 20 cm de espaçamento, contabilizou-se até 26,38% a mais no número de frutos para o mesmo intervalo salino.

3.12 Literatura citada

- AL-KARAKI, G.; AL-AJMI, A.; OTHMAN, Y. Response of Soilless Grown Bell epper Cultivars to Salinity. **Acta Horticulturae**, v. 807, n. 2, p. 227-232, 2009.
- AKTAS, H.; ABAK, K.; CAKMAK, I. Genotypic variation in the response of pepper to salinity. **Scientiae Horticulturae**, v.110, n.3, p.260-266, 2009.
- ALMEIDA, J. P. N. de; NUNES, R. L. C.; DIAS, N. da S.; COSTA, J. M. da. Crescimento do pimentão submetido a diferentes níveis de salinidade e fases de exposição. In: **Inovagri International Meeting & iv Workshop Iinternacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 2012**, Fortaleza. I Inovagri international meeting & winotec. Fortaleza: Inintl, 2012.
- ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 491-498, 2011.
- ANDRADE, F.H.A; ARAÚJO, C.S.P; BATISTA, W.F; QUEIROGA NETO, J.A;DANTAS, É.E.M; ANDRADE, R. Comportamento da cultura do pimentão submetido a diferentes níveis de salinidade. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v.12 , n.3, 2016.
- 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.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal: FUNEP, p. 42, 2003.
- CARUSO, G.; VILLARI, G. Effect of EC-level and plant shading on the NFT-grown "Friariello Pepper". **Acta Horticulturae**, v. 659, n. 2, p. 576-585, 2004.

- CAVALCANTE, A.R; SANTOS JUNIOR, J.A; GHEYI, H.R; DIAS, N.S; PAZ, V.P.S; Produção e composição mineral do coentro em sistema hidropônico de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 685-696, 2016.
- CARVALHO, J.A.; REZENDE, F.C.; OLIVEIRA, E.C.; AQUINO, R.F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.23. n.3, p. 236-245, 2016
- CHARLO H.C.O; CASTOLDI ,R; FERNANDES, C; VARGAS, P.F; BRAZ, L.T. Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira** v. 27, n. 2 p. 155-159, 2009
- DIAS, N.S.; LIMA, F.A.; SILVA, C.R.; SOUZA NETO, O.N.; GHEYI, H.R. Use of reject brine from desalination on different development stages of hydroponic lettuce. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 76-81, 2011.
- DUTRA, C.C; PRADO, E.A.F; PAIM, L.R; SCALON, S.P.Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 1, p. 2657-2668, 2012.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.
- FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: **IAC**, 1999, 52 p. (Boletim Técnico 180).
- 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. INCT Sal, 2010. p. 303-317.
- LEONARDO, M.; BROETTO, F.; VILLAS BOAS, R. L.; ALMEIDA, R. S.; MARCHESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes concentrações salinas. **Irriga**, v. 12, n. 1, p. 73-82, 2007.
- LIMA L. A; OLIVEIRA F.A; ALVES, R. C; BEZERRA, F. M. S; SILVA, N. K. C; GUEDES, R. A. A. Rendimento de frutos de pimentão sob estresse salino parcial do sistema radicular. **II Inovagri International Meeting**, 2014.
- MACIEL, M. P.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; REZENDE, E. P. L.; OLIVEIRA, G. X. S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.165- 172, 2012.

- NASCIMENTO, L. B.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; LIMA, B. L. C.; SILVA, J. L. A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.1, p37-43, 2015.
- NOBRE, R.G; LIMA, G.S.; GHEYI, H.R.; SOARES, L.A.A.; SILVA, A.O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. **Revista Caatinga**, v.27, n.2, p.148-158, 2014.
- 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.
- OLIVEIRA, F. DE A.; CAMPOS, M. DE S.; OLIVEIRA, F. R.A; OLIVEIRA, M. K T.; MEDEIROS, J. F. DE; MELO, T. K. DE. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.37-45, 2011.
- PARRON, L.M.; MUNIZ, D.H.F.; PEREIRA, C.M. Manual de procedimentos de amostragem e análise física- química da água. Embrapa, 2011, 69p . (Boletim Técnico 232).
- REBOUÇAS, J. R. L.; NETO, M.F.; DIAS, N.S.; SOUZA NETO, O.N.; DINIZ, A.A.; LIRA, R.B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v.18, n.4 p.624-634, 2013.
- RIBEIRO, P.H.P.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; UYEDA, C.A.; TEIXEIRA, M.B.; GUERRA, H.O.C. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. In: **Inovagri International Meeting**, 2., 2014. Fortaleza. Anais. Fortaleza, p.3493-3502, 2014.
- SANTOS JÚNIOR, J.A. Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores em sistema hidropônico alternativo para regiões semiáridas. 235p. (**Tese de Doutorado**): UFCG, 2013.
- SANTOS JÚNIOR, J.A; GHEYI, H.R; CAVALCANTE, A.R; FRANCILINO, A.H; PEREZ-MARIN, A.M. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 591-604, 2016.
- SCHOSSLER, T.R.; MACHADO, D.M.; ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F.R.; PIAUILINO, A.C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas Enciclopédia Biosfera, v.8, n.15; p. 2012.

SILVA, P.I.B.; NEGREIROS, M.Z.N.; MOURA, K.K.C.F.; FREITAS, F.C.L.; NUNES, G.H.S.; LIMA, P.S.; GRANGEIRO, L.C. Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.2, p.132-139, 2010.

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