

NADIELAN DA SILVA LIMA

**CULTIVO DE PIMENTÃO EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB ESTRESSE
SALINO**

RECIFE – PE

2016

NADIELAN DA SILVA LIMA

CULTIVO DE PIMENTÃO EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB ESTRESSE SALINO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lilia Willadino

RECIFE – PE

2016

Ficha catalográfica

L732c Lima, Nadielan da Silva
Cultivo de pimentão em sistema hidropônico sob estresse salino / Nadielan da Silva Lima. – 2016.
90 f. : il.

Orientadora: Lilia Gomes Willadino.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2016.
Inclui referências.

1. Estresse abiótico 2. Hidroponia 3. Enzimas antioxidantes
4. Produtividade 5. Fotossíntese I. Willadino, Lilia Gomes, orient. II. Título

CDD 631

NADIELAN DA SILVA LIMA

CULTIVO DE PIMENTÃO EM SISTEMA HIDROPÔNICO SOB ESTRESSE SALINO

Tese defendida e aprovada pela Banca Examinadora em 26 de fevereiro de 2016

Orientadora:

Profa. Dra. Lilia Willadino
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Examinadores:

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Profa. Dra. Terezinha Rangel Camara
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Prof. Dr. Dimas Menezes
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Prof. Dr. Mauro Guida dos Santos
(Universidade Federal de Pernambuco)

DEDICO

*À minha esposa Káline.
Aos meus pais Eli e Nadeje.
Aos meus irmãos.*

*“Há algumas virtudes suas que jamais seriam descobertas se não fossem as provações
pelas quais você passa”*

(Charles H. Spurgeon)

“Confia ao Senhor as tuas obras, e teus pensamentos serão estabelecidos”

(Provérbios 16:3)

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus por ser meu amigo fiel. A Ele toda honra, toda glória e todo louvor, eternamente, amém!

À minha família, que sempre esteve orando por mim, louvo a Deus por vossas vidas.

À minha esposa Kaline Cavalcante Vasconcelos pela paciência e compreensão.

Ao meu vô João Belo (*in memoriam*), que com seus aconselhamentos e exemplo me ensinou a seguir a Cristo, independente das dificuldades da vida, sempre fiel até o fim.

À minha orientadora prof^a Dra. Lilia Willadino, pela competência em administrar o seu tempo, me fornecendo condições para o meu crescimento intelectual e profissional.

Aos membros da banca examinadora, doutores: Prof. Ênio Farias França e Silva, prof^a. Terezinha Câmara, prof. Dimas Meneses e Prof. Mauro Guida, pelo apoio que demonstraram e contribuíram para que este trabalho tivesse êxito.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), por meio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA), pela oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (Capes) e a Fundação de Amparo a Pesquisa e Tecnologia de Pernambuco (Facepe), pela concessão da bolsa de doutorado, durante todo o curso.

Ao Instituto Nacional de Ciência em Tecnologia em Salinidade – INCTSal, pela ajuda financeira no âmbito do projeto de campo, sempre que solicitado.

Aos colegas do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais (LCTV) da UFRPE, Eduardo (estagiário), Laís, Lindomar, Marciana, Rodolfo, Ronaldo e Wellington (técnico), pelas grandes contribuições nas análises realizadas e amizade recíproca.

Aos colegas de curso Wellington, Anderson (bob), Robertson, Jucicléia, Thais, Patrícia, Wilka, Hammady, Eulâmpio, Raquele, Alexandre, Rodrigo, Luíz (lula), Miguel, Breno, Jairo, Mara, Daniel, Tony, Gian, e

A todos que não citei, mas que contribuíram de alguma forma para a concretização desta tese. Muito Obrigado!

LIMA, N. S. **Cultivo de pimentão em sistema hidropônico sob estresse salino.** Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Fevereiro de 2016

RESUMO

A salinidade da água na irrigação das culturas é um dos principais fatores limitantes da produção agrícola no mundo. Os efeitos do estresse salino sobre as plantas são a redução do crescimento e produção, além de distúrbios fisiológicos e bioquímicos, que comprometem o desenvolvimento de espécies glicófitas como o pimentão (*Capsicum annuum* L.). O pimentão está entre as hortaliças de maior importância no Brasil, tanto em quantidade produzida quanto em qualidade nutritiva e possui boa aceitabilidade. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do estresse salino sobre as variáveis de crescimento, produção, nutricionais, fisiológicas e bioquímicas de duas cultivares de pimentão, em sistema hidropônico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Deagri - UFRPE no período de 6 de outubro de 2014 a 6 de fevereiro de 2015. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados com fatorial 5 x 2, cujos fatores foram: cinco níveis salinos da solução nutritiva (2,0; 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹) e duas cultivares de pimentão, Bruno e Rúbia. Os resultados demonstraram que a salinidade da solução nutritiva afetou crescimento e a produção de ambas as cultivares. A cv. Bruno teve maior área foliar e massa fresca da parte aérea, enquanto que a cv Rúbia destacou-se pela maior produtividade. A salinidade reduziu os teores de fósforo, potássio e enxofre e incrementou os de sódio e cloro no tecido foliar das duas cultivares. A cv. Rúbia mostrou-se mais eficiente na seletividade iônica, sendo capaz de acumular mais potássio e cálcio, assim como manter menores teores de sódio e cloro no tecido foliar, comparado a cv. Bruno. A cv. Rúbia obteve produção de frutos superior com 1,46 kg planta⁻¹ contra 0,83 kg planta⁻¹ da cv. Bruno. A cv. Rúbia foi menos afetada em relação ao teor de clorofila "a", apresentando decréscimos unitários por dS m⁻¹ de 3,8%, contra 6,8% da cv. Bruno. Houve redução nas trocas gasosas, nas proteínas solúveis e aumento no teor de prolina, com o incremento da salinidade da solução nutritiva, nas duas cultivares. Em ambas as cultivares o sistema de defesa antioxidativo foi ativado. A cv. Rúbia apresentou maior atividade de APX que a cv. Bruno, mesmo no menor nível salino, mostrando-se mais aclimatada ao efeito adverso da salinidade.

Palavras-chave: Estresse abiótico. Hidroponia. Enzimas antioxidantes. Produtividade. Fotossíntese.

LIMA, N. S. **Cultivation of bell pepper in hydroponic system under salt stress.** Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. February 2016.

ABSTRACT

The salinity of water in crop irrigation is one of the main limiting factors of agricultural production in the world. The effects of salt stress on the plants are growth reduction and production, as well as physiological and biochemical disorders, which affect the development of glycophyte species such as bell peppers (*Capsicum annuum* L.) The bell pepper ranks among the vegetables of greater importance in Brazil, both in quantity produced how much in nutritive quality and has good acceptance. Thus, this study aimed to evaluate the effects of salt stress on the growth variables, production, nutritional, physiological and biochemical in two bell pepper cultivars in hydroponic system. The experiment was conducted in a greenhouse located at the Deagri - UFRPE in the period from 6 October 2014 and 6 February 2015. Was used a randomized block design with factorial 5 x 2, the factors were: five salinity levels of the nutritive solution (2.0, 3.5, 4.5, 5.5 and 6.5 dS m⁻¹) and two bell pepper cultivars, Bruno and Rúbia. The results demonstrated that the salinity of the nutritive solution affected the growth and production of both cultivars. The cv. Bruno had greater leaf area and fresh mass of the aerial part, while cv Rúbia stood out for higher productivity. The salinity reduces contents of phosphorus, potassium and sulfur and increased sodium and chlorine in the leaves of both cultivars. The cv. Rúbia proved more efficient in the ionic selectivity, being able to accumulate more potassium and calcium, as well as maintaining contents lower sodium and chlorine in the leaf tissue, compared to cv. Bruno. The cv. Rúbia production got higher fruits with 1.46 kg plant⁻¹ against 0.83 kg plant⁻¹ cv. Bruno. The cv. Rúbia was less affected in relation to the chlorophyll "a" content presenting unitary decrements of 3.8% per dS m⁻¹, versus 6.8% of cv. Bruno. There was reduction in the gas exchange, in the soluble proteins and increased proline content, with increasing salinity of the nutritive solution, in both cultivars. On both cultivars the antioxidative defense system was activated. The cv. Rúbia showed higher APX activity that the cv. Bruno even in the lower salt level by showing up more acclimatized to the adverse effect of salinity.

Keywords: Abiotic stress. Hydroponics. Antioxidative enzymes. Productivity. Photosynthesis.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO I	14
REVISÃO DE LITERATURA	14
A salinidade do solo no mundo	14
Efeitos da salinidade sobre as plantas	15
Efeito osmótico e iônico	15
Efeito sobre a nutrição mineral	15
Efeito sobre o crescimento e produção	17
Efeito sobre as trocas gasosas e clorofilas	19
Efeito sobre as proteínas solúveis	20
Efeito sobre o acúmulo de prolina	20
Efeito oxidativo	21
Produção hidropônica com água salobra	23
A cultura do pimentão	24
Cultivo de pimentão sob salinidade	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO II	35
RESUMO	35
ABSTRACT	35
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
CAPÍTULO III	67
RESUMO	67
ABSTRACT	67
INTRODUÇÃO	68
MATERIAL E MÉTODOS	69
RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

INTRODUÇÃO

O uso racional da água na agricultura depende, primeiramente, do conhecimento sobre sua qualidade, principalmente a concentração salina, visto que o uso desordenado desta água na produção agrícola poderá causar sérios prejuízos, às plantas, ao solo e, conseqüentemente, ao meio ambiente. Entretanto, nem sempre os agricultores dispõem de água de qualidade adequada, principalmente em regiões áridas e semiáridas.

Em muitas áreas de produção o uso de água com elevado teor de sais na irrigação e a aplicação de fertilizantes em quantidades excessivas, são as principais razões para o problema do aumento da salinização do solo (DIAS & BLANCO, 2010). Isso poderá, com a continuidade da prática, ocasionar desestruturação, aumento da densidade aparente e da retenção de água no solo, redução da infiltração pelo excesso de íons sódicos e diminuição da fertilidade físico-química (RHOADES et al., 2000)

Os efeitos da salinidade sobre as plantas podem ser pela dificuldade de absorção de água, que é o componente osmótico, e pela toxicidade de íons específicos, como o Na^+ e Cl^- , que é o componente iônico ou tóxico. Esses efeitos provocam interferências nos processos fisiológicos, no crescimento e produção de plantas mais sensíveis. Conforme Munns (2011) e Filippou et al. (2014), o estresse salino pode ser responsável por alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas nas plantas. Alguns dos efeitos indiretos da salinidade são a redução da produtividade (MUNNS, 2002) e do crescimento (PRAXEDES et al., 2014), para a maioria das culturas.

O comprometimento da manutenção do potencial de água nas células poderá ocasionar restrições nas trocas gasosas, de forma parcial ou total, limitando os processos fotossintéticos e transpiratórios, ocasionando prejuízos significativos no desenvolvimento do vegetal como um todo (ESTEVES & SUZUKI, 2008).

A redução do teor de clorofila em função do incremento do nível de sal é uma resposta frequente em várias espécies vegetais, entre elas *Grewia tenax* (HUNSCHE et al., 2010), *Jatropha curcas* (SILVA et al., 2010), *Tamarindus indica* (HUNSCHE et al., 2010) e *Saccharum officinarum* (WILLADINO et al., 2011). O conteúdo de proteínas solúveis de plantas estressadas por sais, normalmente, também pode ser reduzido, em virtude de a síntese protéica ser prejudicada e/ou pelo aumento da proteólise (SILVEIRA et al., 2003; PARIDA & DAS, 2005).

O efeito iônico, pelas elevadas concentrações de Na^+ , poderá promover interações antagônicas com o K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . Já altas concentrações de Cl^- pode promover

interações antagônicas com o NO_3^- , SO_4^- e PO_4^{3-} (HAJIAGHAEI-KAMRANI & HOSSEINNIYA, 2013; RAJA et al., 2012; KAHLAOUI et al., 2011; FREIRE et al., 2010). Assim, a toxicidade iônica pode ser evidenciada por alterações nas razões K^+/Na^+ , $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ e $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$ dos tecidos, o que compromete a homeostase iônica nas células (APSE & BLUMWALD, 2007).

Diversos danos oxidativos estão relacionados ao desequilíbrio iônico e ao estresse osmótico. Esses danos estão relacionados à produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (ROS), tais como: superóxido ($\text{O}_2^{\bullet-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), hidroxila (OH^{\bullet}) e oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$). Estas ROS podem ter ação citotóxica, causando danos oxidativos aos lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (FRIDOVICH, 1998). Devido à atividade de enzimas protetoras como a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT) e a ascorbato peroxidase (APX), a concentração dessas ROS é reduzida e mantida em equilíbrio nas plantas. De acordo com Oliveira et al. (2010), acredita-se que as enzimas do sistema antioxidativo estejam envolvidas com os principais mecanismos de tolerância das plantas a estresses ambientais, como o estresse salino.

O aminoácido prolina é o osmólito compatível mais estudado, em razão de sua sensibilidade de resposta a condições de estresse (TROVATO et al., 2008; VERBRUGGEN & HERMANS, 2008; ASHRAF et al., 2011). Além de atuar como excelente osmólito, a prolina desempenha papéis importantes como quelante de metal, molécula de defesa antioxidante e molécula de sinalização durante o estresse (KAUR & ASTHIR, 2015).

O entendimento de mecanismos de tolerância e susceptibilidade à salinidade é importante para o desenvolvimento de cultivares que produzam de forma economicamente viável sob condições de estresse e poderá contribuir para o desenvolvimento de novas técnicas de manejo das culturas (PRISCO & GOMES FILHO, 2010).

De acordo com Blat et al. (2007) o pimentão (*Capsicum annuum* L.) está entre as dez hortaliças mais importantes do Brasil. Entre as solanáceas, é a terceira mais cultivada, sendo superada apenas pelo tomate e pela batata. As mudanças nos sistemas de cultivo, bem como a utilização de cultivares mais adaptadas, mais produtivas e com resistência ou tolerância a um número cada vez maior de doenças, estão entre os principais fatores do aumento da área plantada e da produtividade (CARVALHO et al., 2003).

No estado de Pernambuco os municípios de Camocim de São Félix, Gravatá, Chã Grande, Brejo da Madre de Deus, Ibimirim e João Alfredo são os principais fornecedores de pimentão à Central de Abastecimentos - CEASA-PE de Recife (CEASA-PE, 2016).

É importante observar que independente do tipo de cultivo, se hidropônico ou em solo, a qualidade da solução nutritiva, quanto ao excesso de sais, reduz o crescimento e o rendimento da cultura do pimentão, que se mostra sensível ao aumento da condutividade elétrica na zona radicular (SANTANA & CARVALHO, 2009; NASCIMENTO et al., 2011; NUNES et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2015)

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo geral: avaliar o efeito do estresse salino sobre as variáveis de crescimento, produção, nutricionais, fisiológicas e bioquímicas de duas cultivares de pimentão em sistema de cultivo hidropônico. E como objetivos específicos: i - estimar os efeitos do estresse salino sobre a biometria, rendimento e produtividade de cultivares de pimentão em hidroponia; ii - analisar os efeitos do estresse salino no acúmulo de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio e cloro no tecido foliar do pimentão; iii - avaliar o efeito do estresse salino sobre as trocas gasosas de duas cultivares de pimentão; e iv - verificar os efeitos do estresse salino sobre o teor de clorofilas, prolina, proteínas solúveis e de enzimas antioxidante de duas cultivares de pimentão.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

A salinidade do solo no mundo

A salinidade no solo existe muito antes de se tornar um problema econômico para o homem (ZHU, 2001b). O termo salinidade se refere à existência de níveis de sais solúveis na solução do solo que possam prejudicar significativamente o rendimento das plantas cultivadas (RIBEIRO et al., 2007; MUNNS & TESTER, 2008), além de oferecer sérios riscos ao meio ambiente por causar a salinização do solo e, muitas vezes, inviabilizar a produção agrícola.

É difícil precisar qual a real área afetada pela salinização no mundo atualmente, pois, são controvérsias as informações a respeito. Entretanto, segundo dados da FAO (2007) estima-se que cerca de 900 milhões de hectares em todo o mundo, aproximadamente 20% do total das terras agrícolas, estão afetados por sais, o que representa mais de 6% da área terrestre do globo (ZHANG et al., 2010).

A salinização é um dos fenômenos crescentes em todo o mundo, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, decorrente de condições climáticas e da agricultura irrigada. Diante do incremento da adição de fertilizantes via água de irrigação, quando esta tecnologia é utilizada sem nenhuma forma de manejo, torna-se um contribuinte intenso para o aumento de áreas com altas concentrações salinas (LIMA JÚNIOR & SILVA, 2010)

Ainda segundo estimativa da FAO (2005) aproximadamente 50% dos 250 milhões de hectares irrigados no mundo já apresenta problemas de salinização e que 10 milhões de hectares são abandonados anualmente em virtude desses problemas. No Nordeste brasileiro, em torno de 30% das áreas irrigadas estão comprometidas com problemas de salinização (LIMA JÚNIOR & SILVA, 2010). Já a salinização do solo por causas naturais corresponde a cerca de 2,4% do total das terras brasileiras (FAO, 2008).

Segundo Coelho (2013) os maiores problemas relacionado à salinidade tem sido ocasionado pelo processo conhecido como salinização secundária, que ocorre devido ao manejo inadequado da irrigação associado à drenagem deficiente e à presença de águas subsuperficiais ricas em sais solúveis localizadas em baixa profundidade. Esse processo ainda pode ser intensificado pela aplicação de fertilizantes de forma excessiva e pouco parcelada ao longo do ciclo cultural, o que induz as plantas a uma condição de estresse salino (OLIVEIRA et al, 2010).

Efeitos da salinidade sobre as plantas

Efeito osmótico e iônico

O efeito da salinidade sobre as plantas é consequência de dois distintos componentes do estresse salino:

- (i) o componente osmótico – resultante da elevada concentração de solutos na solução do solo, provocando um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico; e
- (ii) o componente iônico – decorrente dos elevados teores de Na^+ e Cl^- , e da alterada relação K^+/Na^+ e outros nutrientes.

De acordo com Alves et al. (2011), o efeito osmótico da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas resulta na redução do potencial osmótico, causado pelo excesso de sais solúveis na solução do solo, restringindo a absorção de água, e consequentemente nutrientes, devido à condição de estresse hídrico, sendo este processo também denominado de seca fisiológica (DIAS & BLANCO, 2010).

Segundo Ayers & Westcot (1991), quando os sais acumulam-se na zona radicular, em concentrações suficientemente capazes de impedir a aquisição de água pela planta, provoca um estado de deficiência hídrica, até causar sintomas muito semelhantes aos provocados pela estiagem. Esse excesso de sais na rizosfera das plantas dificulta o desenvolvimento devido a redução do potencial osmótico na solução do solo e ao acúmulo de sais nos tecidos que altera os processos metabólicos normais.

O efeito iônico, resultado do acúmulo de Na e Cl em tecidos vegetais, deve-se, principalmente, a mudanças nas relações Na/K, Na/Ca e Cl/ NO_3^- , provocando desde reduções da área foliar até a morte das plantas (CAVALCANTE et al., 2010).

Assim, a toxicidade iônica pode ser evidenciada por alterações nas razões K^+/Na^+ , $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ e $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$ dos tecidos, o que compromete a homeostase iônica nas células (APSE & BLUMWALD, 2007). Munns (2002) cita que dentre as principais consequências observadas a partir do acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- nas folhas pode-se citar necrose nos tecidos foliares e a aceleração da senescência de folhas maduras, reduzindo assim a área destinada à fotossíntese. Dessa forma, haverá limitação da atividade fotossintética não só a partir do fechamento estomático ocasionado pelo estresse osmótico, mas também pelo efeito dos sais sobre as folhas.

Efeito sobre a nutrição mineral

Conforme Tester & Davenport (2003), a salinidade da solução nutritiva, além de afetar a disponibilidade de água, causa distúrbios nutricionais à planta, dependendo do sal

e do genótipo vegetal. A presença de íons em excesso pode impedir a absorção de elementos essenciais ao crescimento da planta, levando ao desbalanceamento nutricional.

Conhecer as interações e a dinâmica desses nutrientes é fundamental, principalmente em cultivo de plantas com utilização de águas salobras, pois as interações antagônicas são bastante acentuadas, principalmente devido às elevadas concentrações de Na^+ e de Cl^- .

Pesquisas realizadas por Freire et al. (2010); Kahlaoui et al. (2011); Raja et al. (2012) e Hajiaghaei-Kamrani & Hosseinniya (2013) corroboram com a afirmativa de que em situações de cultivo em meio salino, as elevadas concentrações de Na^+ promovem interações antagônicas com o K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . Já altas concentrações de Cl^- pode promover interações antagônicas com o NO_3^- , SO_4^{2-} e PO_4^{3-} .

Relações Na^+/K^+ altas, inativam enzimas e inibem a síntese de proteínas. Isso porque o íon potássio é ativador de reações enzimáticas vitais, contribui significativamente para a manutenção do potencial osmótico do vacúolo e turgor celular e é essencial na síntese de proteínas (TESTER & DAVENPORT, 2003). Deficiências de K^+ em plantas cultivadas em meio salino pode ser aumentada pelo excesso de Na, visto que esses íons competem pelos mesmos sítios no sistema de absorção na membrana plasmática das células radiculares (MARSCHNER, 2012).

Outro efeito nocivo do íon Na^+ é o de deslocar o íon Ca^{2+} da membrana plasmática das células radiculares, com a consequente perda da seletividade iônica das raízes. A membrana plasmática, em condições normais, tem alta especificidade pelo íon K^+ , a qual é reduzida devido ao deslocamento do íon Ca^{2+} , ocasionado pelos elevados níveis do íon Na^+ (MAATHUIS & AMTMANN, 1999).

O cálcio é um elemento essencial para a integridade da membrana plasmática das células vegetais, e sua deficiência pode levar a perda dessa integridade, afetando a absorção de íons essenciais (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Assim, deficiências de Ca^{2+} podem ser induzidas por excesso de Na^+ ou SO_4^{2-} , deficiências de K^+ por excesso de Na^+ ou Ca^{2+} e também altas concentrações de Mg^{2+} podem inibir a absorção de K^+ ou de Ca^{2+} .

A diminuição do acúmulo de Ca^{2+} também pode estar relacionada com a translocação desse íon auxiliado pelo fluxo de transpiração da planta. Por essa razão, as relações hídricas e os diversos fatores que as afetam estão altamente relacionados com a ocorrência de distúrbios fisiológicos ligados ao Ca^{2+} (MARTINEZ et al., 1997).

Leonardo et al. (2008) estudaram a cultura do pimentão fertirrigada com quatro níveis salinos de 1,5 a 6,0 dS m^{-1} de condutividade elétrica na solução nutritiva e os

resultados mostraram indícios de antagonismo entre nutrientes, notadamente entre as formas catiônicas como o Ca, Mg e K em razão do aumento da concentração de KCl. A concentração de Ca e Mg nas folhas de pimentão diminuiu, ocasionado pelo aumento da CE, provavelmente induzido pelo antagonismo com o K.

Santos (2014) avaliou a dinâmica nutricional do tomate cereja cv. “Rita” sob seis níveis de salinidade (3,0; 4,5; 5,9; 7,3; 8,7 e 10,4 dS m⁻¹) da solução nutritiva. Esse estudo mostrou que a salinidade afetou as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cloro e sódio no tecido foliar, principalmente em função de interações antagonicas entre íons, sendo a elevada concentração de Na e Cl do meio de cultivo, a principal responsável por essas interações.

Com o objetivo de estudar os efeitos nutricionais na alface americana cultivada em sistema hidropônico NFT com águas salobras, Soares (2014) verificou que o aumento da salinidade da solução nutritiva proporcionou redução nos teores foliares de fósforo e potássio e, aumento nos teores de cloreto e sódio. Carmo et al. (2011) também verificou que o acúmulo dos macronutrientes Ca, N, K, P e Mg na cultura da abóbora foram reduzidos em função do aumento da salinidade da água de irrigação.

Efeito sobre o crescimento e produção

A salinidade, ocasionada naturalmente ou por ação antrópica, pelo manejo inadequado da irrigação ou uso de águas de alta salinidade, provoca redução da produtividade (MUNNS, 2002) e do crescimento (PRAXEDES et al., 2014), para a maioria das culturas. Conforme Esteves & Suzuki (2008) as consequências lesivas da elevada salinidade podem ser notadas na planta inteira, resultando em morte ou diminuição da produtividade.

Segundo Flowers (2004) as plantas sob estresse salino fecham os estômatos para reduzir a transpiração, tendo como consequência reduções na taxa fotossintética, podendo estas alterações ser uma das principais causas na diminuição do crescimento e produção, uma vez que o acúmulo de biomassa depende da produção de fotoassimilados.

É importante salientar que independente do tipo de cultivo, se hidropônico ou em solo, a qualidade da água, quanto ao excesso de sais, reduz o crescimento e o rendimento da cultura do pimentão, que se mostra sensível ao aumento da condutividade elétrica na zona radicular.

Lycoskoufis et al. (2005) verificaram que houve redução significativa na produção de biomassa em plantas de pimentão cultivadas em sistema hidropônico em solução nutritiva com condutividade elétrica de até 8 dS m⁻¹.

Aktas et al. (2009) observaram que o incremento de sais na água de irrigação prejudicou o crescimento em altura e diâmetro das plantas de pimentão. Segundo os mesmos autores, o estresse salino na cultura do pimentão provoca desordens na permeabilidade das membranas celulares e alterações na condutância estomática, fotossíntese e balanço iônico, acarretando em redução no crescimento e rendimento dessa cultura.

Nunes et al. (2013) avaliaram cinco níveis de sais da solução nutritiva (1,2; 3,49; 5,69; 7,07 e 9,23 dS m⁻¹) e três épocas de exposição à salinidade (24, 85 e 120 DAT - dias após o transplante) sobre a cultura do pimentão. A área foliar foi reduzida com o aumento da salinidade em todas as fases de exposição, porém aos 85 e 120, essa redução foi menos acentuada. Quanto ao rendimento, os tratamentos com CE mais elevada, induziram as plantas a reduções de 65,4, 52,58 e 40,47% do rendimento de frutos, em Kg ha⁻¹, produzidos em relação ao tratamento controle aos 24, 85 e 120 DAT, respectivamente. Esse resultado evidencia que o rendimento do pimentão é reduzido com a exposição das plantas à salinidade e, conseqüentemente, a diminuição da produtividade.

Nascimento et al. (2011) avaliaram a produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, usando o esquema fatorial 5 x 2, correspondente a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹), e dois substratos, com e sem biofertilizante. O aumento da salinidade da água de irrigação provocou expressivas perdas na emergência e no crescimento das plantas, medido pela altura e diâmetro de caule, sendo os decréscimos inferiores nos tratamentos com adição do biofertilizante.

Nascimento et al. (2015) estudaram o desenvolvimento inicial do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação e constataram que a altura das plantas, o diâmetro dos caules e a área foliar foram diretamente influenciados pela salinidade. Os valores de altura variaram de 45 cm, para as plantas irrigadas com água de menor salinidade (0,56 dS m⁻¹), até 34 cm para o maior nível de salinidade (5,0 dS m⁻¹), ou seja, uma redução de 24,5% na altura das plantas. O diâmetro dos caules apresentou comportamento semelhante, com redução de 34,6%. Já a área foliar teve a menor redução, obtendo um percentual em torno de 15,8%.

Efeito sobre as trocas gasosas e clorofilas

A fotossíntese é um dos processos fisiológicos mais dominantes em plantas superiores, onde o crescimento destas é o resultado da interação de vários processos fisiológicos, sendo que, quando submetidas a estresses ambientais, a fotossíntese é afetada negativamente (PARIDA & DAS, 2005).

Sob estresse salino, verifica-se o fechamento dos estômatos, onde tal mecanismo é importante na manutenção da disponibilidade hídrica, uma vez que a salinidade reduz a água disponível para as plantas (ROBINSON et al., 1997). Outros fatores que afetam diretamente a fotossíntese sob estresse salino podem ser citados, como: redução na concentração de clorofilas e aumento na resistência mesofílica ao transporte de CO₂ (SEEMANN & CRITCHLEY, 1985).

Sabe-se que a entrada de CO₂ nas plantas ocorre necessariamente através dos estômatos no processo fotossintético ocorrendo também perda de água, por meio da transpiração, sendo o movimento estomático o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas superiores. Desta forma, em condições de estresse salino, pode causar fechamento estomático limitando a condutância estomática e a transpiração, reduzindo, conseqüentemente, a fotossíntese (SILVA et al., 2010).

O aumento na salinidade também promove alterações na morfologia das células foliares através da modulação da perda de água (MUUNS & TESTER, 2008) e a redução da condutância estomática, uma vez que em condições salinas o fechamento dos estômatos limita a perda de água pelas folhas (YOUSIF et al., 2010). Entretanto, com o fechamento dos estômatos, a difusão do CO₂ para os cloroplastos é diminuída e assim o processo de fotossíntese pode ser inibido (CENTRITTO et al., 2003).

Ressalta-se que a temperatura foliar é regulada pela transpiração, uma vez que menores aberturas estomáticas também acarretam diminuição da transpiração foliar e, por conseqüência, aumento da temperatura da folha, devido a redução na dissipação do calor latente, sinalizando que a capacidade de refrigeração das plantas diminui via transpiração (VIEIRA JÚNIOR et al., 2007; KUMAR & PORTIS JÚNIOR, 2009).

Estudos têm ressaltado que quando a assimilação de CO₂ pelas plantas é reduzida pode haver a diminuição da concentração de clorofila, pelos danos causados aos cloroplastos (NETONDO et al., 2004).

Segundo Munns (1993) o teor de clorofila, em espécies tolerantes, aumenta com os níveis de salinidade. Plantas de alface (PAULUS, 2008), e de abacaxi (MENDES et al

2011) apresentaram acréscimos significativos no conteúdo de clorofila quando cultivados sob estresse salino.

Efeito sobre as proteínas solúveis

O conteúdo de proteínas solúveis de plantas estressadas por sais, normalmente, é reduzido, em virtude de a síntese protéica ser prejudicada e/ou pelo aumento da proteólise (SILVEIRA et al., 2003; PARIDA & DAS, 2005). A síntese protéica é prejudicada devido à exigência do íon potássio na ligação do tRNA aos ribossomos, a qual necessita de altas concentrações desse íon para ocorrer, porém, sob salinidade, geralmente a concentração de K^+ tende a diminuir com o aumento da concentração do íon Na^+ , isso porque não há transportadores específicos para o íon Na^+ , o qual compete com o íon K^+ diretamente (TESTER & DAVENPORT, 2003).

Efeito sobre o acúmulo de prolina

A prolina é um aminoácido que tem características de osmoproteção celular. Esta característica deve-se à redução do potencial osmótico da célula, mantendo equilíbrio hídrico entre o vacúolo e o citoplasma (BRAY et al., 2001). Esse acúmulo é frequentemente associado à tolerância da espécie vegetal ao estresse, sendo, geralmente encontrada em níveis mais elevados nas plantas tolerantes que nas sensíveis (ASHRAF & FOOLAD, 2007).

O aminoácido prolina é o osmólito compatível mais estudado, em razão de sua sensibilidade de resposta a condições de estresse (TROVATO et al., 2008; VERBRUGGEN & HERMANS, 2008; ASHRAF et al., 2011). Além de atuar como excelente osmólito, a prolina desempenha papéis importantes como quelante de metal, molécula de defesa antioxidante, e molécula de sinalização durante o estresse (KAUR & ASTHIR, 2015). Ela transmite a tolerância ao estresse através da modulação de funções mitocondriais, a proliferação celular, desencadeia a expressão de genes específicos, e estabiliza membranas evitando assim a fuga de eletrólitos e trazendo concentrações de ROS dentro da normalidade levando a recuperação do estresse (KAUR & ASTHIR, 2015).

Segundo JAIN et al. (2001) a prolina influencia positivamente na defesa da peroxidação lipídica das membranas celulares das plantas submetidas à salinidade. Sua estrutura molecular com um carbono terciário favorece a formação de um radical estável que poderia resultar na quebra da cascata de reações de radicais livres disparadas pelo radical superóxido ou radical hidroxila.

Bellinger et al. (1991) afirmam que, em diversas espécies, o acúmulo de prolina nas plantas estressadas não é um indicador de resistência e sim de tolerância adquirida, visto que diversos experimentos demonstram que células, calos e soma clones selecionados como tolerantes ao estresse apresentam uma maior acumulação de prolina do que os não aclimatados.

O teor de prolina varia de espécie para espécie e pode apresentar concentrações até 100 vezes maiores nas plantas submetidas a estresse, quando comparadas às plantas controles (VERBRUGGEN & HERMANS, 2008). Estas características de atuação da prolina, dentre outras, com a finalidade de manter a homeostase celular durante condições de estresse é ainda mal compreendida (SZABADOS & SAVOURÉ, 2009).

Efeito oxidativo

O estresse salino desencadeia um tipo de estresse secundário grave que é o oxidativo, este se caracteriza pelo aumento na produção das espécies reativas de oxigênio (ROS) no metabolismo celular (MITTLER, 2002).

As principais ROS produzidas incluem os radicais superóxido ($O_2^{\bullet-}$), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o radical hidroxila (OH^{\bullet}) e o oxigênio singlete (1O_2). O poder citotóxico destas espécies é definido de acordo com a quantidade produzida pelas células. O acúmulo das ROS ocorre quando a sua produção ultrapassa a capacidade antioxidante da célula resultando no chamado estresse oxidativo (PANDHAIR & SEKHON, 2006).

As ROS são subprodutos do metabolismo celular em condições de normalidade, porém quando as plantas estão submetidas a algum estresse severo ocorre acúmulo das ROS que também são geradas a partir da destruição da cadeia transportadora de elétrons, que se torna um dos principais locais de produção das ROS. Estas cadeias estão presentes em organelas com alta atividade de oxidação metabólica ou com fluxo de elétrons contínuo, como é o caso dos cloroplastos e das mitocôndrias (VAN BREUSEGEM et al., 2001; SOARES & MACHADO, 2007).

De acordo com Van Breusegem et al. (2001), a formação das ROS nos cloroplastos está relacionada diretamente com os processos fotossintéticos. O fenômeno de fotorrespiração nos peroxissomos é outra forma de produção de ROS, como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Nas mitocôndrias das plantas, pesquisas recentes sugerem que tais organelas podem ser fontes de ROS sobre condições de estresses específicos.

As ROS são extremamente reativas às proteínas, DNA, RNA e, principalmente aos lipídios de membrana, que desorganizados, ocasionam a perda de seletividade e a

capacidade de compartimentalização celular, afetando a atividade respiratória nas mitocôndrias e a fotossíntese nos cloroplastos. O efeito negativo da ação das ROS é responsável pela ocorrência de danos ao aparato fotossintético, em plantas sob condições de déficit hídrico, que se manifesta nos tecidos das plantas em forma de necrose e/ou clorose, em função da degradação das clorofilas (PITZSCHKE et al., 2006).

A formação das ROS se dá por etapas de redução univalente da molécula de oxigênio. Assim a redução de O_2 produz radicais de vida relativamente curta, os superóxidos ($O_2^{\bullet-}$). Esses ficam confinados onde foram formados, pois não conseguem atravessar membranas biológicas. Os mesmos podem oxidar aminoácidos específicos, como metionina, histidina e triptofano, podendo ainda causar peroxidação de lipídeos no ambiente celular e nas membranas celulares (VAN BREUSEGEM et al., 2001; SOARES & MACHADO, 2007).

O radical peróxido de hidrogênio (H_2O_2) também pode ser gerado, espécie considerada moderadamente reativa, pois, possui uma vida relativa longa e consegue atravessar as biomembranas e se distribuir na célula (VRANOVÁ et al., 2002).

O radical hidroxila (OH^{\bullet}) é a mais reativa espécie a ser formada. O mesmo é formado pela redução do H_2O_2 por íons metálicos (Fe^{2+} e Cu^{2+}) na reação de Fenton e tem grande afinidade por moléculas biológicas em seu sítio de produção (SOARES & MACHADO, 2007).

Frente ao estresse oxidativo, as plantas possuem um complexo mecanismo de defesa antioxidativo que é acionado quando há riscos de danos às plantas, o sistema antioxidativo é constituído por enzimas e metabólitos antioxidantes. Essa capacidade de acionar o mecanismo de defesa antioxidativa torna-se essencial para prevenir os danos causados por esse estresse severo (DEWIR et al., 2006; SAHER et al., 2004).

De acordo com Halliwell & Gutteridge (1985) e Asada (1992) as ROS são obtidas normalmente a partir do metabolismo aeróbico e produzidas pela interação entre o O_2 e os elétrons que escapam da cadeia transportadora de elétrons (CTE) nos cloroplastos e mitocôndrias. Essa concentração de ROS é reduzida e mantida em equilíbrio, devido à atividade de enzimas protetoras como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX). De acordo com Mittler (2006) as enzimas do sistema antioxidante são consideradas indicadoras do estresse, devido sua alta sensibilidade às condições de estresse abiótico.

As SODs são metalo-enzimas consideradas a primeira linha de defesa contra as ROS e que catalisam a dismutação de dois radicais $O_2^{\bullet-}$, gerando H_2O_2 e O_2 . Essas enzimas

participam da modulação do nível de H_2O_2 em cloroplastos, mitocôndrias, citosol e peroxissomos (MITTLER, 2002; BHATTACHARJEE, 2010). Uma vez que dismutam o $O_2^{\cdot-}$, agem indiretamente na redução do risco de formação do OH^{\cdot} a partir do $O_2^{\cdot-}$ (DUBEY, 2011; DINAKAR et al., 2012).

A CAT é uma das principais enzimas na eliminação do H_2O_2 gerado durante a fotorrespiração e a β -oxidação dos ácidos graxos. Atua nos peroxissomos e glioxissomos e pode ser encontrada também em mitocôndrias. Ela converte duas moléculas de H_2O_2 a H_2O e oxigênio molecular (VAN BREUSEGEM et al., 2001). A atividade da CAT é efetiva, principalmente, em concentrações relativamente altas de H_2O_2 (mM), por isso são consideradas indispensáveis para a desintoxicação de ROS, especialmente em condições de estresse severo, quando os níveis de H_2O_2 estão maiores (DUBEY, 2011).

Enquanto a CAT atua na remoção do excesso de H_2O_2 , agindo, portanto, em plantas sob altos níveis de estresse, a APX atua na remoção fina do H_2O_2 , devido sua alta afinidade com este substrato, quando a concentração de H_2O_2 encontra-se em níveis baixos. Isto faz com que a APX torne-se uma das principais enzimas na eliminação rápida dessas moléculas deletérias, agindo na prevenção de danos celulares oxidativos nas plantas. Neste sentido, o balanço entre a atividade das enzimas do sistema antioxidante celular é fundamental para o controle dos níveis dos radicais superóxido e do peróxido de hidrogênio (MITTLER, 2002; LOCATO et al., 2010).

De acordo com Oliveira et al. (2010), acredita-se que as enzimas do sistema antioxidativo estejam envolvidas com os principais mecanismos de tolerância das plantas a estresses ambientais. Dessa forma, estudos recentes têm mostrado uma correlação entre a tolerância à salinidade e a presença de um eficiente sistema antioxidativo nos genótipos tolerantes.

Produção hidropônica com água salobra

A hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas sem solo, e que vem ganhando espaço no mercado de produção agrícola, sendo uma tendência mundial, devido à crescente demanda por alimentos no mundo e principalmente, pela alta eficiência do uso da água. É crescente o número de pesquisas que tratam da viabilidade técnica da hidroponia como sistema de produção condizente com o uso de águas salobras (SANTOS et al., 2011; COSME et al., 2011; ALVES et al., 2011; GOMES et al., 2011; SOARES et al., 2010; MACIEL et al., 2012; HOSSAIN & NONAMI, 2012; SANTOS et al., 2016)

Conforme Rodrigues (2002) a hidroponia possui diversas vantagens, como alta produtividade, eficiência no uso da água e fertilizantes, precocidade da colheita, redução das operações de tratos culturais ao longo do ciclo da cultura, redução no uso de defensivos agrícolas e produção em pequenas áreas. Outros autores têm realizado pesquisas nesta área e constataram uma maior tolerância à salinidade pelas plantas, bem como a potencialização do aproveitamento das escassas reservas hídricas de qualidade inferior (salobras) nas regiões semiáridas, que restringe a irrigação no cultivo em solo (SOARES et al., 2010; SANTOS et al., 2016).

A cultura do pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) pertence à família das Solanáceas, é tipicamente de origem americana, ocorrendo formas silvestres desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile (FILGUEIRA, 2008). É uma planta tropical, desenvolvendo-se e produzindo sob temperaturas elevadas ou amenas, sendo as exigências térmicas superiores às daquelas do tomateiro.

É uma planta arbustiva, cujas raízes podem atingir até um metro de profundidade, com pouco desenvolvimento lateral. O caule semilenhoso pode ultrapassar um metro de altura. Suporta uma carga leve de frutos, e por isso exige tutoramento das plantas, devido à alta produtividade dos híbridos atuais. É planta autógama, embora a taxa de cruzamento possa ser elevada, dependendo da ação de insetos polinizadores (FILGUEIRA, 2008).

Filgueira (2008) afirma que o gênero *Capsicum* (pimentão e pimentas) apresenta apreciável variabilidade genética, originando uma gama muito ampla de formas silvestres e cultivadas. Isto corrobora com o desenvolvimento de pesquisas realizadas por fitomelhoristas, no Brasil e no exterior, que vêm criando cada vez mais cultivares melhoradas.

De acordo com Blat et al. (2007) o pimentão está entre as dez hortaliças mais importantes do Brasil. Entre as solanáceas, é a terceira mais cultivada, sendo superada apenas pelo tomate e pela batata. As mudanças nos sistemas de cultivo, como a utilização de cultivares mais adaptadas, mais produtivas e com resistência ou tolerância a um número cada vez maior de doenças, são incluídas como alguns dos principais fatores do aumento da área plantada e da produtividade (CARVALHO et al., 2003). É uma cultura que propicia retorno rápido dos investimentos, visto o curto período para o início da produção; por isto é largamente explorada por pequenos e médios horticultores (MARCUSSE & VILLAS BÔAS, 2003).

O pimentão é exigente em nutrientes minerais, principalmente o potássio que é o nutriente mais requerido (MARCUSSE et al., 2004; FONTES et al., 2005). De acordo com Filgueira (2008) a ordem decrescente de absorção dos macronutrientes pela cultura do pimentão é K, Ca, N, Mg, S e P. Assim, um manejo adequado na adubação da cultura é determinante para a obtenção de elevada produtividade e qualidade do fruto (CHARTZOULAKIS & KLAPKI, 2000)

Conforme Campos et al. (2008), para o adequado desenvolvimento da planta e para obtenção de produtividade satisfatória é essencial a reposição de água e nutrientes, na quantidade ideal e no momento oportuno. A quantidade adequada de fertilizantes a se aplicar para qualquer cultura, deve ser a mais próxima possível do que é extraído pela mesma, pois existe o perigo de salinização do substrato devido ao acúmulo de sais na região do sistema radicular (ALBUQUERQUE et al., 2011).

Cultivo de pimentão sob salinidade

De acordo com Villas Bôas et al. (2002), o pimentão é uma cultura com tolerância moderada à salinidade do solo, apresentando como limite máximo da salinidade do solo, sem perdas de produtividade, de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, com redução de 14% da produtividade por cada dS m^{-1} acima do limite máximo da salinidade. Estes autores corroboram com Ayers & Westcot (1999), que descrevem a cultura do pimentão como moderadamente sensível à salinidade do solo e a diminuição de produtividade em relação à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo é de 0%, 10%, 25%, 50% e 100%, para valores de 1,5; 2,2; 3,3; 5,1 e $8,1 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente.

Furlani et al. (1999) recomendam que a solução nutritiva para o cultivo do pimentão deve situar-se na faixa de 2,0 a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ para o bom desenvolvimento e produção da cultura. Conforme Ayers e Westcot (1999), valores de condutividade elétrica da água de irrigação acima de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ restringe severamente seu uso para muitas culturas agrícolas.

Aktas et al. (2009) observaram que o incremento de sais na água de irrigação prejudicou o crescimento das plantas de pimentão. Segundo os mesmos autores, o estresse salino na cultura do pimentão provoca desordens na permeabilidade das membranas celulares e alterações na condutância estomática, fotossíntese e balanço iônico, acarretando em redução no crescimento e rendimento dessa cultura. Da mesma forma Nunes et al. (2013) observaram que em condutividade elétrica da solução nutritiva acima de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ de NaCl, reduziu o crescimento e a produção de frutos do pimentão cultivado em sistema

hidropônico com substrato de fibra de coco. Medeiros (1998) também constatou redução no rendimento do pimentão cultivar “Luis” com o aumento da salinidade da água de irrigação, sendo esta perda de 8,2% e 10,2% na produção total e comercial, respectivamente.

Lycoskoufis et al. (2005), observaram redução na fotossíntese e na produção de biomassa em plantas de pimentão cultivadas em solução nutritiva com condutividade elétrica de 8 dS m⁻¹. Estes efeitos negativos foram explicados em função da inibição na produção de clorofila, devido às altas concentrações de sais no apoplasto das células foliares.

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; NUNES, M. F. F. N. Crescimento e rendimento de pimentão fertigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.686-694, 2011.

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

APSE, M. P.; BLUMWALD, E. Na⁺ transport in plants. *FEBS Letters*, v.581, p.2247-2254, 2007.

ASADA, K. Ascorbate peroxidase – a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants. *Physiologia Plantarum*, v.85, p.235-241, 1992.

ASHRAF, M.; AKRAM, N. A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M. R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. *Advances in Agronomy*, v.111, p.249-296, 2011.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, v.59, p.206-216, 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água para irrigação. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Qualidade da água na agricultura. Campina grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado).

BELLINGER, Y; BENSOUUD, A.; LARHER, F. Physiological significance of proline accumulation, a trait of use to breeding for stress tolerance. In: ACEVEDO, E.; CONESA, A.P. AND SRIVASTAVA, J.P. (Eds.) *Physiology- breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments*. INRA, p.449-458, 1991.

BHATTACHARJEE, S. Sites of generation and physicochemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell. In: GUPTA, S.D. *Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants*. Enfield: Science Publishers. p.1-30, 2010.

BLAT, S. F.; BRAZ, L. T.; ARRUDA, A. S. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. *Horticultura Brasileira*. v.25, n.3, p.350-354, 2007.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stress. IN: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. (Eds). *Biochemistry and molecular biology of plants*. 3rd. ed. Rockville: American Society of Plant Physiologists, p.1158-203. 2001.

CAMPOS, V. B.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PRAZERES, S. S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.8, p.72-79, 2008.

CARMO, G. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; MEDEIROS, J. F.; CAMPOS, M. S.; FREITAS, D. C. Teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora irrigada com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande. v.15, n.5, p.512-518, 2011.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; HENZ, G. P. Germplasm collection of *Capsicum* spp. Maintained by Embrapa Hortaliças (CNPQ). *Capsicum and Egg plant Newsletter*, v.22, 17-20p, 2003.

CAVALCANTE, L. F. et al. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, p.1281-1290, 2010.

CEASA-PE. Calendário de comercialização. Recife: Central de Abastecimento Alimentar de Pernambuco, 2012. <http://www.ceasape.org.br/calend_municipios.php>. 11 Out. 2016.

CENTRITTO, M., LORETO, F., CHARTZOULAKIS, K. The use of low [CO₂] to estimate dissusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. *Plant Cell Environ*. 26: 585-94. 2003.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPKI, G. Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, v.86, p.247-260, 2000.

COELHO, D. S. Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfofisiológico de genótipos de sorgo forrageiro. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, 85f. Juazeiro, 2013.

COSME, C. R.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; OLIVEIRA, E. M. M.; SOUSA NETO, O. N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 5, p. 499-504, 2011.

DEWIR, Y. H; CHAKRABARTY, D; ALI, M.B.; PAEK, K. Y. Lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities of *Euphorbia millii* hyperhydric shoots. *Environmental and Experimental Botany*, v.58, p.93-99, 2006.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p.129-140, 2010.

DINAKAR, C. et al. Photosynthesis in desiccation tolerant plants: energy metabolism and antioxidative stress defense. *Plant Science*, v.182, p.29-41, 2012.

DUBEY, R. S. Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfield: Science Publishers, 2011. Chap.9, p.178-203.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. *O ecol. Brasileira*, v.4, n.12, p.662-679, 2008.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT statistic database. 2007. Available <<http://www.fao.org/>>. Accessed on 13 August 2007.

FAO. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. Rome: FAO Land and Plant Nutrition Management Service, 2005.

FAO: Extent and Causes of Salt-affected Soils in Participating Countries. FAO - Land and Plant nutrition management service. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/topic2.htm#top>. Acesso em: 10 mar. 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças, Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FILIPPOU, P.; BOUCHAGIER, P.; SKOTTI, E.; FOTOPOULOS, V. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive

plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany*, v.97, p.1-10, 2014.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, v.55, n.396, p.307-319, 2004.

FONTES, P. C. R.; DIAS E. N.; GRAÇA R. N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.275-280, 2005.

FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, n.1, p.1133-1144, 2010.

FRIDOVICH, I. Oxygen toxicity: A radical explanation. *The Journal of Experimental Biology*, v.201 1203-1209. 1998.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. 1.ed. Campinas: IAC, 1999. 52p. (Boletim técnico 180).

GOMES, J. W. S.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; BLANCO, F. F.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 4, p. 850-856, 2011.

HAIAGHAEI-KAMRANI, M.; HOSSEINNIYA, H. Effect of salinity on nutrient uptake in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in hydroponic system. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, v.4, n.10, p.2729-2733, 2013.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford: Oxford University Press, 1985.

HOSSAIN, M. M.; NONAMI, H. Effect of salt stress on physiological response of tomato fruit grown in hydroponic culture system. *Horticultural Science (Prague)*, v.39, n.1, p.26-32, 2012.

HUNSCHE, M. et al. Effects of NaCl on surface properties, chlorophyll fluorescence and light remission, and cellular compounds of *Grewia tenax* (Forssk.) Fiori and *Tamarindus indica* L. leaves. *Plant Growth Regulation*, v.61, n.03, p.253-263, 2010.

JAIN, M.; MATHUR, G.; KOUL, S.; SARIN, N. B. Ameliorative effects of proline on salt stress-induced lipid peroxidation in cell lines of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Cell Rep*, v.20, p.463-468, 2001.

KAHLAOU, B.; HACHICHA, M.; REJEB, M. N.; HANCHI, B.; MISLE, E. Effects of saline water on tomato under subsurface drip irrigation: nutritional and foliar aspects. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v.11, n.1, p.69-86, 2011.

KAUR, G.; ASTHIR, B. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. *Biologia Plantarum* 59 (4): 609-619, 2015.

- KUMAR, A. L. I. C.; PORTIS JÚNIOR, A. R. Arabidopsis thaliana expressing a thermostable chimeric Rubisco activase exhibits enhanced growth and higher rates of photosynthesis at moderately high temperatures. *Photosynthesis Research*, v.100, p.143-53, 2009.
- LEONARDO, M.; BROETTO, F.; VILLAS-BÔAS, R. L.; MARCHESE, J. A.; TONIN, F. B.; REGINA, M. Estado nutricional e componentes da produção de plantas de pimentão conduzidas em sistema de fertirrigação durante indução de estresse salino em cultivo protegido. *Bragantia*, v.67, p.883-889, 2008.
- LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. *Enciclopédia biosfera, centro Científico Conhecer - Goiânia*, vol.6, N.11; p. 21, 2010.
- LOCATO, V. et al. Reactive oxygen species and ascorbate-glutathione interplay in signaling and stress responses. In: GUPTA, S.D. *Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants*. Enfield: Science Publishers, cap. 3, p. 45-64. 2010.
- LYCOSKOUFIS, I. H.; SAVVAS, D.; MAVROGIANOPOULOS, G. Growth, gas exchange, and nutrient status in pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in recirculating nutrient solution as affected by salinity imposed to half of the root system. *Scientia Horticulturae*, v.106, n.2, p.147-161, 2005.
- 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.
- MARCUSSI, F. F. N.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K pela planta. *Irriga*, v.9, p.41-51, 2004.
- MARCUSSI, F. F. N.; VILLAS BÔAS, R. L. Uso da fertirrigação na eficiência de aproveitamento de N e K pelo pimentão sob condições de cultivo protegido. In: *Congresso Brasileiro de Fertirrigação*, 1, 2003, João Pessoa. Anais. João Pessoa: UFPB, [s.n.], 2003.
- MARSCHNER, P. *Mineral nutrition of higher plants*. 3^a ed. Austrália: Elsevier, 651 p. 2012.
- MARTINEZ, H. E. P.; BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A. L. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista UNIMAR*, v.19, n.3, p.721-740, 1997.
- MAATHUIS, F. J. M.; AMTMANN, A. K⁺ Nutrition and Na⁺ Toxicity: Bases of Cellular K⁺ /Na⁺ Ratios. *Annals of Botany*, v.84, n.2, p.123-133, 1999.
- MEDEIROS, J. F. Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 152p. 1998.

MENDES, B. S. S.; WILLADINO, L.; CUNHA P. C.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. R. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.24, n.3, p.71-77, 2011

MITTLER, R. Abiotic stress, the field environmental and stress combination. *Trends in Plant Science*, v.11, n.1, p.15-19, 2006.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, v.9, p.405-410, 2002.

MUNNS R. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell and Environment*, v.16, p.15-24. 1993.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant and Cell Environment*, v.25, n.2, p.239-250. 2002.

MUNNS, R. Plant adaptations to salt and water stress: differences and commonalities. In: TURKAN, I (Ed.). *Plant responses to drought and salinity stress: developments in a post genomic Era*. London: Elsevier, 2011. p.132. (Advances in botanical research, 57).

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, n.1, p.651-681, 2008.

NASCIMENTO, I. 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. *ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.11, n.1, p.37-43, 2015.

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, P. D.; SILVA, S. A.; VIEIRA, M. S.; OLIVEIRA, A. P. Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 6: 258-264. 2011.

NETONDO, G. W., ONYANGO, J. C., BECK, E. Sorghum and salinity. II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Sci.* 44: 806-11, 2004.

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*, Mossoró, v.26, n.4, p.48-53, 2013.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES FILHO, E.; ENÉAS FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. *Enciclopédia Biosfera, centro científico conhecer - Goiânia*, v.6, n.11; 2010.

PANDHAIR, V., SEKHON, B.S. Reactive oxygen species and antioxidants in plants: An overview. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, New Delhi, v.15, n.2, p.71-78, 2006.

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

PAULUS, D. Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas. p 267. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2008.

PITZSCHKE, A. et al. Reactive oxygen species signaling in plants. *Antioxidants and Redox Signaling*, v.8, p.1757-1764, 2006.

PRAXEDES, S. C.; DAMATTA, F. M.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Salt stress tolerance in cowpea is poorly related to the ability to cope with oxidative stress. *Acta Botanica Croatica*, v.73, n.1, 2014.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino. In: GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; DIAS, N. S. (Ed). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, Cap. 10, p. 143-159, 2010.

RAJA, S.; SHOKAT, S.; AZHAR, F. M.; AZHAR, M. T.; KHAN, A. A. Screening of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes at different salinity levels. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, v.4, n.6, p.94-100, 2012.

RHOADES, J.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas salinas na produção agrícola. Trad. de H. R. GHEYI, J. R. de SOUZA, J. E. QUEIROZ. Campina Grande, PB: Universidade Federal da Paraíba, 2000. 117 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).

RIBEIRO, J. S.; LIMA, A. B.; CUNHA, P. C.; WILLADINO, L.; CÂMARA, T. R. O estresse abiótico em regiões semiáridas: respostas metabólicas das plantas. IN: MOURA, A. N.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. (Orgs.) Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos, Recife: Comunigraf., 361 p, 2007.

ROBINSON, M. F. VÉRY, A. A.; SANDERS, D.; MANSDFIELD, T. A. How can stomata contribute to salt tolerance? *AnnalsofBotany*, v. 80, p. 387-393, 1997.

RODRIGUES, L. R. F. Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. 1 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762p.

SAHER, S.; PIQUERAS, A.; HELLIN, E.; OLMOS, E. Hyperhydricity in micropropagated carnation shoots: the role of oxidative stress. *Physiologia Plantarum*, v.120, p.152-161, 2004.

SANTOS, A. N. Estratégia de manejo para utilização de água salobra em cultivo hidropônico de tomate cereja em substrato. Tese de doutorado. Recife: UFRPE. 94 p. 2014.

SANTOS, A. N. SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; BARNABÉ, J. M. C.; ROLIM, M. M.; DANTAS, D. C. Yield of cherry tomatoes as a function of water salinity and irrigation frequency. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, n.2, p.107-112, 2016.

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

SEEMANN, J. R, CRITCHLEY, C. Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. Planta 164:151-162. 1985.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. Revista Caatinga, v.23, p.7-13, 2010.

SILVA, E. N. et al. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. Journal of Arid Environments, v. 74, n. 10, p. 1130-1137, 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. SILVEIRA, J. A. G.; VIÉGAS, R. A.; ROCHA, I. M. A.; MOREIRA, A. C. O. M.; MOREIRA, R. A.; OLIVERIA, J. T. A. Proline accumulation and glutamine synthase activity are increased by salt-induced protolysis in cashew leaves. Journal Plant Physiology, v.160, p.115-123, 2003.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas. v.1, n.1, p.9, 2007.

SOARES, H. R. Cultivo hidropônico de alface americana utilizando águas salobras. Dissertação de mestrado. Recife: UFRPE. 85 p. 2014.

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.

SZABADOS, L., SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional aminoacid. Trends in Plant Science. 15 (2): 89-97. 2009.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. Annals of Botany, v.91, p.503-527, 2003.

TROVATO, M.; MATTIOLI, R.; COSTANTINO, P. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. Rendiconti Lincei, v.19, p.325-346, 2008.

VAN BREUSEGEM, F.; VRANOVA, E.; DAT, J. F. & INZE, D. The role of active oxygen species in plant signal transduction. Plant Science 161, 405-414. 2001.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. Aminoacids, v.35, p.753-759, 2008.

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

VILLAS BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; DUENHAS, L. H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia: Jaboticabal: Funep. 65p. 2002.

VRANOVÁ, E.; INZÉ, D.; VAN BREUSEGEM, F. Signal transduction during oxidative stress. *J. Exp Bot* 53: 1227–1236. 2002.

WILLADINO, L.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; SILVA JUNIOR, E. A.; GOUVEIA NETO, A.; CAMARA, T. R. Estresse salino em duas variedades de cana-de-açúcar: enzimas do sistema antioxidativo e fluorescência da clorofila. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.2, p.417-422, abr-jun, 2011.

YOUSIF, B. S., NGUYEN, T. N., FUKUDA, Y. , HAKATA H. , OKAMOTO, Y., MASAOKA, Y., SANEOKA, H. Effect of Salinity on Growth, Mineral Composition, Photosynthesis and Water Relations of Two Vegetable Crops; New Zealand Spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and Water. 2010.

ZHANG, H.; IRVING, L. J.; MCGILL, C.; MATTHEW, C.; ZHOU, D.; KEMP, P. The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. *Annals of Botany*, v.106, p.1027-1035, 2010.

ZHU, J. K. Plant Salt Tolerance. *Trends in Plant Science*, v.6, n. 2, p.56-71, 2001b.

CAPÍTULO II

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DO PIMENTÃO SOB ESTRESSE SALINO EM HIDROPONIA

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos do estresse salino sobre o crescimento, produção e nutrição mineral de duas cultivares de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em cultivo hidropônico com substrato pó de coco. O experimento foi realizado no período de 6 de outubro de 2014 a 6 de fevereiro de 2015, conduzido em casa de vegetação localizada no Deagri - UFRPE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com fatorial 5 x 2, sendo cinco níveis salinos da solução nutritiva (2,0; 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹) e duas cultivares de pimentão (Bruno e Rúbia), com cinco repetições. Os níveis de salinidade foram obtidos com a adição de NaCl à água de preparo da solução nutritiva, exceto o primeiro nível. Os resultados demonstraram que a salinidade da solução nutritiva afetou crescimento e a produção de ambas as cultivares. A cv. Bruno teve maior área foliar e massa fresca da parte aérea, enquanto que a cv Rúbia destacou-se pela maior produtividade. A salinidade reduziu os teores de fósforo, potássio e enxofre e incrementou os de sódio e cloro no tecido foliar das duas cultivares. A cv. Rúbia mostrou-se mais eficiente na seletividade iônica, sendo capaz de acumular mais potássio e cálcio, assim como manter menores teores de sódio e cloro no tecido foliar, comparado a cv. Bruno.

Palavras-chave: Estresse abiótico. Produtividade. Seletividade iônica. Sódio. Cloreto.

GROWTH, PRODUCTION AND NUTRITION BELL PEPPER UNDER SALT STRESS IN HYDROPONICS

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of salt stress on growth, yield and mineral nutrition of two bell pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) in hydroponic culture with coconut powder substrate. The experiment was conducted from October 6, 2014 to February 6 2015, conducted in greenhouse located at the Deagri - UFRPE. The experimental design was a randomized block with factorial 5 x 2, five saline levels of the nutritive solution (2.0, 3.5, 4.5, 5.5 and 6.5 dS m⁻¹) and two bell pepper cultivars (Bruno

and Rúbia), with five repetitions. Salinity levels were obtained with the addition of NaCl to the nutritive solution of preparation water, except the first level. The results demonstrated that the salinity of the nutritive solution affected the growth and production of both cultivars. The cv. Bruno had greater leaf area and fresh mass of the aerial part, while cv Rúbia stood out for higher productivity. The salinity reduces contents of phosphorus, potassium and sulfur and increased sodium and chlorine in the leaves of both cultivars. The cv. Rúbia proved more efficient in the ionic selectivity, being able to accumulate more potassium and calcium, as well as maintaining contents lower sodium and chlorine in the leaf tissue, compared to cv. Bruno.

Keywords: Abiotic stress. Productivity. Ion selectivity. Sodium. Chloride.

INTRODUÇÃO

O uso racional da água na agricultura depende, primeiramente, do conhecimento sobre sua qualidade, principalmente a concentração salina, visto que o uso desordenado de água salobra na produção agrícola poderá causar sérios prejuízos às plantas, ao solo e, conseqüentemente, ao meio ambiente. Entretanto nem sempre os agricultores dispõem de água de qualidade adequada, principalmente em regiões áridas e semiáridas.

A salinidade, ocasionada naturalmente ou por ação antrópica, pelo manejo inadequado da irrigação ou uso de águas de alta salinidade, provoca redução da produtividade (MUNNS, 2002) e do crescimento (PRAXEDES et al., 2014) para a maioria das culturas. Conforme Prisco & Gomes Filho (2010) a salinidade da solução próxima as raízes prejudica a absorção de água e nutrientes, alterando a permeabilidade das membranas e provocando desbalanço nutricional.

Quando águas com elevados teores de sais são utilizadas na irrigação esses sais se depositam no solo e se acumulam sempre que a água evapora ou é consumida pelas plantas (AYERS & WESTCOT, 1999), ocasionando aumento do teor de sais dissolvidos, que por sua vez diminui o potencial osmótico da solução do solo, reduzindo a disponibilidade de água e nutrientes às plantas (SILVA et al., 2013). Em consequência, ocorrerá redução no crescimento (ASSIS JUNIOR et al., 2007) e rendimento das culturas (NEVES et al., 2010).

É importante observar que, independente do tipo de cultivo, se hidropônico ou em solo, a qualidade da água, quanto ao excesso de sais, reduz o crescimento e o rendimento da cultura do pimentão, que se mostra sensível ao aumento da condutividade elétrica na

zona radicular (SANTANA & CARVALHO, 2009; NASCIMENTO et al., 2011; NUNES et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2015).

O estresse salino provoca a redução do desenvolvimento de glicófitas como o pimentão, em função dos desequilíbrios nutricionais provocados pelo excesso de sais na absorção e transporte de nutrientes (CAVALCANTE et al., 2010). Conforme Farias et al. (2009), esse efeito da salinidade é explicado devido à redução da disponibilidade de íons essenciais, pelas relações antagônicas com os íons Na^+ e Cl^- , principalmente, alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição desses nutrientes na planta.

Pesquisas realizadas por Freire et al. (2010); Kahlaoui et al. (2011); Raja et al. (2012) e Hajiaghaei-Kamrani & Hosseinniya (2013) corroboram com a afirmativa de que em situações de cultivo em soluções salinas, as elevadas concentrações de Na^+ promovem interações antagônicas entre o K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . Já as altas concentrações de Cl^- poderão promover interações antagônicas com o NO_3^- , SO_4^{2-} e PO_4^{3-} .

Entretanto, a magnitude dos danos depende do tempo, concentração, tolerância da cultura e volume de água transpirado (SOUSA et al., 2011). O efeito mais facilmente observado da salinidade sobre as plantas é a redução no crescimento em razão dos desequilíbrios nutricionais e como consequência na produção (FERREIRA et al., 2001) além do acúmulo de íons Na^+ e Cl^- nas folhas que resulta em prejuízos à fotossíntese e outros processos metabólicos e chega, inclusive, a provocar necrose nos tecidos foliares (MUNNS, 2002).

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma cultura com tolerância moderada à salinidade do solo, apresentando como limite máximo da salinidade do solo, sem perdas de produtividade, de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, com redução de 14% da produtividade por cada dS m^{-1} acima do limite máximo da salinidade (VILLAS BÔAS et al., 2002).

Baseado no exposto, vê-se uma grande necessidade de buscar encontrar cultivares mais tolerantes ao estresse provocado pelos sais, assim como técnicas de cultivos que minimizem esses efeitos, tanto às plantas, quanto ao meio ambiente. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do estresse salino sobre o crescimento, produção e nutrição de duas cultivares de pimentão, Bruno e Rúbia, em sistema hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área do estudo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada no Departamento de Engenharia Agrícola (Deagri – UFRPE) na cidade de Recife - PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum), são 8° 01' 05" de latitude sul e 34° 56' 48" de longitude oeste e altitude de 6,486 m. O experimento teve duração de 120 dias, no período compreendido entre os dias 6 de outubro de 2014 e 6 de fevereiro de 2015.

Estrutura e delineamento experimental

A casa de vegetação possui dimensões de 7 m de largura por 24 m de comprimento e 3 m de pé direito, com cobertura do tipo arco e filme de polietileno de baixa densidade com 150 µm de espessura, tratado contra a ação dos raios ultravioletas e com difusor de luz. As paredes laterais e frontais são constituídas de telas de nylon, cor preta, com 50% de sombreamento. O piso da casa de vegetação foi coberto com manta (bidin), com o objetivo de impedir a germinação de plantas, que possam servir como hospedeiras de pragas e doenças. Para acomodar os vasos de plantio, foram colocadas tábuas dispostas sobre tijolos.

Foram utilizados vasos de polietileno com capacidade volumétrica de 8,0 litros, espaçados 0,5 m entre vasos. O sistema de drenagem dos vasos foi composto por uma camada de brita com 2 cm de espessura, coberta por uma manta geotêxtil, separando o substrato das britas e permitindo a drenagem. Os vasos foram colocados dentro de recipiente tipo bacia com 20 cm de diâmetro e 10 cm de altura, com a função de reter a drenagem da solução excedente e auxiliar no controle das lâminas de irrigação.

O substrato utilizado foi o pó de coco que, após seco ao ar, foi colocado nos vasos, preenchidos até a borda e pesados até atingirem massa de 2,0 kg, sendo assim padrão para todos os vasos (SANTOS, 2014).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, com cinco níveis de salinidade da solução nutritiva (2,0; 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹) e duas cultivares de pimentão (Bruno e Rúbia). Utilizou-se cinco repetições, totalizando dez tratamentos e cinquenta parcelas experimentais (Figura 1). Cada parcela foi composta por duas plantas de pimentão, sendo uma por vaso.

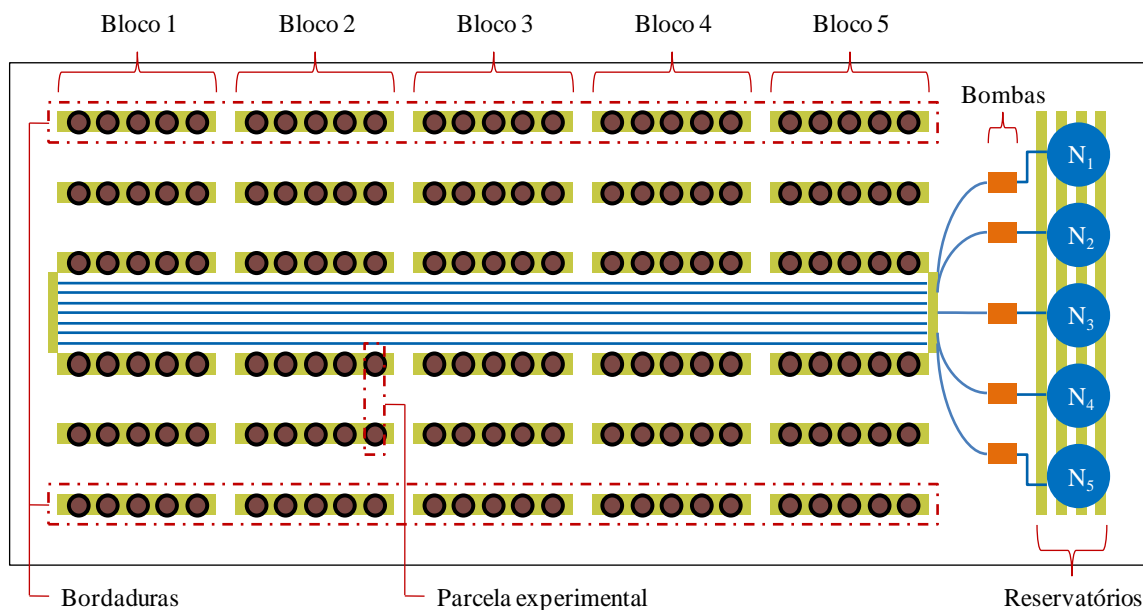


Figura 1. Esquema da área experimental com disposição dos blocos, das parcelas experimentais, bordaduras, reservatórios, bombas e linhas de derivação.

Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação foi composto por cinco reservatórios de solução nutritiva (cinco níveis de salinidade), com capacidade para 200 litros cada. A solução foi distribuída aos tratamentos, através de bombas elétricas do tipo centrífugas (0,5 cv de potência), conectadas aos respectivos reservatórios (Figura 1). Foram utilizados gotejadores do tipo autocompensante com vazão nominal de 4L h^{-1} (Netafim – modelo PCJ-CNL) para fornecer solução às plantas.

As plantas foram irrigadas de acordo com a necessidade da cultura para cada estágio de desenvolvimento, por isso as plantas eram irrigadas uma vez por dia. Assim, quando atingida à capacidade do vaso e iniciando a drenagem da solução, a irrigação era imediatamente cessada, ou seja, o tempo de irrigação foi estabelecido mediante observação do início da drenagem de solução para fora do vaso de cultivo, sendo realizado este procedimento para cada tratamento.

Transplântio das mudas

As mudas de pimentão (Bruno e Rúbia - ciclo médio de 110 a 120 dias) foram adquiridas de produtor registrado no Registro Nacional de Sementes e Mudas (RENASEM), provindas do Município de Bezerros – PE. As mudas foram transplantadas para os vasos aos 35 dias após a sementeira, quando essas tinham seis folhas definitivas.

Foi plantada uma planta por vaso, em espaçamento de 0,5 m entre vasos e 1,0 m entre linhas, obtendo uma densidade de plantio de 20.000 plantas por hectare.

As plantas foram mantidas em regime de aclimação até os primeiros quinze dias após o transplante, recebendo de forma manual solução nutritiva recomendada para o cultivo do pimentão. Após esse período foram iniciados os tratamentos salinos.

Manejo da solução nutritiva

A solução nutritiva foi preparada utilizando a água do poço que abastece o Departamento de Engenharia Agrícola – Deagri/UFRPE, possuindo esta condutividade elétrica média de $0,08 \text{ dS m}^{-1}$. As soluções salinas foram preparadas adicionando-se NaCl a esta água, até atingir quatro níveis de condutividades elétricas das soluções (CEs) de 1,5; 2,5; 3,5 e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, em seguida foram adicionados os sais da solução nutritiva de Furlani et al. (1999), resultando em uma CEs final de 3,5, 4,5, 5,5 e $6,5 \text{ dS m}^{-1}$. Um tratamento controle foi mantido utilizando-se apenas a solução de Furlani, CEs de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Para o preparo de 1.000 L da solução de pré-florescimento foram utilizados 750 g de nitrato de cálcio, 450 g de nitrato de potássio, 200 g de fosfato monoamônico (MAP), 400 g de sulfato de magnésio, 25 g de quelato de ferro - EDDHA-Fe - e 25 g de misturas sólidas de micronutrientes quelatizados por EDTA. Para a solução de frutificação foram utilizados os mesmos fertilizantes da solução de pré-florescimento, adicionando-se apenas o ácido bórico (diluído 25 g do produto sólido em 1L de água e utilizando-se 75 mL dessa solução em 1000L) e 150 g de fosfato monopotássico (MKP).

O monitoramento da solução nutritiva foi feito a cada dois dias, durante o ciclo da cultura, através de leituras de pH e CE, sendo efetuado o ajuste do pH quando necessário, objetivando mantê-lo na faixa entre 5,0 e 6,0, assim como a renovação da solução nutritiva.

Monitoramento climático

O monitoramento climático no interior da casa de vegetação foi realizado diariamente e durante todo período experimental. As variáveis coletadas foram: temperatura (Figura 2A) e umidade relativa do ar (Figura 2B), ambas aferidas por um sensor de temperatura e umidade da marca Campbell, Modelo HMP45C, conectado a um multiplexador modelo AM16/32B e um datalogger modelo CR1000, ambos da marca Campbell, instalados no centro da casa de vegetação a 2,0 m de altura.

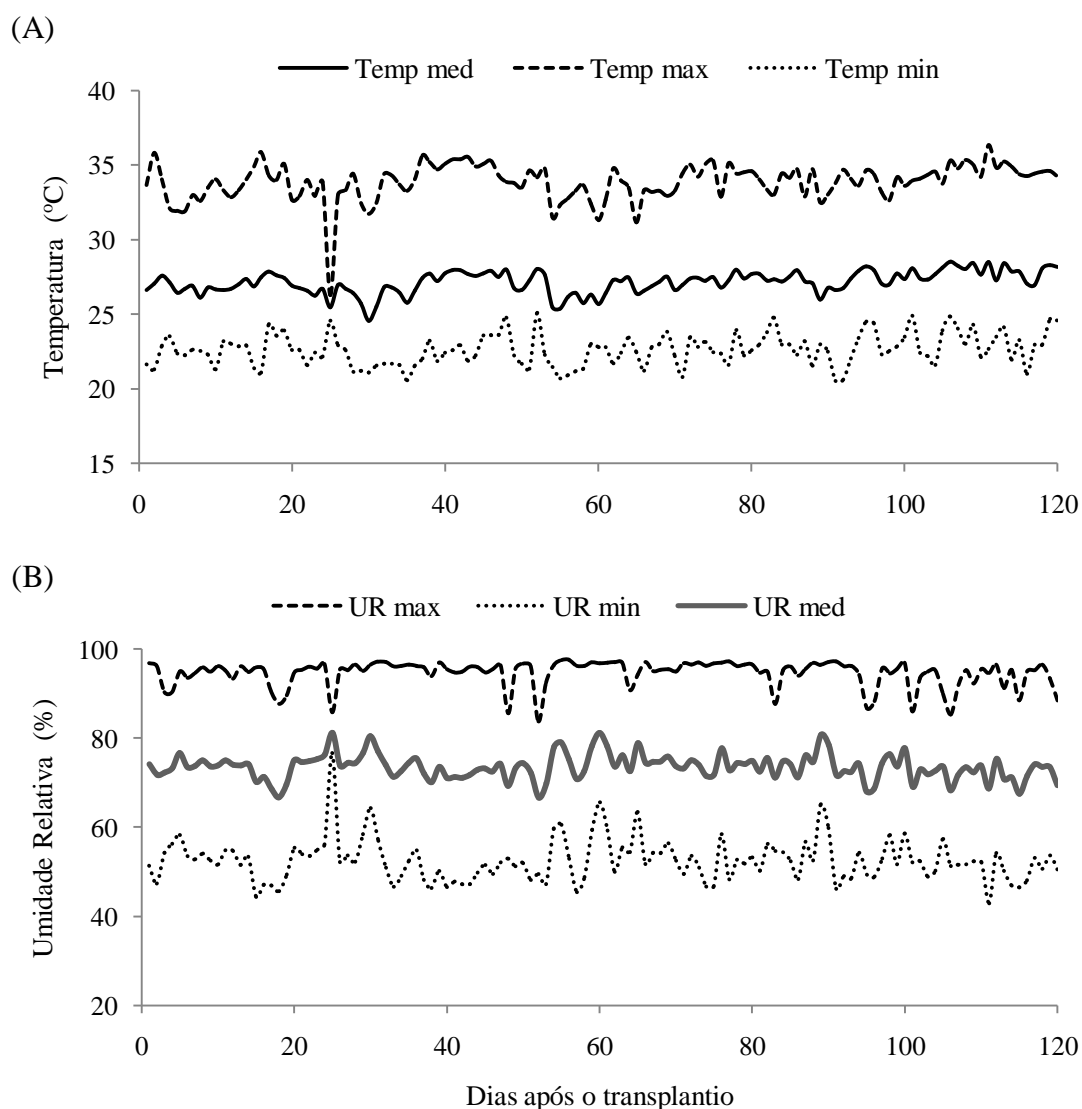


Figura 2. Temperatura média, máxima e mínima (A) e umidade relativa máxima, mínima e média (B) ao longo do experimento.

Tratos culturais e colheita

As plantas de pimentão foram conduzidas em podas no sistema de 1-2-4-N, em que após a formação de quatro hastes deixa-se o livre crescimento com o número indeterminado de hastes (FINGER & SILVA, 2005). A primeira flor, situada na primeira bifurcação, foi eliminada, com o intuito de retardar a produção precoce. As plantas foram tutoradas em sistema tipo espaldeira simples, utilizando arame de cabo de aço, a 2,0 m de altura, e fitilhos de nylon a cada 0,3 m, ao longo das linhas de plantio, entre mourões espaçados a cada 3 m, isto para auxiliar no escoramento das plantas e conduzi-las a um crescimento vertical.

Além da solução nutritiva fornecida diariamente às plantas, foi ainda aplicado, adubo foliar a base de cálcio e boro, quinzenalmente, na fase de frutificação, com o auxílio de um pulverizador costal, com o objetivo de prevenir possíveis deficiências destes nutrientes nos frutos. O controle de pragas e doenças foi realizado adotando-se o um manejo racional, no qual se efetuou a aplicação de agrodefensivos recomendados para a cultura mediante a constatação visual do agente vetor ou patógeno.

Foram realizadas cinco colheitas, as quais tiveram início aos 63 dias após o transplântio, quando os frutos atingiram máximo crescimento para comercialização, sendo colhidos separadamente em cada parcela e quantificados para as análises de produção.

Análises de crescimento, produção e nutrientes minerais

A Altura de plantas (AP) e o Diâmetro do colo (DC) foram avaliados a cada 10 dias, começando a partir do décimo DAT. As medições de AP foram feitas com uma trena, medindo-se a distância entre o colo e a folha mais alta da planta, em cm; enquanto que o DC, em mm, foi mensurado com um paquímetro digital, colocando este na base do caule das plantas, a aproximadamente 2 cm do substrato.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) foi quantificada para a AP e DC e estimadas pela equação com de Hunt (1990):

- Taxa de crescimento absoluto, (mm dia⁻¹).

$$TCA = \frac{V_2 - V_1}{T_2 - T_1} \quad (\text{Eq.1})$$

Em que: V significa a variável e T é o tempo de cada período, respectivamente.

A área Foliar (AF) foi estimada ao final do experimento (aos 120 dias após o transplântio), medindo-se comprimento e largura de três folhas, tomadas aleatoriamente, na parte superior, mediana e inferior da copa da planta, obtendo-se, assim, comprimento e largura médios das folhas. Por fim a área foi estimada pela seguinte equação (ALBUQUERQUE et al.,2011):

$$Y = 0,5979X \quad (\text{Eq.2})$$

em que: Y é a área da folha, cm² e X a área correspondente ao produto do comprimento (C) pela largura (L) da folha, cm².

Em seguida, foi obtida a AF, multiplicando-se a área da folha pelo número total de folhas, por planta.

A massa fresca da parte aérea (MFPA) foi determinada ao final do experimento, quando as plantas foram colhidas (folhas e caules), pesadas em balança analítica, ainda no

local (casa de vegetação), identificadas e em seguida encaminhadas para estufa de ventilação forçada, a 65° C até peso constante, aproximadamente 48h. Após secas estas foram novamente pesadas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA).

Os componentes de produção avaliados foram: número de frutos, planta⁻¹ (NFr), comprimento do fruto, em mm (CF), diâmetro do fruto, em mm (DF), espessura da casca, em mm (EC), peso médio do fruto, em g planta⁻¹ (PMFr) e produtividade, em t ha⁻¹. O comprimento e diâmetro dos frutos, bem como a espessura da casca foram medidos com o auxílio de um paquímetro digital. Os frutos foram pesados em uma balança analítica de precisão.

Para determinar as concentrações dos nutrientes no tecido foliar, as amostras secas em estufa à 65 °C foram trituradas e em seguida digeridas em forno microondas, por digestão nítrica (ABREU et al., 1995), para obtenção dos extratos específicos para a determinação de P, K, Ca, Mg, S, Cl e Na. A determinação dos teores de P foi por colorimetria, os teores de K e Na por fotometria de emissão de chama, os teores de Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica, o teor de S por turbidimetria do sulfato de bário e o teor de Cl, por titulação com nitrato de prata (método de Mohr), sendo expressos em g kg⁻¹ de MS (MALAVOLTA et al., 1997),

Análises estatísticas

As variáveis foram submetidas a análise de variância e o fator quantitativo, relativo aos níveis de salinidade da solução nutritiva, foi analisado estatisticamente por meio de regressão linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento das plantas

A evolução do crescimento em altura de plantas (AP) e diâmetro de colo (DC), em função dos dias após o transplântio (variação temporal) e por nível de salinidade da solução nutritiva vê-se nas Figuras 3 e 4, para as duas cultivares estudadas. Nestas figuras nota-se crescimento semelhante entre os tratamentos salinos até aos 40 dias. A partir dos 50 dias já é possível observar diferenças mais pronunciadas no crescimento, podendo-se distinguir os tratamentos com maiores e menores AP e DC de acordo com os níveis de salinidade. Este período coincide justamente com o período de floração e desenvolvimento de frutos, em que as plantas tendem a reduzir seu crescimento devido à alocação da energia

metabólica ser investida, em maior parte, na produção de frutos. Nas mesmas figuras, observa-se que a cv. Rúbia tem maiores diferenças visível de crescimento em AP e DC nos diferentes níveis salinos, sendo, portanto, mais afetada pelos níveis crescentes de sais adicionados a solução de cultivo, do que a cv. Bruno. Apesar do efeito negativo da salinidade percebe-se crescimento contínuo ao longo do experimento, tendendo a estabilidade a partir dos 90 dias, tanto a AP quanto o DC, sendo possível perceber que os maiores valores para essas variáveis foram registrados sob os menores níveis salinos.

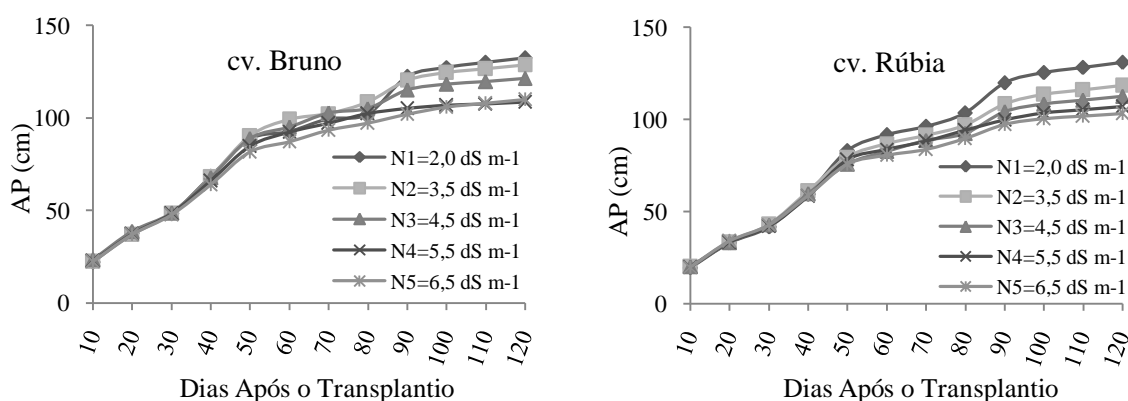


Figura 3. Altura de plantas (AP) das cultivares Bruno e Rúbia, em função da CE da solução nutritiva e sua evolução temporal durante o estudo.

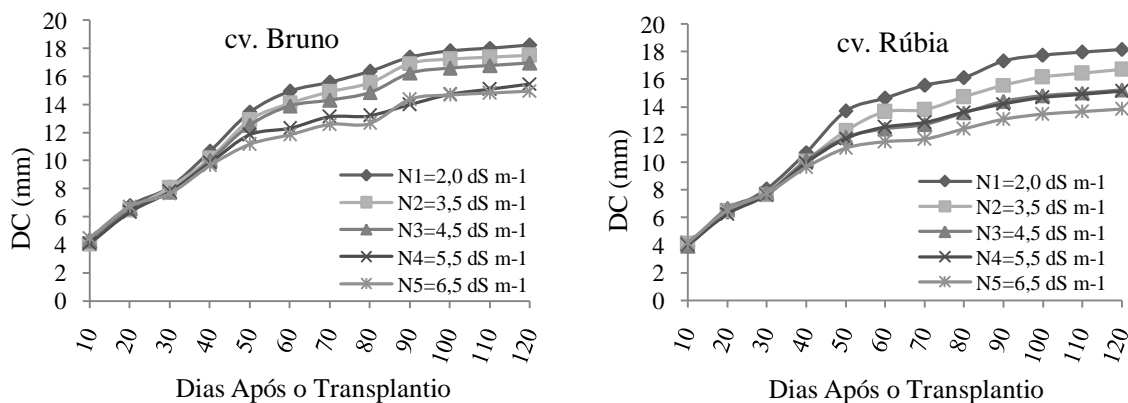


Figura 4. Diâmetro de colo (DC) das cultivares Bruno e Rúbia, em função da CE da solução nutritiva e sua evolução temporal durante o estudo.

Na Tabela 1, encontra-se o resumo da análise de variância da altura de plantas (AP), diâmetro de colo (DC), da taxa de crescimento absoluto para altura de plantas (TCAAP) e da taxa de crescimento absoluto para diâmetro de colo (TCADC). Observam-se diferenças significativas ao nível de 1 e 5% de probabilidade tanto no efeito isolado da

salinidade da solução nutritiva (CEs) quanto para o fator cultivares de pimentão (C), não havendo significância na interação e blocos, exceto a altura de plantas com efeito no bloco.

Tabela 1. Resumo da análise de variância da altura de plantas, cm (AP), diâmetro de colo, mm (DC), da taxa de crescimento absoluto para altura de plantas (TCAAP), mm dia⁻¹ e da taxa de crescimento absoluto para diâmetro de colo, mm dia⁻¹ (TCADC), em função da salinidade da solução nutritiva (CEs) e duas cultivares de pimentão (C).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		AP	DC	TCAAP	TCADC
Bloco	4	252,98 **	1,10004 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,003 ^{ns}
CEs	4	1136,98 **	22,12 **	1,98 **	0,08 **
C	1	411,84 *	8,02 *	5,36**	0,02 **
CEs x C	4	3395750 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Erro	36	64,93	1,15	0,18	0,002
CV (%)	-	6,87	6,63	6,45	5,13

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F. * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Na análise de regressão, a AP e DC decresceram de forma significativa com tendência linear em resposta ao incremento dos sais na solução nutritiva (Figura 5A e 5B). Pode-se observar perdas próximas de 18 e 21% em AP, nas cultivares Bruno e Rúbia, respectivamente e de 18 e 24% em DC, nas respectivas cultivares, quanto comparado os tratamento de menor nível de salinidade (2,0 dS m⁻¹) ao maior nível (6,5 dS m⁻¹). Com relação aos decréscimos unitários, por dS m⁻¹ acrescido a solução nutritiva, foi observado na cv. Bruno perdas de 3,9 e 3,8% em AP e DC, respectivamente. Na cv. Rúbia a perda relativa por dS m⁻¹ foi de 4,3 e 4,6%, em AP e DC, respectivamente. Em geral, a redução do crescimento das plantas submetidas ao estresse salino é uma resposta comum, especialmente em glicófitas (MEDEIROS et al., 2007; SILVA et al., 2008; ARAGÃO et al., 2009; PRAZERES et al., 2015). O efeito da salinidade na altura das plantas e diâmetro de colo está relacionado à redução do potencial hídrico do solo, o qual limita a absorção de água pelas raízes, interferindo diretamente em processos de alongamento, divisão celular e, conseqüentemente, no crescimento das plantas (SILVA et al., 2011).

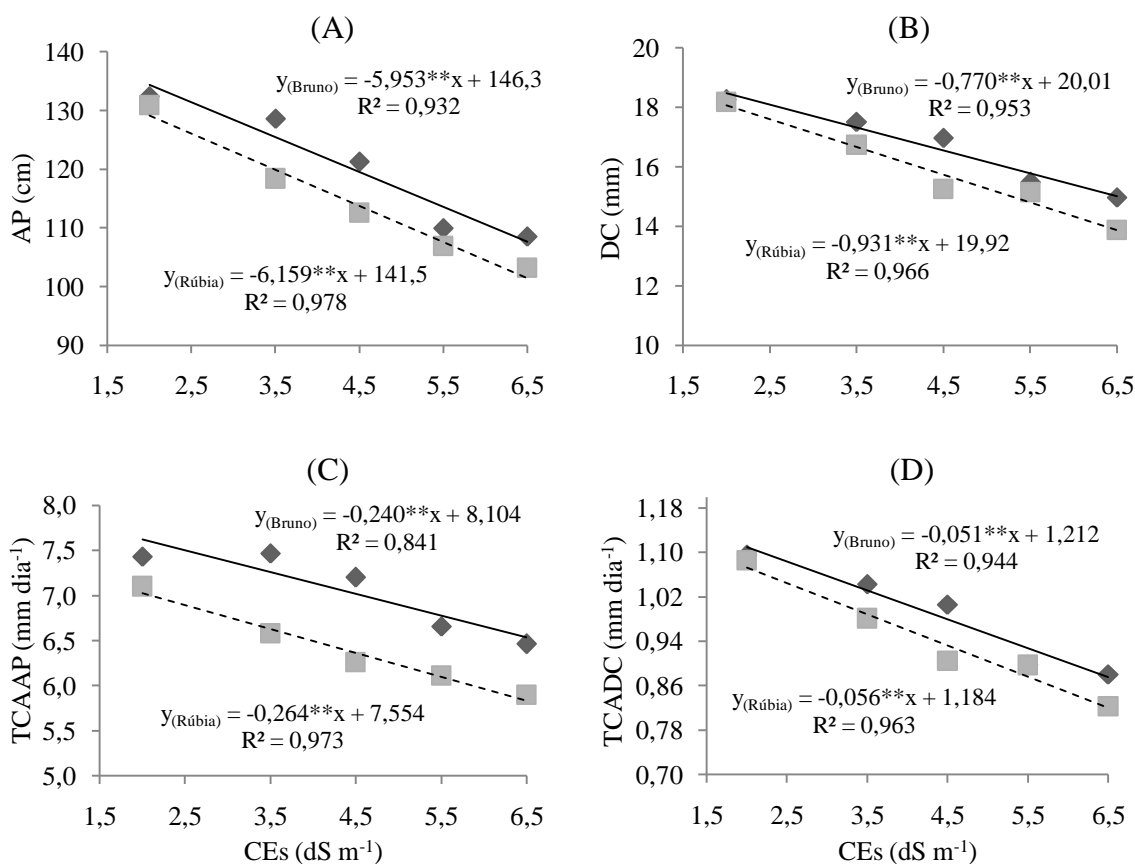


Figura 5. Gráficos de dispersão e equações de regressão para a altura de plantas (A), diâmetro de colo (B), taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (C) e taxa de crescimento absoluto do diâmetro de colo (B) nas cultivares de pimentão (Bruno e Rúbia) em função da salinidade da solução nutritiva (CEs).

As TCAAP e TCADC apresentaram tendência linear decrescente significativa pela análise de regressão, em ambas as cultivares (Figura 5C e 5D). No tratamento com menor salinidade, as cultivares Bruno e Rúbia apresentaram TCAAP de 7,43 e 7,10 mm dia⁻¹, respectivamente, enquanto que no tratamento com maior nível salino, as taxas de crescimento reduziram para 6,46 e 5,89 mm dia⁻¹, respectivamente, representando decréscimos totais de 13% na cv. Bruno e de 17% para a cv. Rúbia (Figura 5C). A TCADC decresceu de 1,09 para 0,88 mm dia⁻¹ na cv. Bruno, o que representa 19% de perdas em diâmetro do colo. Já na cv. Rúbia a taxa de crescimento foi de 1,08 para 0,82 mm dia⁻¹, entre o menor e maior nível de salinidade, significando perda em diâmetro do colo de até 24%, em resposta ao estresse salino (Figura 5D). Deduz-se, nestes resultados, que o diâmetro de colo foi mais sensível a salinidade da solução do que a altura de plantas, porque apresentou maiores reduções na taxa de crescimento absoluto, em ambas as cultivares, sendo que a cv. Rúbia foi a que mais reduziu o crescimento por dia em altura de

plantas e diâmetro de colo. Esses resultados corroboram com os de Nery et al. (2009) que observaram maiores decréscimos em diâmetro de caule do que em altura das plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em fase inicial de crescimento, irrigado com água com salinidade de até 3,0 dS m⁻¹. Silva Júnior et al. (2012) observaram que a salinidade provocou reduções significativas da taxa de crescimento absoluto para a altura das plantas de genótipos de bananeira (*Musa* spp), com reduções variado de 36% até 70%, nos genótipos Tungia e Ouro, caracterizando maior sensibilidade ao estresse salino (até 10 dS m⁻¹) desses genótipos, comparado aos demais avaliados. De acordo com Larcher (2004), a taxa de crescimento pode servir de critério para avaliar o grau de estresse e a capacidade da planta de superá-lo. As taxas de crescimento são indicativos importantes para inferir sobre a contribuição de processos fisiológicos e comportamento vegetal (SANTOS et al., 2014). Reduções nessas taxas podem ser verificadas quando ocorre excesso de sais nos tecidos das plantas, correlacionando-se negativamente entre as concentrações salinas e o crescimento das plantas (AZEVEDO NETO & TABOSA, 2000; MEDEIROS et al., 2007; GURGEL et al., 2010; SANTOS et al., 2014).

Na Tabela 2 vê-se o resumo da análise de variância para a área foliar (AF), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) com efeitos significativos de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, tanto na interação como também nos fatores isolados. Na interação, houve efeito significativo apenas para as variáveis AF e MFPA. Quanto ao efeito isolado dos fatores, observa-se que houve influência em níveis de significância variando de 5 e 1%, exceção das variáveis AF e NF que não foram significativas para o fator cultivar. Não houve efeito do bloco, exceto para o NF.

Tabela 2. Resumo da análise de variância da área foliar, cm² (AF), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea, g planta⁻¹ (MFPA) e massa seca da parte aérea, g planta⁻¹ (MSPA), em função da salinidade da solução nutritiva (CEs) e cultivares de pimentão (C).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		AF	NF	MFPA	MSPA
Bloco	4	47749,63 ^{ns}	887,53 *	12762 ^{ns}	66,29 ^{ns}
CEs	4	549405,68 **	6125,27 **	660477 **	5127,23 **
C	1	115994,59 ^{ns}	1230,08 ^{ns}	20000 *	1116,28 **
CEs x C	4	1533,19 **	150,83 ^{ns}	42365 *	196,04 ^{ns}
Erro	36	41204,09	321,38	123328	114,4
CV (%)	-	27,08	16,65	10,53	11,6

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F. * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A Figura 6 mostra que as variáveis AF, NF, MFPA e MSPA, apresentaram decréscimos lineares na análise de regressão, apresentando altos níveis de significância, em função do avanço dos níveis de sais da solução nutritiva. As reduções percentuais mostraram uma perda relativa com o aumento unitário da salinidade da água, em dS m^{-1} para a cv. Bruno de 9,8 (AF); 8,3 (NF); 7,7 (MFPA) e 8,6% (MSPA). Já a cv. Rúbia a perda relativa por dS m^{-1} acrescido na solução nutritiva foi de 10,1 (AF); 8,1 (NF); 8,9 (MFPA) e 8,7% (MSPA). Comparando as plantas que não receberam NaCl com as plantas submetidas ao nível mais elevado de salinidade da solução nutritiva, é possível observar decréscimos de 54 e 57% na AF, de 42 e 43% no NF, de 40 e 49% na MFPA e de 46 e 47% na MSPA, para a cv Bruno e Rúbia, respectivamente (Figura 6).

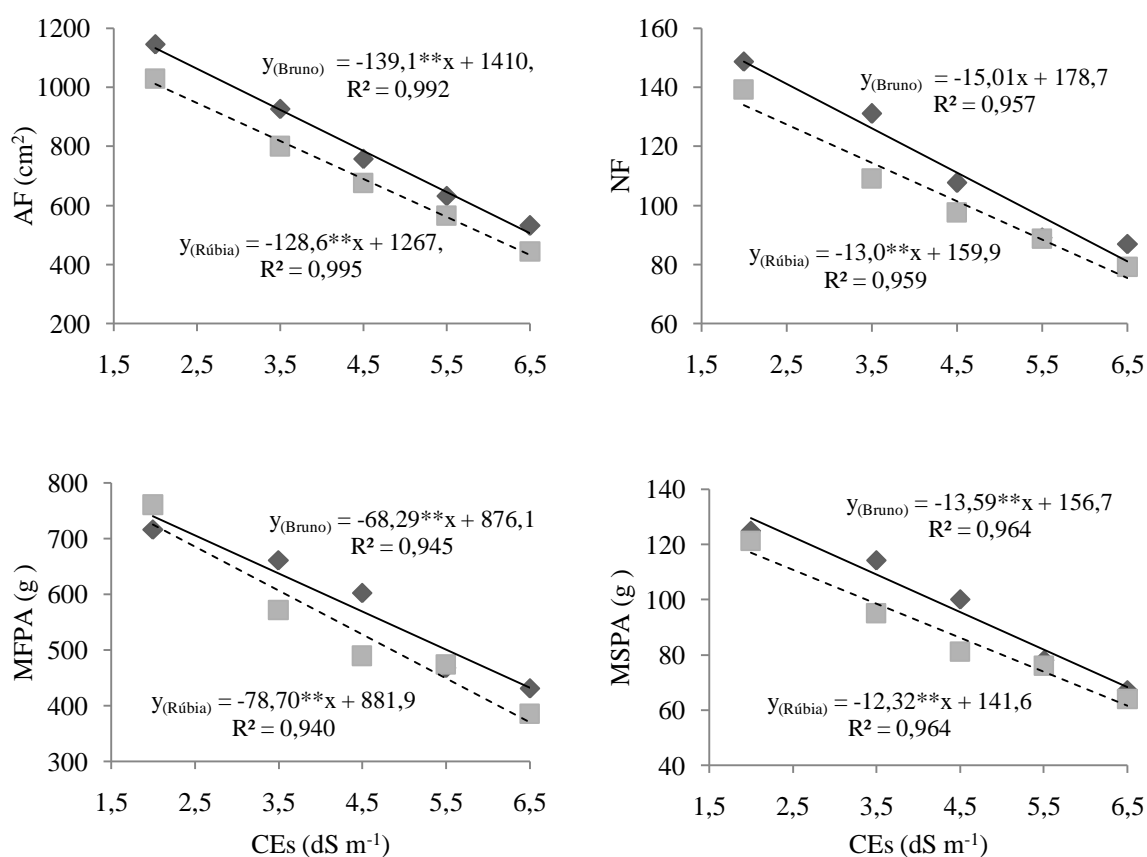


Figura 6. Gráficos de dispersão e equações de regressão para as variáveis de crescimento: altura de plantas (AF), diâmetro de colo (DC), área foliar (AF), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) de duas cultivares de pimentão (Bruno e Rúbia) em função da salinidade da solução nutritiva (CEs).

A redução da área foliar é um dos efeitos diretos do estresse salino e hídrico nas plantas (NASCIMENTO et al., 2015). Segundo Mittova et al. (2002) e Sultana et al. (2002), as reduções da fotossíntese e da área foliar podem contribuir para a adaptação da cultura às condições salinas, de maneira que essa redução de área foliar em função da salinidade pode ser um mecanismo de aclimatação dessas plantas, permitindo a conservação de água pela menor área transpiratória. Nunes et al. (2013), trabalharam com a cultura do pimentão hidropônico, testando cinco níveis salinos (1,2; 3,4; 5,6; 7,0 e 9,2 dS m⁻¹) e três épocas de exposição à salinidade (24, 85 e 120 DAT - dias após o transplante) e observaram que a área foliar foi reduzida com o aumento da salinidade em todas as fases de exposição, porém aos 85 e 120, essa redução foi menos acentuada. Silva et al. (2013) observaram que o aumento da concentração salina da solução do solo provocou declínio quadrático na área foliar das plantas de berinjela, com o valor máximo para salinidade de aproximadamente 4,5 dS m⁻¹. Lima et al., (2015) também constaram decréscimos de até 43,8% em área foliar na cultura da Berinjela até o nível de CE de 6,0 dS m⁻¹.

A redução no número de folhas em condições de salinidade é provável que seja um mecanismo de adaptação ao estresse, no sentido de diminuir a superfície transpirante. Esta redução pode ser proveniente da incapacidade da planta em produzir folhas novas mais rápido do que a senescência, além da morte das folhas mais velhas por necrose, decorrente de efeitos tóxicos de íons específicos provenientes do excesso de sais no apoplasto (SILVA et al., 2009; KUDO et al., 2010; SANTOS et al., 2014). Lima et al. (2015) em trabalho com a cultura da berinjela submetida a irrigação com água salina, constataram reduções de até 37% no número de folhas, comparando-se a menor (0,5 dS m⁻¹) e a maior (6,0 dS m⁻¹) salinidade. Oliveira et al. (2009) observaram, estudando o efeito dos sais no cultivo do milho, redução de 33% em número de folhas no nível de 3,5 dS m⁻¹, em comparação ao menor nível de salinidade (0,5 dS m⁻¹).

A redução na massa fresca e seca, em decorrência do incremento da salinidade também tem sido observada por outros pesquisadores, tanto em solo (OLIVEIRA et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2015) como em cultivo hidropônico (COSME et al., 2011; GOMES et al., 2011; NUNES et al., 2013, SANTOS, 2014). A perda de biomassa nas plantas cultivadas em solução nutritiva com condutividade elétrica elevada é consequência da diminuição nas taxas fotossintéticas, devido à redução do número de cloroplastos, causado pelas altas concentrações de sais no apoplasto das células foliares (ELOI et al., 2007 e OLIVEIRA et al., 2007). Segundo Gomez et al. (2006), uma das respostas imediatas ao estresse salino é a redução na taxa de expansão das folhas, ocorrendo

também, reduções nas massas fresca e seca em toda a planta. Bosco et al. (2009) ao estudarem níveis crescentes de condutividade elétrica obtidos pela adição de NaCl à solução nutritiva no cultivo hidropônico de berinjela cultivar Florida Market e seus efeitos sobre os componentes de crescimento, massa seca e fresca da parte aérea, observaram reduções significativas nos tratamentos em que a CE foi superior a 4,08 dS m⁻¹. Esses resultados indicam que as folhas são órgãos bastante afetados com o aumento da concentração de sais na zona radicular das plantas cultivadas.

Pode-se dizer que a cv. Bruno teve um melhor desempenho nos aspectos de crescimento, comparado a cv Rúbia, uma vez que apresentou os maiores valores médios em todos os tratamentos aplicados. Considerando que mesmo quando irrigada com solução não salina esta cultivar apresentou valores superiores em todas as variáveis de crescimento, supõem-se então que esta seja uma característica intrínseca da cultivar.

Rendimento

Conforme a análise de variância (Tabela 3) não houve efeito significativo dos blocos e da interação entre os fatores para todas as variáveis de rendimento, exceto para a produtividade que apresentou efeito significativo ao nível de 0,05 de probabilidade. Quanto aos fatores isolados na salinidade da solução e das diferentes cultivares de pimentão, houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade sobre todas as variáveis.

Tabela 3. Resumo da análise de variância do número de frutos, planta⁻¹ (NFr), comprimento do fruto, mm (CF), diâmetro do fruto, mm (DF), espessura da casca, mm (EC), peso médio do fruto, g planta⁻¹ (PMFr) e produtividade, em t ha⁻¹, em função da salinidade da solução nutritiva (CEs) e duas cultivares de pimentão (C).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio					
		NFr	CF	DF	EC	PMFr	Produtividade
Bloco	4	17,98 ^{ns}	142,1 ^{ns}	85,73 ^{ns}	0,31 ^{ns}	265,85 ^{ns}	119,28 *
CEs	4	627,13 **	2207,1 **	646,66 **	3,85 **	6381,02 **	4228,55 **
C	1	212,18 **	5881,06 **	920,46 **	6,58 **	7177,86 **	1976,54 **
CEs x C	4	16,63 ^{ns}	22,51 ^{ns}	35,73 ^{ns}	0,32 ^{ns}	70,09 ^{ns}	136,59 *
Erro	36	10,52	68,12	37,52	0,45	109,87	35,54
CV (%)	-	20,45	10,06	10,8	16,33	17,25	25,92

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F. * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O NFr decresceu de forma linear em função do aumento da salinidade, com efeito significativo para as duas cultivares (Figura 7A). Os valores médios de NFr encontrados

variaram entre 26,6 e 7,4 frutos na cv. Bruno e entre 30 e 11 frutos na cv. Rúbia, em função dos níveis crescentes de sais na solução nutritiva, o que resultou em perdas na produção de frutos de até 72% para a cv. Bruno e de até 63% para a cv. Rúbia, comparando-se o menor com o maior nível salino da solução nutritiva. Esses decréscimos foram superiores aos encontrados por Leonardo et al., (2007) na cv. Eliza, que observaram 55% de redução no total de frutos, em relação ao tratamento com maior CE (6,0 dS m⁻¹).

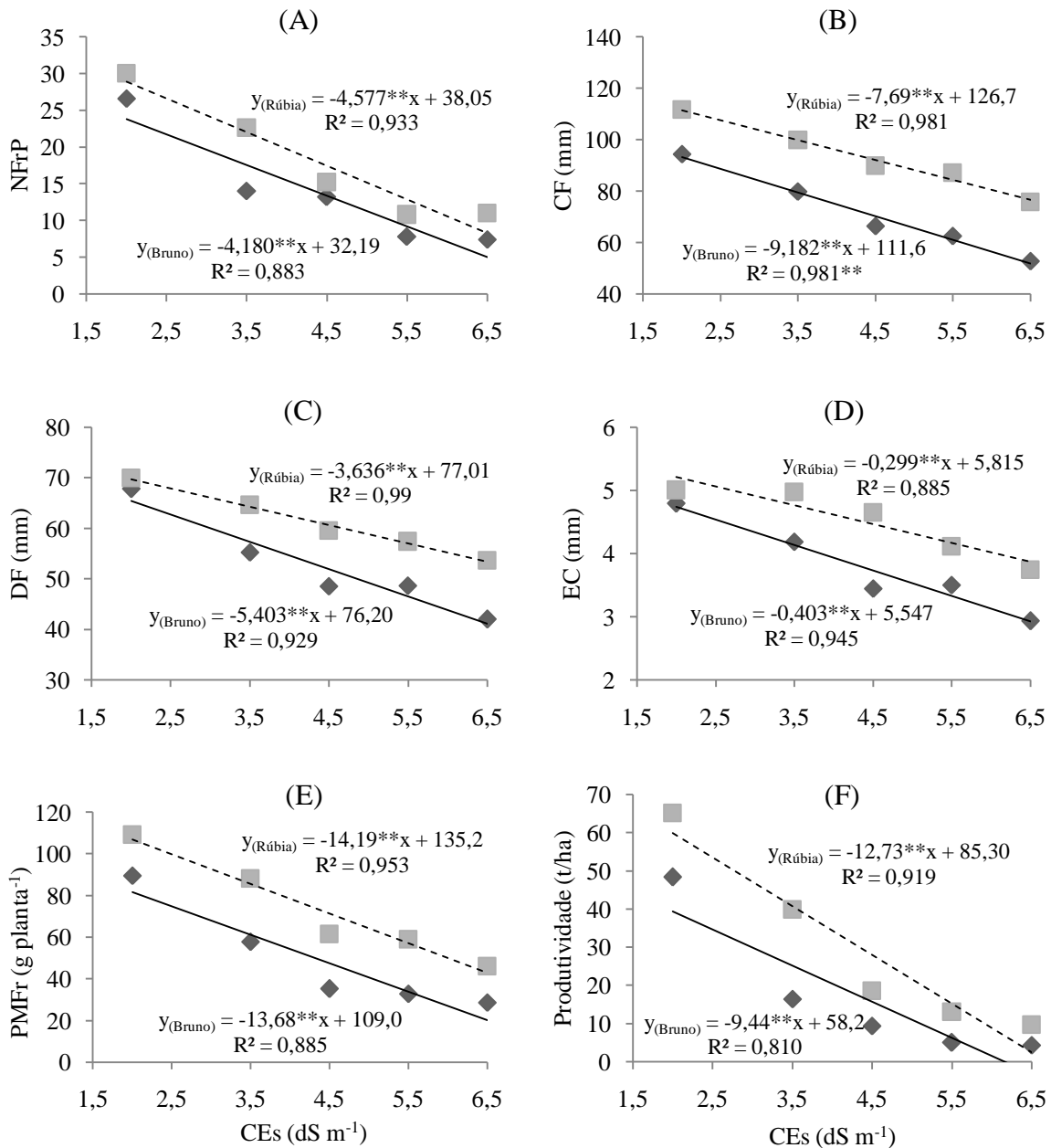


Figura 7. Gráficos de dispersão e equações de regressão para as variáveis de produção: número de frutos por planta (A), comprimento do fruto (B), diâmetro do fruto (C), espessura de casca (D), peso médio do fruto (E) e produtividade (F) de duas cultivares de pimentão (Bruno e Rúbia) em função da salinidade da solução nutritiva (CEs).

O CF, DF e a EC das duas cultivares de pimentão tiveram reduções em virtude do aumento da salinidade da solução nutritiva de cultivo, pode-se ver os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear com efeito altamente significativo (Figura 7B, 7C e 7D). Essas reduções foram de 6,1 (CF); 5,2 (DF) e 5,3% (EC) por dS m^{-1} adicionado a solução nutritiva para cv. Bruno e para a cv. Rúbia, essas perdas foram da ordem de 4,5 (CF), 3,5 (DF) e de 3,8% (EC).

O PMFr, como exposto na Figura 7E, apresentou comportamento linear para cv. Bruno e Rúbia, ambas com efeito significativo ao nível de 1% na análise de regressão. A redução com o aumento da salinidade da solução nutritiva, em dS m^{-1} , foi de 9,5% para cv. Bruno e de 7,9% para Rúbia. Quando comparado à testemunha ao maior nível salino da solução, as reduções no peso dos frutos foram de 68 e 57,7% para as cultivares Bruno e Rúbia, respectivamente. O PMFr apresentou valores médios variando entre 89,5 e 28,5g para cv. Bruno e entre 109 e 46g para cv. Rúbia, em função do aumento da salinidade. Esses valores estão próximos aos encontrados por Leonardo et al. (2007) na cv. Eliza entre 122 e 76g, do menor para a maior salinidade ($1,5 - 6,0 \text{ dS m}^{-1}$), com reduções unitárias de 15% no peso médio dos frutos.

Esses resultados estão diretamente ligados à produtividade que decresceu de forma linear, com o aumento progressivo da salinidade, para ambas as cultivares (Figura 7F). Os decréscimos unitários na produtividade foram de 16,2 e 14,9% por dS m^{-1} na cv. Bruno e Rúbia, respectivamente. As perdas do menor nível de salinidade ao nível mais elevado foram de até 91% para a cv. Bruno e de até 85% para a cv. Rúbia. Perdas semelhantes na produtividade de frutos de pimentão foram verificadas por Nunes et al. (2013) nos tratamentos com CE mais elevada ($9,23 \text{ dS m}^{-1}$), que induziram às plantas a um decréscimo de 65,4% no rendimento de frutos produzidos, em kg ha^{-1} , comparado ao tratamento controle ($1,2 \text{ dS m}^{-1}$). Unlukara et al. (2008) ao estudarem o efeito da salinidade sobre a berinjela na região de Tokat, na Turquia, verificaram queda no rendimento de 4,4% por aumento unitário da CE da água de irrigação a partir de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$.

As características produtivas das cultivares, como observado, são distintas entre si, sendo a cultivar Rúbia mais produtiva e com maior tolerância à salinidade da solução nutritiva quando comparada a cultivar Bruno. Entretanto, ambas as cultivares foram significativamente afetadas pela salinidade do meio de cultivo, com perdas maiores que 60% nos componentes de produção, em relação ao maior nível salino.

Nutrição mineral

Os resumos de análises de variância referentes aos teores de nutrientes minerais nas folhas de pimentão revelam que apenas os teores de cálcio, sódio e cloreto foram influenciados pela interação salinidade da solução nutritiva x cultivares, não apresentando significância para os demais nutrientes (Tabela 4). Observa-se, efeito isolado da salinidade da solução nutritiva sobre os teores de fósforo, potássio, enxofre, sódio e cloreto. O fator cultivares apresentou efeito significativo para todos os nutrientes avaliados, exceto para o magnésio e o enxofre.

Tabela 4. Resumo da análise de variância, em g kg⁻¹ de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), sódio (Na) e cloro (Cl), em função da salinidade da solução nutritiva (CEs) e duas cultivares de pimentão (C).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl
Bloco	4	0,2 **	6,24 ^{ns}	51,3 **	0,32 ^{ns}	0,07 **	0,90 ^{ns}	7,41 ^{ns}
CEs	4	2,006 **	147,28**	8,50 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,03 *	149,90 **	608,03 **
C	1	0,38 **	222,61**	48,15 **	0,15 ^{ns}	0,008 ^{ns}	221,37 **	892,56 **
CEs x C	4	0,03 ^{ns}	8,19 ^{ns}	14,34 *	0,06 ^{ns}	0,005 ^{ns}	11,74 **	80,5 **
Erro	36	0,05	12,88	3,95	0,29	0,008	2,70	9,71
CV (%)	-	11,09	21,78	13,82	7,79	8,69	21,85	21,11

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F. * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Na análise de regressão o teor de P no tecido foliar do pimentão teve um comportamento linear com efeito significativo ao nível de 1% pelo teste t, para as duas cultivares, como mostra a Figura 8A. A elevação da salinidade causou decréscimos unitários de 8,1 e 6,5% nas cultivares Bruno e Rúbia, respectivamente. As reduções totais desse nutriente nas folhas foram de 45,5% na cv. Bruno e de 37,6% na cv. Rúbia. Os teores médios de P na cv. Bruno quando tratada sem NaCl foram de 2,81 g kg⁻¹, sob condições salinas o valor não ultrapassou 1,81 g kg⁻¹, valor abaixo do ideal para a cultura do pimentão (de 2 a 7 g kg⁻¹ no tecido foliar), em plantas em fase de produção de frutos (MILLS & JONES, 1996). A cv. Rúbia, por sua vez, apresentou valores inferiores a 2,0 g kg⁻¹ apenas no nível de sal mais elevado. Esses teores foram inferiores aos constatados por Villas Boas (2001) e Marcussi (2005), com médias de 3,0 e 4,0 g kg⁻¹ de P no tecido foliar do pimentão, respectivamente. O fato de o teor de P ter sido reduzido no tecido foliar, com o aumento dos níveis de salinidade, provavelmente foi devido aos altos níveis do íon Cl⁻ os quais provocaram interações de antagonismo com o fósforo (FREIRE et al., 2010; KAHLAOUI et al., 2011; RAJA et al., 2012; HAJIAGHAEI-KAMRANI &

HOSSEINNIYA, 2013). O P é um nutriente essencial para as plantas, pois compõe a molécula de ATP (adenosina trifosfato), que é utilizada em todas as reações que necessitam de energia (LEONARDO et al., 2008). É ainda componente de muitas proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e substratos metabólicos (DECHEN & NACHTIGALL, 2007). Seu suprimento adequado promove o uso mais eficiente da água dos outros nutrientes (GUIMARÃES et al., 2011, FLORES et al., 2012).

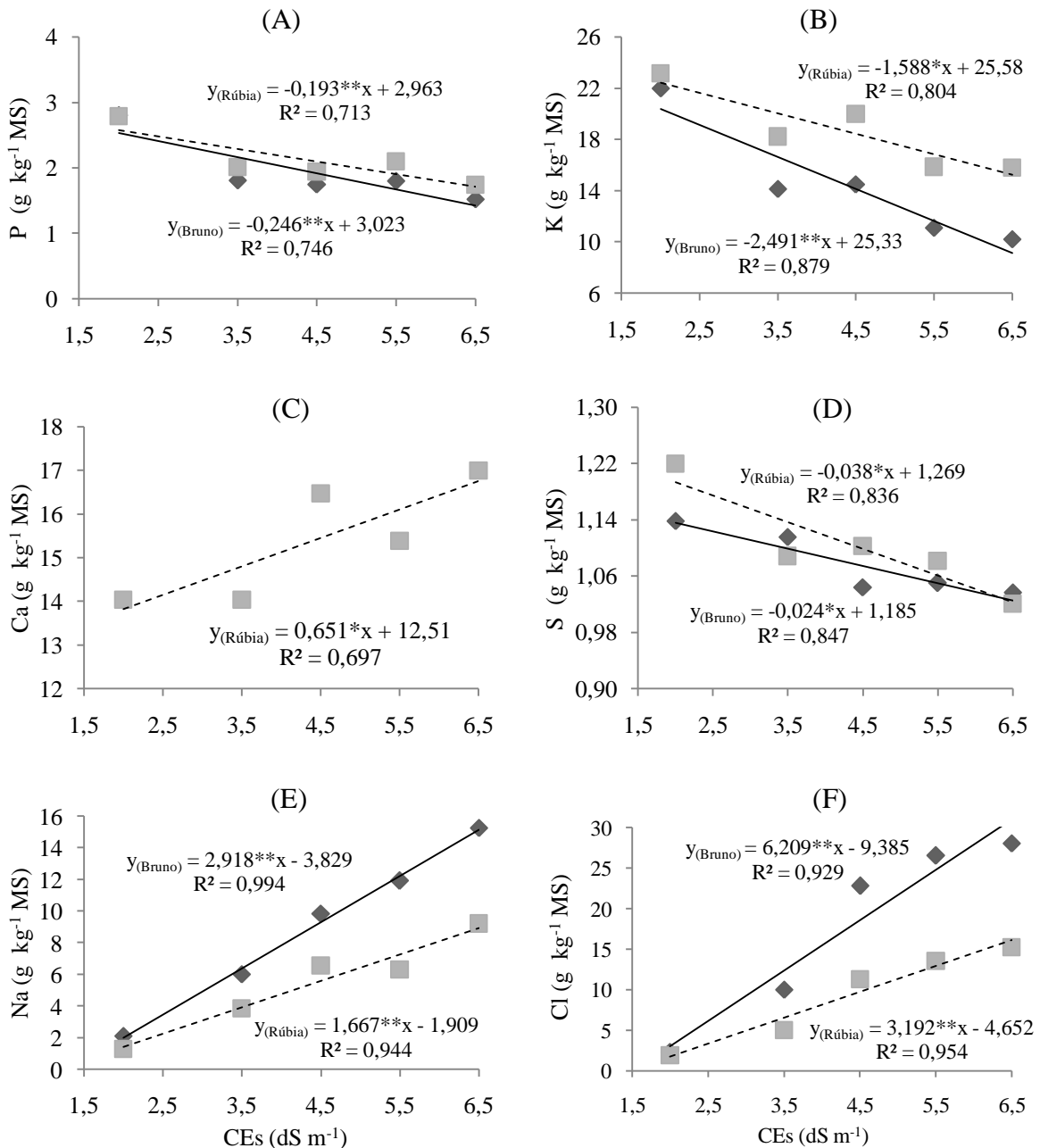


Figura 8. Gráficos de dispersão e equações de regressão para os teores de fósforo (A), potássio (B), cálcio (C), enxofre (D), sódio (E) e cloreto (F) no tecido foliar das cultivares de pimentão (Bruno e Rúbia) em função da salinidade da solução nutritiva (CEs).

Na Figura 8B, observa-se que os teores foliares de K decresceram de forma linear, conforme acréscimo da salinidade da solução nutritiva, sendo significativo a 1 e 5% de probabilidade para a cv. Bruno e Rúbia, respectivamente, na análise de regressão. Os teores médios de K do menor ao maior nível salino da solução foram de 21,9 a 10,2 g kg⁻¹ na cv. Bruno e de 23,1 a 15,7 g kg⁻¹ na cv. Rúbia. Isto corresponde à decréscimos de 7,3% na cv. Bruno e de 4,5% na cv. Rúbia, por dS m⁻¹ acrescentado a solução nutritiva. Os teores de K estiveram abaixo da faixa adequada para pimentão (35,0 - 45,0 g kg⁻¹), conforme Jones Júnior et al. (1991). A redução dos teores de K nas plantas em função da salinidade é muito frequente. Como não existem transportadores específicos de Na⁺, esse cátion é absorvido por competição através de carregadores de K⁺ e Ca²⁺. Além disso, recentemente tem sido destacado que sob estresse ocorre a ativação da despolarização da membrana plasmática em raízes, e a ativação de canais induzido por ROS favorecem o efluxo do K⁺ (FLOWERS et al., 2014).

Os teores de Ca nas folhas da cv. Bruno não foi influenciado de forma significativa até 0,05 de probabilidade, pela salinidade da solução, obtendo valor médio de 13,4 g kg⁻¹, enquanto que a cv. Rúbia teve efeito significativo (p<0,05) pela regressão linear, apresentando acréscimos desse nutriente, frente ao incremento da salinidade da solução nutritiva, oscilando de 14,0 até 16,9 g kg⁻¹ (Figura 8C), representando aumento relativo de 5,2% por dS m⁻¹ incrementado à solução nutritiva. Este resultado mostra uma melhor capacidade de absorção e compartimentalização de Ca pela cv. Rúbia, frente ao estresse salino. Isto é evidenciado pelos sintomas visuais de deficiência de Ca (Podridão apical), nos frutos de ambas as cultivares, sendo que a cv. Bruno apresenta estes sintomas já a partir do nível de CE de 4,5 dS m⁻¹, enquanto que a cv. Rúbia estes sintomas só são observados a partir do nível de CE de 5,5 dS m⁻¹. Os teores de Ca no tecido foliar das duas cultivares, se mantiveram na faixa ideal para o pimentão, de 10 a 35 g kg⁻¹ no tecido foliar (TRANI & RAIJ, 1997). De acordo com Ho & White (2005) raramente, deficiência de Ca em fruto produzido em estufa está relacionada com a ausência de Ca na zona de raiz. A causa mais comum de deficiência de Ca nos frutos é devido a sua distribuição na planta, predominantemente, via xilema, com baixíssima taxa de redistribuição para os frutos. Por essa razão, a podridão apical pode ser observada em plantas com teor ótimo de Ca nas folhas (FAQUIN, 2005). Taylor e Loscascio (2004) relacionam a podridão apical com a deficiência de Ca, mas também citam como fatores indutores a alta salinidade, a alta concentração de Mg²⁺, NH₄⁺ ou de K⁺.

Os teores de Mg em ambas as cultivares, não diferiram na análise de regressão. Os valores médios nas cultivares Bruno e Rúbia foram de 6,8 e 6,9 g kg⁻¹ de MS, respectivamente. Observa-se que mesmo sob estresse salino, os teores foliares de Mg estiveram dentro da faixa adequada para a cultura do pimentão de 3,0 a 10,0 g kg⁻¹ (TRANI & RAIJ, 1997). Esses teores ficaram próximos aos encontrados por Marcussi (2005) e Sedyama et al. (2014) no tecido foliar do pimentão, com médias de 9,6 e 6,2 g kg⁻¹ de Mg, respectivamente.

Quanto aos teores de S (Figura 8D), observa-se reduções lineares ajustadas pelas equações de regressão, com significância de 1% de probabilidade em ambas as cultivares. O incremento da salinidade da solução nutritiva causou decréscimos na ordem de 1,5 e 2,1% por dS m⁻¹, na cv. Bruno e Rúbia, respectivamente. O S apresentou valores médios variando entre 1,14 e 1,04 g kg⁻¹ para cv. Bruno e entre 1,22 e 1,02 g kg⁻¹ para cv. Rúbia. Sedyama et al. (2014) encontraram teor médio de S de 2,97 g kg⁻¹ nas folhas de pimentão cv. Rúbia. O S participa, na planta, de dois grandes grupos de substâncias: estruturais e metabólicas (VITTI et al., 2006), em numerosos compostos, como aminoácidos e proteínas, coenzimas, sulfolipídeos, flavonoides, lipídeos, polissacarídeos, alcaloides, entre outros, e nos processos como a absorção iônica, DNA e RNA, inclusive controle hormonal para o crescimento e diferenciação celular (LUZ et al., 2010).

Os teores de Na⁺ aumentaram linearmente com efeito significativo, em função do incremento da salinidade da solução nutritiva, em ambas as cultivares (Figura 8E). Houve acréscimos unitários de Na de 76,2% na cv. Bruno e de 87,3% na cv. Rúbia. Observa-se que os teores de Na⁺ foram acrescidos de 2,1 para 15,2 g kg⁻¹, na cv. Bruno e de 1,2 para 9,1 g kg⁻¹, na cv. Rúbia, do menor ao maior nível de salinidade (2,0 a 6,5 dSm⁻¹). Assim como o Na⁺, os teores de Cl⁻ tiveram acréscimos lineares significativos para as duas cultivares, com valores variando entre 2,3 e 28 g kg⁻¹ na cv. Bruno e entre 1,9 e 15,2 g kg⁻¹ na cv. Rúbia. Isso representa acréscimos relativos de 66,1 e 68,6%, por dS m⁻¹, para as cultivares Bruno e Rúbia, respectivamente (Figura 8F). A maior concentração de Cl, comparado ao Na, pode está ligada a maior absorção passiva deste ânion e a um fraco sistema de absorção ativa. O cloreto é absorvido facilmente pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração, com sintomas de toxidez evidenciados nas plantas como a queima do ápice das folhas, principalmente quando se atinge concentrações de 3 a 10 g kg⁻¹ de cloreto (0,3 a 1,0%), em base de peso seco das folhas. Ao contrário dos sintomas de toxicidade do cloreto, os sintomas do sódio aparecem em forma de queimaduras ou necrose, ao longo das bordas (SILVA JUNIOR, 2007).

Esses resultados demonstram que a cv. Rúbia, apesar de apresentar maiores acréscimos relativos dos íons Cl⁻ e Na⁺ em comparação a cv. Bruno, esta acumulou menos íons nas folhas e conseqüentemente, apresentou menos sintomas de toxidez, mostrando-se mais eficiente no processo de absorção seletiva de íons ou à translocação dos mesmos, em condições de estresse salino, evidenciado pela maior capacidade em absorver K e Ca dessa cultivar (Figura 8B e 8C). Evitar elevadas concentrações de Cl e Na é fundamental para reduzir danos severos ao aparato fotossintético assim como à atividade de um grande número de enzimas (WILLADINO & CAMARA, 2010).

A Tabela 5 mostra as relações entre sódio e potássio (Na/K) e as relações sódio e cálcio (Na/Ca). Pode-se observar que, tanto os fatores isolados quanto a interação entre os dois, tiveram efeito significativo ao nível de p<0,01, sendo apenas a interação da relação Na/Ca significativa ao nível de p<0,05. O efeito do bloco não teve influência sobre essas variáveis.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e médias da relação sódio potássio (Na/K) e sódio cálcio (Na/Ca), em função da salinidade da solução nutritiva (CEs) e duas cultivares de pimentão (C).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		Na/K	Na/Ca
Bloco	4	0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}
CEs	4	1,36 **	0,83 **
C	1	2,93 **	2,27 **
CEs x C	4	0,24 **	0,14 *
Erro	36	0,02	0,04
CV (%)	-	27,84	36,04

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F. * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A relação Na⁺/K⁺ na folha aumentou linearmente com o incremento da salinidade da solução nutritiva, na análise de regressão (Figura 9A), em ambas as cultivares, entretanto, as maiores relações entre estes cátions foram observados na cv. Bruno, comparado a cv. Rúbia. Isto pode estádiretamente relacionado com uma menor capacidade da cv. Bruno em acumular K⁺ nas folhas, em todos os tratamentos salinos, tendo apresentado teores inferiores a 15 g kg⁻¹ (Figura 8B) e num maior acúmulo de Na⁺ (Figura 8E), com o incremento da salinidade, o que refletiu no balanço nutricional da cultura.

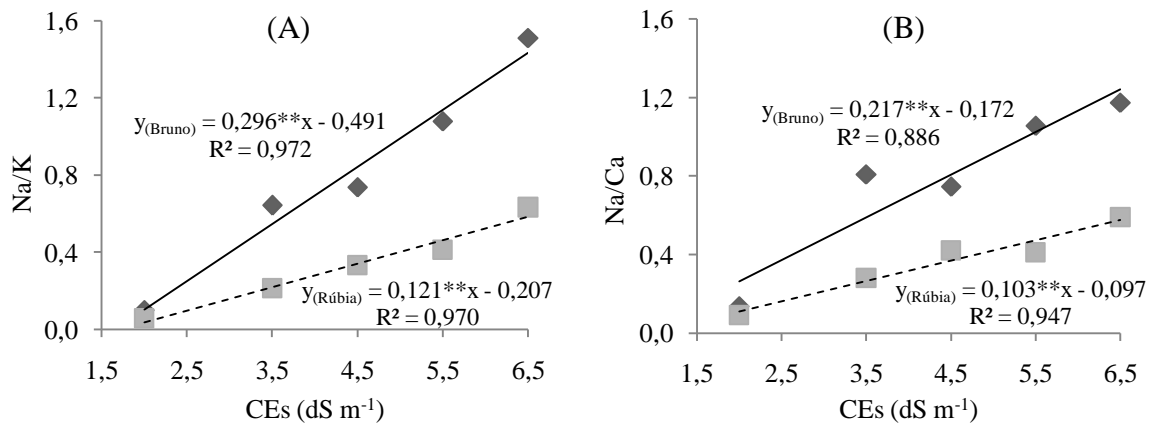


Figura 9. Gráficos de dispersão e equações de regressão para as relações sódio potássio (A) e sódio cálcio (B) no tecido foliar de híbridos de pimentão (Bruno e Rúbia) em função da salinidade da solução nutritiva (CEs).

A manutenção de uma adequada nutrição potássica tem sido relacionada a uma maior tolerância à salinidade (TALEISNIK & GRUNBERG, 1994), podendo a relação Na⁺/K⁺ ser utilizada como critério de seleção de materiais sensíveis e tolerantes ao estresse salino. De acordo com Munns et al. (2002) um dos efeitos da salinidade sobre as plantas é o efeito iônico que é consequência dos elevados teores dos íons Na⁺ e Cl⁻ nas células foliares, provocando alterações na relação Na⁺/K⁺.

Da mesma forma, a relação Na⁺/Ca⁺ também acompanhou o acréscimo da salinidade de forma linear, nas duas cultivares (Figura 10B), sendo que a cv. Bruno teve os maiores valores dessa relação, chegando a 1,17, enquanto que na cv. Rúbia esta não passou de 0,59. Isto comprova a tese de que as respostas ao estresse salino variam amplamente dependendo do genótipo da planta (WILLADINO & CAMARA, 2010). É comum que a salinidade provoque a redução da absorção dos íons Na⁺ e Ca²⁺ devido à competição pelos mesmos sítios de absorção em nível de membrana (CARMO et al., 2003) uma vez que o Na⁺ é absorvido através de transportadores específicos de K⁺ e os canais de cátion de baixa afinidade, os chamados canais não seletivos, que permitem a passagem de Na⁺, Ca²⁺ e K⁺ (MÄSSER et al., 2002). O excesso de Na⁺ externo pode deslocar o Ca²⁺ estrutural da superfície celular, acarretando a desestabilização da membrana plasmática e o consequente vazamento de componentes citoplasmáticos, desencadeando a morte celular pela toxicidade iônica (MENGEL & KIRKBY, 2001).

Na Figura 10 observam-se os efeitos deletérios da salinidade sobre os frutos das duas cultivares de pimentão, pode-se perceber as características de cada uma e também as diferenças dos frutos da menos susceptível à salinidade da solução nutritiva, que neste caso

foi a cv. Rúbia. Nota-se que nos níveis mais elevados de salinidade, foi observado nos frutos os sintomas de podridão apical. Taylor & Loscascio (2004) relacionam a podridão apical com a deficiência de Ca^{2+} , mas também citam como fatores indutores a alta salinidade e a alta concentração de Mg^{2+} , NH_4^+ e/ou de K^+ . A cv. Bruno apresenta esta sintomatologia já aos $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto que na cv. Rúbia este sintoma surge a partir de $5,5 \text{ dS m}^{-1}$.

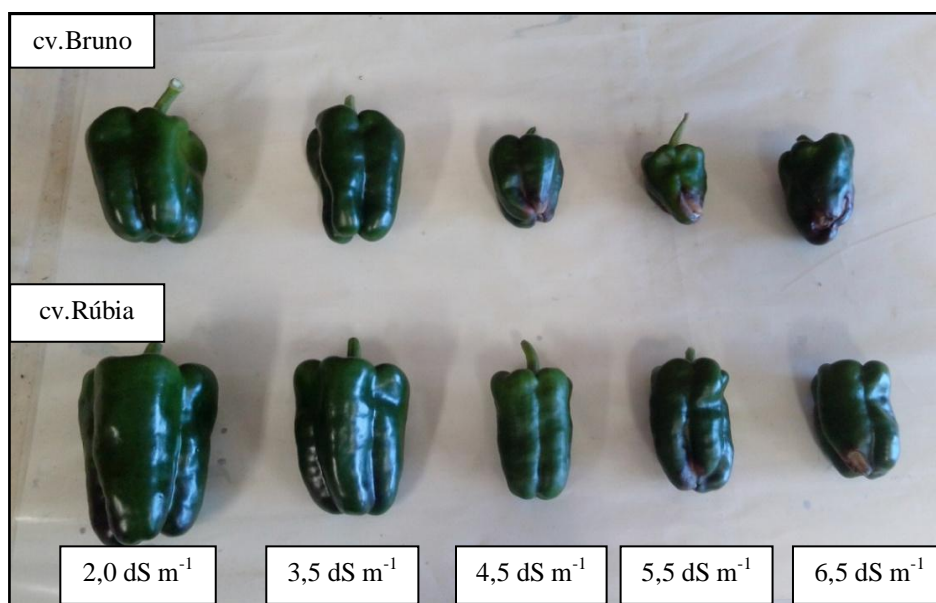


Figura 10. Frutos das cultivares de pimentão Bruno e Rúbia, nos diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva.

De acordo com Furlani et al. (1999) a solução nutritiva para o cultivo do pimentão deve situar-se na faixa de $2,0$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ para o bom desenvolvimento e produção da cultura. Conforme Ayers e Westcot (1999), valores de condutividade elétrica da água de irrigação acima de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ restringem severamente seu uso para muitas culturas agrícolas.

CONCLUSÕES

Os níveis crescentes de salinidade da solução nutritiva ocasionaram nas duas cultivares, redução significativa no crescimento, bem como, nas variáveis de produção.

A cv. Bruno teve maior crescimento em área foliar e massa fresca, enquanto que a cv. Rúbia destacou-se pela maior produção de frutos.

A cv. Rúbia mostrou-se mais eficiente na seletividade iônica, sendo capaz de acumular mais potássio e cálcio, assim como manter menores teores de sódio e cloro no tecido foliar, comparado a cv. Bruno.

A cv. Bruno apresentou frutos com podridão apical desde o nível de CEs da solução nutritiva de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, diferente da cv. Rúbia que este sintoma se manifestou a partir do nível de CE de $5,5 \text{ dS m}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A. et al. Comparação de métodos de análise para avaliar a disponibilidade de metais em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.3, p.463-468, 1995.

ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; NUNES, M. F. F. N. Crescimento e rendimento de pimentão fertigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.686-694, 2011.

ARAGÃO, C. A.; SANTOS, J. S.; QUEIROZ, S. O. P.; FRANÇA, B. Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. *Revista Caatinga*, v.22, n.2, p.161-169, 2009.

ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.3, p. 702-713, 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Qualidade da água na agricultura. Campina grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado).

AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: parte I - análise do crescimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, p.159-164, 2000.

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

CARMO, G. A.; MEDEIROS, J. F.; TAVARES, J. C. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, n.3. 2003.

CAVALCANTE, L. F. et al. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, p.1281-1290, 2010.

COSME, C. R.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; OLIVEIRA, E. M. M.; SOUSA NETO, O. N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 5, p. 499-504, 2011.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). *Fertilidade do solo Viçosa, MG SBCS*, 2007. 471p.

ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.2, n.1, p.83-89, 2007.

FAQUIN, V. *Nutrição mineral de plantas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FARIAS, S. G. G. et. al. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de *Gliricídia* (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Steud) em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1499-1505, 2009.

FERREIRA, R. G.; et al. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 1, p. 79-88, 2001.

FINGER, F. L.; SILVA, D. J. H. Cultura de pimentas e pimentões. In: FONTES, P. C. R. (Org.). *Olericultura: Teoria e prática*. Viçosa, MG. UFV, 2005. 434p.

FLORES, R. A.; ALMEIDA, B. F.; POLITI, L. S.; PRADO, R. M.; BARBOSA, J. C. Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.7, n.1, p.104-110, 2012.

FLOWERS T. J.; MUNNS, R.; COLMER T. D. Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. *Annals of Botany*, v.115, n.3, p.419-431, 2014.

FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, supl.1, p.1133-1144, 2010.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. *Cultivo hidropônico de plantas*. 1.ed. Campinas: IAC, 1999. 52p. (Boletim técnico 180).

GOMES, J. W. S.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; BLANCO, F. F.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 4, p. 850-856, 2011.

GOMEZ, S. R.; WHARMBY, C.; CASTILLO, J. M.; NARANJO, E. M.; LUQUE, C. J.; DECIRE, A.; LUQUE, T.; DAVY, A. J.; FUGUEROA, M. E. Growth and photosynthetic

responses to salinity in an extreme halophyte, *Sarcocornia fruticosa*. *Physiologia Plantarum*, v. 128, n. 1, p. 116-124, 2006.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Adubação do cafeeiro e a qualidade do produto colhido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 39-51, mar./abr. 2011.

GURGEL, M. T.; UYEDA, C. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental*, v.14, p.3-10, 2010.

HAIAGHAEI-KAMRANI, M.; HOSSEINNIYA, H. Effect of salinity on nutrient uptake in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in hydroponic system. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, v. 4, n. 10, p. 2729-2733, 2013.

HO, L. C.; WHITE, P. J. A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit – A review. *Annals of Botany*, Oxford, v.95, p.571-581, 2005.

HUNT, R. Basic growth analysis. London: Unwin Hyman, 1990.

JONES JÚNIOR, J. B; WOLF, B; MILLS, H. A. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Athens: Micro-Macro, 213p. 1991.

KAHLAOU, B.; HACHICHA, M.; REJEB, M. N.; HANCHI, B.; MISLE, E. Effects of saline water on tomato under subsurface drip irrigation: nutritional and foliar aspects. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v.11, n.1, p.69-86, 2011.

KUDO, N.; SUDINO, T.; OKA, M.; FUJIYAMA, H. Sodium tolerance of plants in relation to ionic balance and the absorption ability of microelementos. *Soil Science and Plant Nutrition*, v.56, p.225-233, 2010.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RIMA, 2004.

LEONARDO, M. et al. Produção de frutos de pimentão em diferentes condições salinas. *Revista Irriga*, v.12, n.01, 2007.

LEONARDO, M.; BROETTO, F.; VILLAS-BÔAS, R. L.; MARCHESE, J. A.; TONIN, F. B.; REGINA, M. Estado nutricional e componentes da produção de plantas de pimentão conduzidas em sistema de fertirrigação durante indução de estresse salino em cultivo protegido. *Bragantia*, v.67, p.883-889, 2008.

LIMA, L. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; LINHARES, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A.; BEZERRA, F. M. S. Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 9, n. 1, p. 27-34, 2015.

LUZ, P. H. C.; OTTO, R.; VITT, G. C.; QUINTIN, T. A.; ALTRAN, W. S.; ILKEDA, R. Otimização da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes. *Informações Agronômicas International plant nutrition Institute, IPNI, Turkey*, n.126, p.27, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. Engenharia Agrícola 25: 642-650. 2005.

MÄSSER, P.; GIERTH, M.; SCHROEDER, J. I. Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. Plant and Soil, v.247, p. 43-54, 2002.

MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. Revista Brasileira de Engenharia Ambiental, v.11, n.3, p.248-255, 2007.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. Netherlands, Kluwer Academic Publishers. 2001.

MILLS, H. A.; JONES JUNIOR, J. B. Plant analysis handbook II. 2nd ed. Athens: Micro-Macro, 1996. 422 p.

MITTOVA, V.; TAL, M.; VOLOKITA, M.; GUY, M. Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species but not in the cultivated species. Physiologia Plantarum, v. 115, p. 393-400, 2002.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant and Cell Environment, v.25, n.2, p.239-250. 2002.

MUNNS, R.; HUSAIN, S. RIVELLI, A. R.; RICHARD, A. J.; CONDON, A. G.; MEGAN, P. L.; EVANS, S. L.; SCHACHTMAN, D. P.; HARE, R.A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. Plant and Soil, v.247, p. 93-105, 2002

NASCIMENTO, I. 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. ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido, v.11, n.1, p37-43, jan –mar, 2015.

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, P. D.; SILVA, S. A.; VIEIRA, M. S.; OLIVEIRA, A. P. Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 6: 258-264. 2011.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R. DA; FERNANDES, P.D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.551-558, 2009.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; TEIXEIRA, A. S.; COSTA, C. A. G.; GHEYI, H. R. Monitoramento da cobertura do solo e produtividade do feijão-de-corda irrigado por sulcos com água salina. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, n.1, p.59-66, 2010.

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*, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 48 – 53, out.– dez., 2013.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LIMA, C. J. G. S.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; AMÂNCIO, M. G. Desenvolvimento inicial do milho pipoca irrigado com água de diferentes salinidades. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. Recife, v.4, n.2, p.149-155, 2009.

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

PRAXEDES, S. C.; DAMATTA, F. M.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Salt stress tolerance in cowpea is poorly related to the ability to cope with oxidative stress. *Acta Botanica Croatica*, v.73, n.1, 2014.

PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C. S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agro@mbiente*. On-line, v.9, n.2, p.111-118, 2015.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino. In: GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; DIAS, N. S. (Ed). *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, Cap.10, p.143-159. 2010.

RAJA, S.; SHOKAT, S.; AZHAR, F. M.; AZHAR, M. T.; KHAN, A. A. Screening of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes at different salinity levels. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, v.4, n.6, p.94-100, 2012.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A. Produção do pimentão irrigado com diferentes lâminas de água salina. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 2 (Suplemento - CD Rom), 2009.

SANTOS, A. N. Estratégia de manejo para utilização de água salobra em cultivo hidropônico de tomate cereja em substrato. Tese de doutorado. Recife: UFRPE. 94 p. 2014.

SANTOS, R. A.; CARNEIRO, P. T.; SANTOS, V. R.; COSTA, L. C.; SANTOS, C. G.; SANTOS NETO, A. L. Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.12, p.1255-1261, 2014.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R. DOS; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. DE O.; JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.588-594, 2014.

SILVA JUNIOR, G. S. E.; MORAIS, M. B.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. Crescimento de genótipos diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.11, p.1145–1151, 2012.

SILVA JÚNIOR, G. S. Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*Musa spp*) submetidos à salinidade. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2007. 106p.

SILVA, E. M.; LIMA, C. J. G. S.; DUARTE, S. N.; BARBOSA, F. S.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, n.1, p.150-158, 2013.

SILVA, E. N. et al. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. *Scientia Agricola*. v. 68, n. 1, p. 62-68, 2011.

SILVA, F. E. O.; MARACAJÁ, P. B.; MEDEIROS, J. F. DE; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Desenvolvimento vegetativo do feijão-caupi irrigado com água salina em casa de vegetação. *Revista Caatinga*, v.22, p.156-159, 2009.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. DE M.;SEVERINO, L. S.; SOARES, F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.335-342, 2008.

SOUSA, A. B. O.; et al. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.390-394, 2011.

SULTANA, N.; KEDA, T.; KASHEM, M. A. Effect of seawater on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Photosynthetica*, v.40, p.115-119, 2002.

TALEISNIK, E., GRUNBERG, K. Ion balance in tomato cultivars differing in salt tolerance. I. Sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity. *Physiology Plant*, v.92, p.528-534, 1994.

TAYLOR, D.; LOCASCIO, S. J. Blossom – End Rot: A Calcium Deficiency, *Journal of Plant Nutrition*, 27:1, 123-139. 2004.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds). 2. Ed. rev. Campinas: IAC. 1997.

UNLUKARA, A. et al. Effects of salinity on eggplant (*Solanum Melongena L.*) growth and evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage*, v.59, n.01, p.203- 214, 2008.

VILLAS BOAS, R. L. Doses de nitrogênio para o pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação. 123 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. 2001.

VILLAS BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; DUENHAS, L. H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia: Jaboticabal: Funep. 65p. 2002.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio, Enxofre. In Nutrição mineral de plantas. Editor Manlio Silvestre – Vicososa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. P.300-323. 2006.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, n.11; 2010.

CAPÍTULO III

SALINIDADE NO CULTIVO DE PIMENTÃO E SEU EFEITO SOBRE A PRODUÇÃO, FOTOSÍNTESE E METABOLISMO REDOX

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de biomassa e respostas fisiológicas e bioquímicas de duas cultivares de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em cultivo hidropônico. O experimento foi realizado no Departamento de Engenharia Agrícola (Deagri - UFRPE) em casa de vegetação, no período de 6 de outubro de 2014 a 6 de fevereiro de 2015. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com fatorial 5 x 2, sendo esses fatores: cinco níveis de salinidade da solução nutritiva (2,0; 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹) e duas cultivares de pimentão (cv. Bruno e cv. Rúbia), com cinco repetições. A cv. Rúbia obteve produção de frutos superior com 1,46 kg planta⁻¹ contra 0,83 kg planta⁻¹ da cv. Bruno. A cv. Rúbia foi menos afetada em relação ao teor de clorofila “a”, apresentando decréscimos unitários por dS m⁻¹ de 3,8%, contra 6,8% da cv. Bruno. Houve redução nas trocas gasosas, nas proteínas solúveis e aumento no teor de prolina, com o incremento da salinidade da solução nutritiva, nas duas cultivares. Em ambas as cultivares o sistema de defesa antioxidativo foi ativado. A cv. Rúbia apresentou maior atividade de APX que a cv. Bruno, mesmo no menor nível salino, mostrando-se mais aclimatada ao efeito adverso da salinidade.

Palavras-chave: Estresse abiótico. Hidroponia. Fotossíntese. Enzimas antioxidantes.

SALINITY IN THE BELL PEPPER CROPS AND ITS EFFECT ON PRODUCTION, PHOTOSYNTHESIS AND METABOLISM REDOX

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the production of biomass and physiological and biochemical responses of two bell pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) in hydroponic culture. The experiment was conducted at the Department of Agricultural Engineering (Deagri - UFRPE) at greenhouse in the period from 6 October 2014 to 6 February 2015. The experimental design was a randomized block with factorial 5 x 2, and these factors: five levels of salinity of the nutritive solution (2.0; 3.5; 4.5; 5.5 and 6.5 dS m⁻¹) and two

bell pepper cultivars (cv. Bruno and cv. Rúbia) with five replicates. The cv. Rúbia production got higher fruits with 1.46 kg plant⁻¹ against 0.83 kg plant⁻¹ cv. Bruno. The cv. Rúbia was less affected in relation to the chlorophyll "a" content presenting unitary decrements of 3.8% per dS m⁻¹, versus 6.8% of cv. Bruno. There was reduction in the gas exchange, in the soluble proteins and increased proline content, with increasing salinity of the nutritive solution, in both cultivars. On both cultivars the antioxidative defense system was activated. The cv. Rúbia showed higher APX activity than the cv. Bruno even in the lower salt level by showing up more acclimatized to the adverse effect of salinity.

Keywords: Abiotic stress. Hydroponics. Photosynthesis. Antioxidative enzymes.

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) está entre as dez hortaliças mais importantes do Brasil (BLAT et al., 2007). As mudanças nos sistemas de cultivo, como a utilização de cultivares mais adaptadas, mais produtivas e com resistência a um número cada vez maior de doenças, são incluídas como alguns dos principais fatores do aumento da área plantada e da produtividade (CARVALHO et al., 2003).

O pimentão é uma cultura bastante difundida entre os pequenos agricultores familiares nas áreas semiáridas do Nordeste brasileiro e que nessas áreas grande parte das fontes hídricas apresentam comprometimento para o uso na agricultura devido ao excesso de sais (NUNES et al., 2013). O pimentão tolera como limite máximo da salinidade do solo, sem perdas de produtividade, 1,5 dS m⁻¹, acima deste limite ocorrem reduções de 14% da produtividade a cada dS m⁻¹ (VILLAS BÔAS et al., 2002). Em hidroponia, os efeitos da salinidade sobre as culturas são reduzidos devido à grande disponibilidade de água e nutrientes, garantidos pela alta frequência de aplicação da solução nutritiva e pela baixa influência de potencial matricial (SANTOS et al., 2016).

A salinidade representa o principal fator que contribui para o decréscimo da produção das culturas agrícolas (TESTER & DAVENPORT, 2003) e afeta mais de 800 milhões de hectares de terras no mundo (MUNNS & TESTER, 2008). No Brasil, aproximadamente 30% das áreas irrigadas no Nordeste estão afetadas pela salinização do solo (AGUIAR NETO et al., 2007).

Segundo Ayers & Westcot (1991), quando os sais acumulam-se na zona radicular, em concentrações suficientemente para impedir a aquisição de água pela planta, provoca

um estado de deficiência hídrica capaz de causar sintomas muito semelhantes aos provocados pela estiagem. Esse excesso de sais na rizosfera das plantas dificulta o desenvolvimento devido à redução do potencial osmótico na solução do solo e ao acúmulo de sais nos tecidos que altera os processos metabólicos normais.

O aumento da concentração de Na^+ nos tecidos foliares pode afetar processos fisiológicos e bioquímicos dependentes de K^+ , como a abertura estomática, a fotossíntese e a síntese de proteínas, em virtude da similaridade físico-química entre esses íons (APSE & BLUMWALD, 2007). O estresse salino reflete-se no metabolismo das plantas, mediante a redução do teor de água e das trocas gasosas, diminuição no teor de clorofilas, aumento do estresse oxidativo e acúmulo de osmólitos compatíveis (NETONDO et al., 2004; SHAFI et al., 2011; CHA-UM et al., 2012; KAHLAOUI et al., 2014).

Para sobreviverem aos efeitos deletérios da salinidade no metabolismo, as plantas utilizam estratégias fisiológicas e bioquímicas de defesa (PARIDA & DAS, 2005). Tais estratégias incluem acúmulo de prolina, (SZABADOS & SAVOURÉ, 2010) e aumento da atividade de enzimas antioxidantes como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) (KHOLOVA et al., 2010; WILLADINO et al., 2011; PATADE et al., 2011).

O entendimento de mecanismos de tolerância e susceptibilidade à salinidade é importante para o desenvolvimento de cultivares que produzam de forma economicamente viável sob condições de estresse (PRISCO & GOMES-FILHO, 2010). Objetivou-se desta forma, com este trabalho avaliar a produção de biomassa bem como respostas fisiológicas e bioquímicas de duas cultivares de pimentão sob níveis de salinidade, em sistema de cultivo hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O experimento foi realizado no departamento de Engenharia Agrícola (Deagri – UFRPE) em Recife-PE, de 6 de outubro de 2014 a 6 de fevereiro de 2015. Este foi desenvolvido em casa de vegetação com dimensões de 7 x 24 x 3 m, coberta com filme de polietileno resistente aos raios UV, e laterais de telas de nylon (50%).

Delineamento experimental

O delineamento foi em blocos ao acaso em fatorial 5 x 2 (cinco níveis de salinidade da solução nutritiva: 2,0; 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹ e duas cultivares de pimentão: Bruno e Rúbia), com cinco repetições, totalizando dez tratamentos e cinquenta parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por duas plantas de pimentão, sendo uma por vaso.

Sistema hidropônico

Foi utilizado o sistema hidropônico com substrato de pó de coco em vasos de polietileno de 8,0 litros. A solução nutritiva foi aplicada nas plantas através de gotejadores do tipo auto compensante com vazão nominal de 4L h⁻¹. As soluções nutritivas referentes a cada tratamento foram armazenadas em reservatórios de 200 litros e distribuídas às plantas através de bombas elétricas do tipo centrífugas (0,5 cv de potência), conectadas as linhas de derivação do sistema.

As plantas foram irrigadas uma vez por dia, obedecendo assim ao manejo racional da cultura do pimentão. Desta forma, ao iniciar a drenagem, a irrigação era imediatamente cessada, sendo o tempo de irrigação determinado por observação do operador, com base no início da drenagem de solução para fora do vaso de cultivo, para cada tratamento.

Transplântio das mudas

As mudas de pimentão utilizada (Bruno e Rúbia - ciclo médio de 110 a 120 dias) foram transplantadas para os vasos aos 35 dias após a sementeira, quando essas tinham seis folhas definitivas (uma planta por vaso), espaçadas 0,5 m entre vasos e 1,0 m entre linhas, obtendo uma densidade de plantio de 20.000 plantas por hectare. As plantas foram mantidas durante os primeiros 15 dias após o transplântio em regime de aclimatação, recebendo de forma manual solução nutritiva recomendada para o cultivo do pimentão, só após esse período, foram iniciados os tratamentos com os níveis de salinidade.

Manejo da solução nutritiva

A solução nutritiva foi preparada utilizando-se a água do poço de abastecimento do Deagri – UFRPE, tendo a mesma, uma condutividade elétrica média de 0,08 dS m⁻¹. Para se obter os tratamentos salinos, exceto o tratamento controle (N1), a água foi salinizada adicionando-se o sal NaCl até atingir CEs médias de 1,5 dS m⁻¹ (N2); 2,5 dS m⁻¹

(N3); 3,5 dS m⁻¹ (N4) e 4,5 dS m⁻¹ (N5). Após este procedimento, os sais da solução nutritiva recomendada por Furlani et al (1999) para o cultivo do pimentão hidropônico foram adicionados as respectivas águas. Assim os tratamentos pós preparo das soluções resultaram em condutividades elétricas médias de: 2,0; 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹, para os níveis N1, N2, N3, N4 e N5, respectivamente.

Segundo recomendação de Furlani et al (1999), para o preparo de 1.000 L da solução de pré-florescimento foram utilizados 750 g de nitrato de cálcio, 450 g de nitrato de potássio, 200 g de fosfato monoamônico (MAP), 400 g de sulfato de magnésio, 25 g de quelato de ferro EDDHA- Fe e 25 g de misturas sólidas de micronutrientes quelatizados por EDTA. Para a solução de frutificação foram utilizados os mesmos fertilizantes da solução de pré-florescimento, adicionando-se o ácido bórico (diluído 25 g do produto sólido em 1L de água e utilizando-se 75 mL dessa solução em 1000L) e 150 g de fosfato monopotássico (MKP).

O monitoramento da solução nutritiva era feito a cada dois dias, durante o ciclo da cultura, através de leituras de pH e CE com o auxílio de um pHgâmetro e um condutivímetro. O pH da solução foi ajustado objetivando mantê-lo na faixa entre 5,0 e 6,0.

Manejo da cultura e colheitas

As plantas foram tutoradas em sistema tipo espaldeira simples, utilizando um cabo de aço a 2,0 m de altura, e fitilhos de nylon a cada 0,3 m, ao longo das linhas de plantio. A cada 3 metros, nas linhas de plantio, foram colocadas estacas de madeira para auxiliar na amarração das plantas, evitando que as mesmas tombassem e conseqüentemente quebrassem o caule. Foram feitas podas de condução do tipo 1-2-4-N, ou seja, após a formação de quatro hastes deixou-se o livre crescimento com o número indeterminado de hastes. A primeira flor, situada na primeira bifurcação, foi eliminada, com o intuito de retardar a produção precoce, conforme recomendação para a cultura do pimentão (FINGER & SILVA, 2005)

Na fase de frutificação, além da solução nutritiva fornecida às plantas de pimentão, estas foram adubadas com adubo foliar a base de cálcio e boro, com o intuito de prevenir possíveis deficiências destes nutrientes nos frutos. A adubação foi realizada quinzenalmente, com o auxílio de um pulverizador costal.

O controle de pragas e doenças foi realizado adotando-se o manejo racional da cultura, no qual se efetuou coletas manuais de insetos-pragas, assim como aplicações preventivas de defensivos agrícolas recomendados para o cultivo do pimentão.

Foram realizadas cinco colheitas, as quais tiveram início aos 63 dias após o transplântio, quando os frutos atingiram máximo crescimento para comercialização, sendo colhidos separadamente em cada parcela e quantificados para as análises de produção.

Dados climáticos

Durante todo o experimento foi coletado dados de temperatura e umidade relativa, através de um sensor de temperatura e umidade da marca Campbell, Modelo HMP45C, conectado a um multiplexador modelo AM16/32B e um datalogger modelo CR1000, ambos da marca Campbell, instalados no centro da casa de vegetação a 2,0 m de altura.

O maior valor registrado de temperatura (Temp max) foi de 36,3°C, o menor (Temp min) atingiu 20,6°C e a temperatura média (Temp med) manteve-se em 27,1°C. Os dados referentes à umidade relativa tiveram a máxima umidade (UR max) em 97,6%, a mínima (UR min) em 42,9% e a média (UR med) em 73,6%, durante o ciclo de cultivo do pimentão.

Análises de biomassa

A massa fresca e seca das folhas (MFF e MSF) foi determinada ao final do experimento, em que as plantas foram colhidas, pesadas em balança analítica, ainda no local (casa de vegetação), identificadas e em seguida encaminhadas para estufa de ventilação forçada, a 65° C até peso constante. A massa fresca e seca dos frutos (MFFr e MSFr) foram determinadas pela média da primeira e última colheita, pesando-se um fruto em balança analítica, por cada parcela dos tratamentos, em seguida foram colocados em estufa (a 65 °C). A produção média de frutos (PMFr) foi determinada pela multiplicação entre o peso médio dos frutos e o número de frutos comerciais colhidos (kg/planta) durante as cinco colheitas realizadas, em kg planta⁻¹.

Análise das trocas gasosas

As trocas gasosas foram estimadas através do Analisador Portátil de Gás Infravermelho (Infra-red Gas Analyzer - IRGA), modelo Li 6400 XT (LI-COR). As leituras procederam-se entre as 10 e 11:30 h da manhã, aos 100 dias após o transplântio (fase de

produção), selecionando, preferencialmente, as folhas localizadas na parte mediana da plantas avaliadas. Foram: avaliadas a taxa de fotossíntese líquida (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a concentração interna de CO_2 (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$) nas folhas do pimentão.

Análises de clorofilas, proteínas solúveis, prolina e atividade enzimática

Para a determinação dos teores de clorofilas proteínas solúveis, prolina e atividade das enzimas antioxidantes, foram coletadas, aos 90 dias após o transplântio, duas folhas totalmente expandidas da parte mediana das plantas, embaladas em papel alumínio e imediatamente imersas em nitrogênio líquido para congelamento rápido. Em seguida essas amostras foram levadas ao Laboratório de Cultura de Tecido Vegetal (LCTV - UFRPE) para procedimento das respectivas análises.

Os teores de clorofila “a”, “b” e total foram determinados com base na metodologia proposta por Arnon (1949). Com o auxílio das equações 1, 2 e 3, nos comprimentos de ondas de 645nm e 663nm de absorbância (A), calculou-se os teores das clorofilas, com os resultados expressos em mg g^{-1} de MF.

$$\text{- Clorofila a} = 12,72A_{663} - 2,59 A_{645} \quad (\text{eq.1})$$

$$\text{- Clorofila b} = 22,88 A_{645} - 4,67 A_{663} \quad (\text{eq.2})$$

$$\text{- Clorofila Total} = 20,2 A_{645} + 8,02 A_{663} \quad (\text{eq.3})$$

A quantificação das proteínas solúveis totais nos extratos foi realizada empregando-se a metodologia descrita por Bradford (1976), sendo o teor protéico das amostras expresso em mg de proteína g^{-1} de MF. O conteúdo de prolina foi determinado segundo o método proposto por Bates et al. (1973), utilizando-se o tolueno como branco. O teor de prolina foi obtido a partir de uma curva padrão com concentrações conhecidas (0, 5, 10, 15, 20 e 25 mg L^{-1} de prolina) e os resultados foram expressos em mg de prolina g^{-1} de MF.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi determinada segundo metodologia de Giannopolitis & Ries (1977) e os resultados expressos em U. SOD mg de $\text{prot}^{-1} \text{min}^{-1}$.

Para a atividade da catalase (CAT), a metodologia utilizada foi a descrita por Beers & Sizer (1952) e os resultados foram expressos em $\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg prot}^{-1} \text{min}^{-1}$.

Por fim, a atividade da ascorbato peroxidase (APX) foi realizada conforme Nakano e Asada (1981) e os resultados expressos em $\text{mol AsA mg prot}^{-1} \text{min}^{-1}$.

Análises estatísticas

Os dados obtidos das variáveis foram submetidos à análise de variância até 5% de probabilidade, pelo teste F. O fator quantitativo dos níveis de salinidade da solução foi analisado estatisticamente por meio da regressão linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biomassa

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,01$) no fator isolado da cultivar de pimentão apenas para a massa fresca dos frutos (MFFr) e produção média de frutos (PMFr). No fator salinidade da solução nutritiva houve significância ($p < 0,01$) para todas as variáveis, exceto para a massa seca dos frutos (MSFr). O efeito significativo da interação entre os níveis de salinidade da solução e das cultivares ($p < 0,05$), observou-se apenas para a massa fresca das folhas (MFF) e produção média de frutos (MFrP), como vê-se na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo da análise de variância, em g planta^{-1} da massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), massa fresca dos frutos (MFFr), massa seca dos frutos (MSFr) e produção média de frutos (PMFr), em kg planta^{-1} , em função da salinidade da solução nutritiva (CEs) e duas cultivares de pimentão (C).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		MFF	MSF	MFFr	MSFr	PMFr
Bloco	4	1357 ^{ns}	44,09 ^{ns}	775,48 ^{ns}	8,16 ^{ns}	0,29 *
CEs	4	53175,75 **	1085,34 **	5407,61 **	11,98 ^{ns}	10,57 **
C	1	3612,5 ^{ns}	87,78 ^{ns}	8929,55 **	7,75 ^{ns}	4,94 **
CEs x C	4	2701,25 *	61,21 ^{ns}	530,41 ^{ns}	1,91 ^{ns}	0,34 *
Erro	36	979,22	32,28	838,35	4,79	0,08
CV (%)	-	11,35	13,95	31,02	31,44	25,92

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F. * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Na análise de regressão observa-se que as variáveis MFF, MSF e MFFr tiveram efeito significativo a 1% de probabilidade, para ambas as cultivares, com decréscimos lineares ajustados pelo modelo (Figura 1A, 1B e 1C). As perdas unitárias de MFF e MSF na cv Bruno foram de 8,9 e 9,2% por dS m^{-1} , respectivamente, e na cv. Rúbia essas perdas para as mesmas variáveis foram de 9,1 e 8,5% por cada dS m^{-1} . A MFFr sofreu efeito semelhante, com a cv. Bruno apresentando decréscimo de 9,6% e a cv. Rúbia com 8,0% por incremento de 1 dS m^{-1} na salinidade da solução nutritiva, mostrando nessas variáveis

a similaridade de respostas a salinidade para as duas cultivares de pimentão. Silva et al. (2013) também encontraram reduções na massa fresca dos frutos de berinjela na ordem de 8,6% por dS m^{-1} na salinidade do solo, acima da salinidade limiar ($1,71 \text{ dS m}^{-1}$). De acordo com Gomez et al. (2006), uma das respostas imediatas ao estresse salino é a redução na taxa de expansão das folhas, ocorrendo também, reduções nas massas fresca e seca em toda a planta. A perda de biomassa nas plantas sob estresse salino é consequência da redução da fotossíntese, devido à inibição da produção de cloroplastos, causada pelo excesso de sais no apoplasto das células foliares (ELOI et al., 2007 e OLIVEIRA et al., 2007).

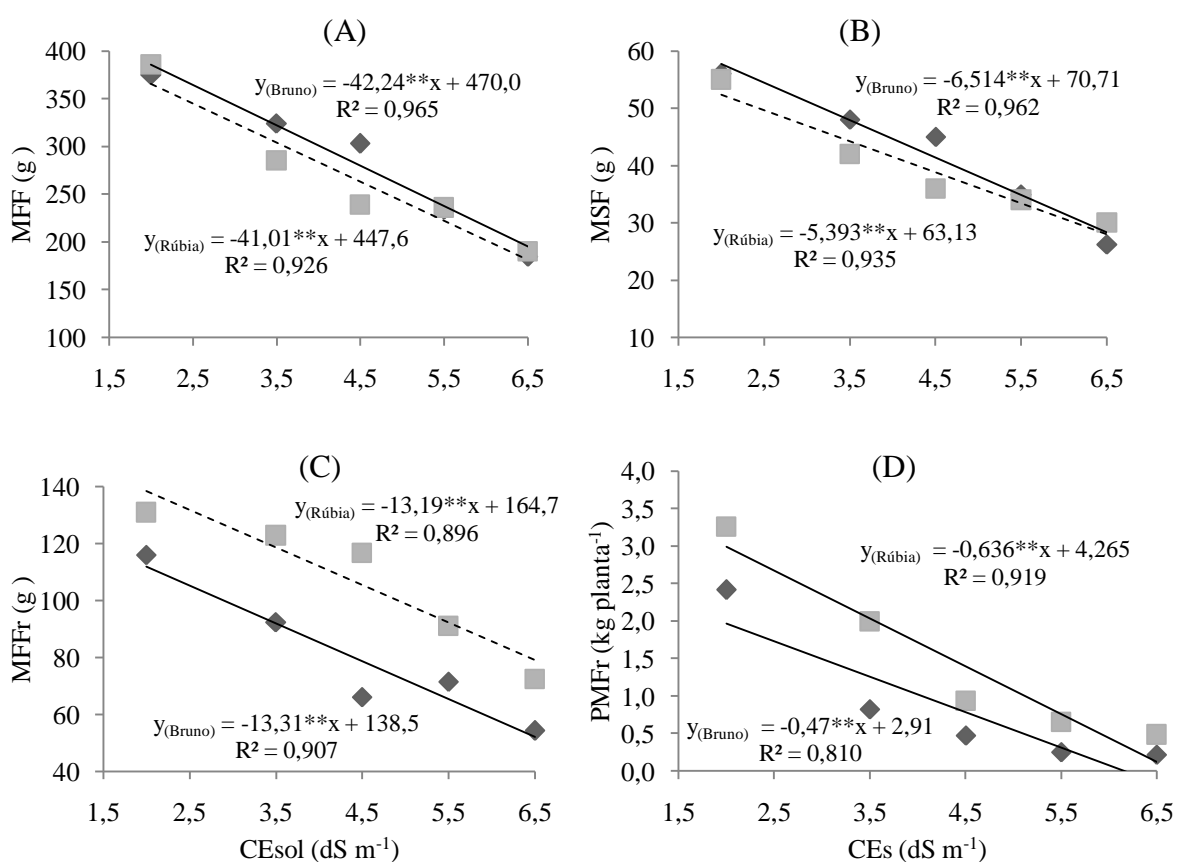


Figura 1. Gráficos de dispersão e equações de regressão para a massa fresca das folhas (A), massa seca das folhas (B), massa fresca dos frutos (C) e produção média de frutos (D) das cultivares Bruno e Rúbia, em função da salinidade da solução nutritiva (CEs).

A PMFr foi afetada pelo aumento progressivo da salinidade, reduzindo de forma linear, com alta significância, para as duas cultivares estudadas (Figura 1D). Os decréscimos unitários na produção média de frutos foram de 12,4 e 11,4% por dS m^{-1} na cv. Bruno e Rúbia, respectivamente. Comparando as plantas que não receberam NaCl ($2,0 \text{ dS m}^{-1}$) com as plantas submetidas ao nível mais elevado de salinidade da solução nutritiva

(6,5 dS m⁻¹), é possível observar decréscimos de 91% para a cv. Bruno e de 85% para a cv. Rúbia. A redução na produção de frutos devido à salinidade quase sempre resulta de uma menor absorção total de água pela planta, que reduz o potencial hídrico nas folhas e conseqüentemente, a expansão da área foliar, responsável pela fotossíntese. Nunes et al. (2013) observaram perdas no rendimento de frutos de pimentão em função da salinidade, nos tratamentos com CE mais elevada (9,2 dS m⁻¹), resultaram em reduções de 65,4, 52,58 e 40,47% na produção de frutos, comparado ao tratamento controle (1,2 dS m⁻¹) aos 24, 85 e 120 dias de exposição a salinidade da solução nutritiva, respectivamente. Conforme Munns & Tester (2008) a redução da produtividade biológica ou econômica é o principal efeito da salinidade sobre a planta, e é geralmente atribuída a vários processos fisiológicos e bioquímicos na célula ou a níveis moleculares.

Trocas gasosas

As trocas gasosas das plantas de pimentão foram afetadas com a evolução da salinidade da solução nutritiva. A análise de variância mostra que houve efeito altamente significativo da salinidade para a condutância estomática (*gs*), fotossíntese líquida (*A*), transpiração foliar (*E*) e concentração interna de CO₂ (*Ci*). Não houve efeito significativo das cultivares até 5% de probabilidade pelo teste F, para todas as variáveis. Quanto à interação entre os fatores, foi encontrado efeito significativo apenas para a *gs*. O bloco não teve influência sobre as trocas gasosas (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância da condutância estomática, em mol de H₂O m⁻² s⁻¹ (*gs*) fotossíntese líquida, em μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹ (*A*), transpiração foliar, em mmol m⁻² s⁻¹ (*E*) e concentração interna de CO₂, em μmol mol⁻¹ (*Ci*), em função da salinidade da solução nutritiva (CEs) e duas cultivares de pimentão (C).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		<i>gs</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>
Bloco	4	0,001 ^{ns}	3,13 ^{ns}	1,57 ^{ns}	370,73 ^{ns}
CEs	4	0,03 ^{**}	49,5 ^{**}	9,65 ^{**}	3344,95 ^{**}
C	1	0,0008 ^{ns}	2,67 ^{ns}	0,19 ^{ns}	61,81 ^{ns}
CEs x C	4	0,0001 [*]	1,12 ^{ns}	0,51 ^{ns}	39,83 ^{ns}
Erro	36	0,002	3,03	1,18	248,06
CV (%)	-	40,88	20,71	31,58	7,01

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F. * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A g_s e A apresentaram decréscimos lineares para as cultivares Bruno e Rúbia (Figura 2A e 2B). Foram observados reduções totais de 63,6 e 41,3% na g_s e A , respectivamente, na cv. Bruno, e de 66,6 e 46,3%, para a cv. Rúbia, para as mesmas variáveis. Flexas et al. (2008), Silveira et al. (2010) e Kusvuran (2012) afirmam que a salinidade elevada da água de irrigação exerce efeito prejudicial no processo de abertura estomática das plantas, e aumenta a resistência à difusão de CO_2 . O fechamento estomático, e a consequente redução do fluxo normal de CO_2 em direção ao sítio de carboxilação é um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese, em plantas cultivadas em condições de salinidade (XU et al., 1994; FREIRE et al., 2014). Sob condições de estresse salino o fechamento parcial dos estômatos é uma estratégia de adaptação das plantas para conservar a água. A consequente baixa condutância estomática é associada à redução da taxa fotossintética (BEZERRA et al., 2005; SILVA et al., 2011; SHAHEEN et al., 2013).

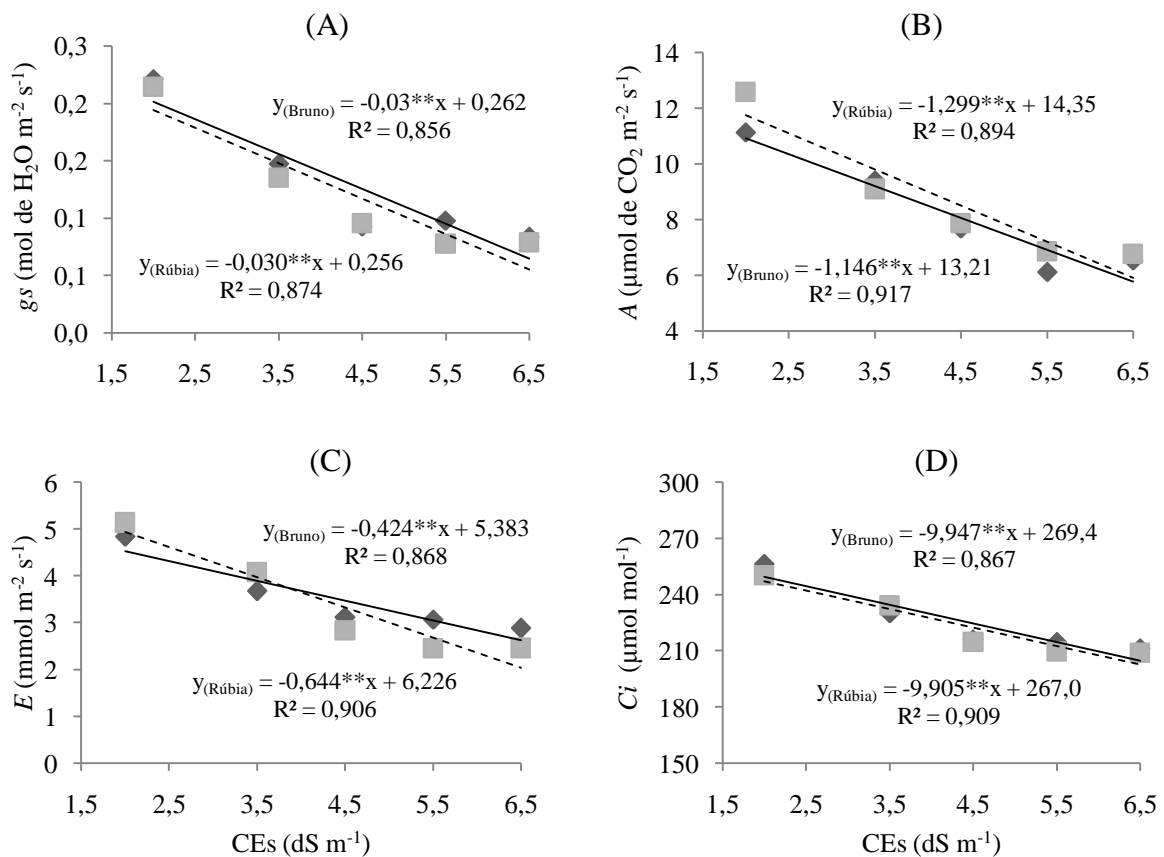


Figura 2. Gráficos de dispersão e equações de regressão para condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B), transpiração foliar (C) e concentração interna de CO_2 (D) no tecido foliar das cultivares de pimentão (Bruno e Rúbia) em função da salinidade da solução nutritiva (CEs).

Em decorrência do fechamento parcial dos estômatos, verificaram-se também, reduções lineares na E (Figura 2C) e na C_i (Figura 2D), para as duas cultivares, em função dos níveis salinos crescentes na solução de cultivo. Os percentuais de decréscimo relativo com o incremento unitário da salinidade foram de 7,8% (cv. Bruno) e 10,3% (cv. Rúbia) na E e de 3,6% (cv. Bruno) e 3,7% (cv. Rúbia) na C_i . Vê-se que, a transpiração segue o mesmo comportamento da condutância estomática, indicando que as plantas de pimentão, quando expostas a condições salinas, fecham parcialmente seus estômatos e, conseqüentemente, reduzem a quantidade de água transpirada. Essa redução pode ser também uma forma de aclimação, que contribui para redução na absorção e transporte de íons tais como o Na^+ e Cl^- para o interior das plantas, reduzindo os efeitos tóxicos desses íons nas células. A C_i refere-se à quantidade de gás carbônico no interior da célula, nas câmaras estomáticas. A redução nesta variável é explicada pelo fechamento estomático nas folhas, reduzindo as trocas gasosas, resultando em economia de água pela redução das perdas para o ambiente externo, mas por outro lado ocorre redução da entrada do CO_2 atmosférico necessários para a fotossíntese.

Teor de clorofilas

A salinidade da solução nutritiva influenciou significativamente ($p < 0,01$) os teores de clorofilas a e total, não houve influencia nos teores da clorofila b , nem efeito dos blocos ($p < 0,05$). Quanto as cultivares de pimentão, houve efeito significativo para as clorofilas a , b e total, de 1 a 5% de probabilidade. Já na interação, as clorofilas não diferiram significativamente até 5% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos teores de clorofila a , b e total (Cf. a , Cf. b e Cf.t), em mg g^{-1} MF, em função da salinidade da solução nutritiva (CEs) e duas cultivares de pimentão (C).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Cf. a	Cf. b	Cf.t
Bloco	4	13,12 *	1,31 ^{ns}	26,83 *
CEs	4	27,14 **	2,93 ^{ns}	40,65 **
C	1	49,39 **	6,22 *	63,54 *
CEs x C	4	6,94 ^{ns}	2,21 ^{ns}	20,98 ^{ns}
Erro	36	3,87	1,37	9,88
CV (%)	-	16,67	17,60	16,93

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F. * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Na Figura 3 pode-se observar que a cv. Bruno apresentou reduções lineares nos conteúdos de clorofilas em virtude do aumento da salinidade. As perdas por incremento unitário da salinidade foram de 6,8; 5,4 e 6,5% por dS m^{-1} , para a Cf.a, Cf.b e Cf.t, respectivamente. Quando considerado do menor nível salino ($2,0 \text{ dS m}^{-1}$) ao mais elevado ($6,5 \text{ dS m}^{-1}$), os decréscimos foram de 34,1% na Cf.a, de 26,1% na Cf.b e de 32,5% na Cf.t.

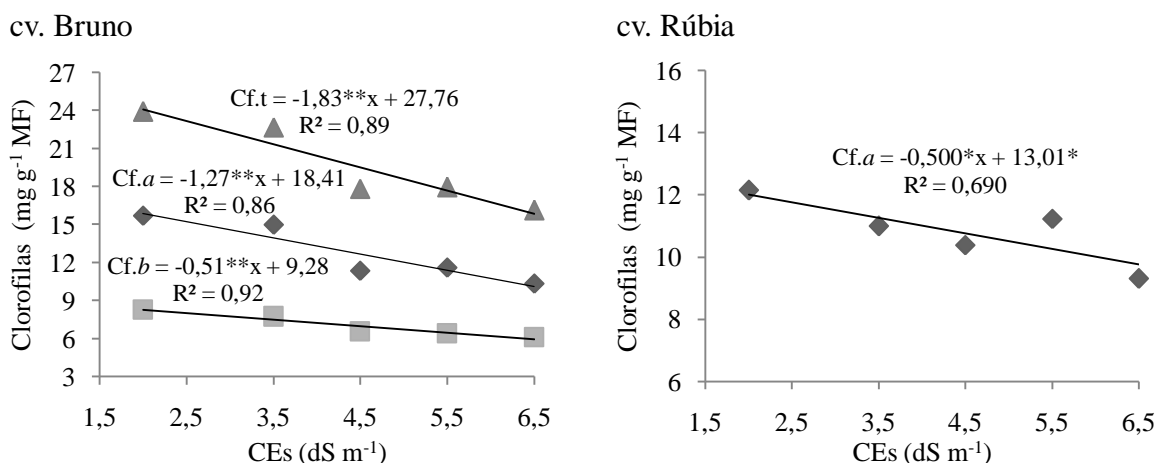


Figura 3. Gráficos de dispersão e equações de regressão para os teores de clorofilas a, b e total (Cf.a, Cf.b e Cf.t) no tecido foliar das cultivares Bruno e Rúbia, em função da salinidade da solução nutritiva (CEs).

Na cv. Rúbia só foi observado decréscimos apenas na Cf.a, chegando a ser de 3,8% por acréscimo unitário da salinidade da solução nutritiva e de 23,3% em relação ao maior nível de salinidade. Os teores médios de Cf.b e Cf.t, foram de 6,31 e 17,44 mg g^{-1} MF, respectivamente, o que mostra melhor aclimação desta cultivar aos níveis de sais da solução nutritiva, em relação aos teores de clorofilas no tecido foliar, quando comparado a cultivar Bruno que obteve perdas significativas. A redução do teor das clorofilas em situações de estresse salino pode ser um mecanismo de defesa por reduzir a captação de energia luminosa e, conseqüentemente, diminuir o fluxo de elétrons para a cadeia de transferência de elétrons, uma vez que a clorofila está altamente reduzida favorece a redução parcial do oxigênio que resulta na formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) (BROSCHÉ et al., 2010). Por outro lado, a degradação da clorofila pode ocasionar uma considerável redução na taxa fotossintética e como conseqüência, redução na produção de frutos (SANTOS et al, 2012), o que foi observado de forma mais acentuada na cultivar Bruno.

Plantas submetidas à elevação dos níveis salinos apresentam repostas variadas quanto aos teores de clorofilas, sendo observado aumento (PAULUS, 2008; MENDES 2009), redução (HUNSCHE et al., 2010; WILLADINO et al., 2011), bem como manutenção dos teores (GOUIAA & KHOUDI, 2015). Particularmente na família Solanaceae os incrementos do nível de sal (50, 100 e 150 mM de NaCl) provocaram redução do conteúdo de clorofila *a* e *b* (SHAHEEN, et al., 2013) em berinjela e em tomate (200 mM de NaCl) ocorreu a manutenção do teor de clorofila total (GOUIAA & KHOUDI 2015). No gênero *Capsicum*, cinco cultivares de “chili pepper” (*Capsicum frutescens* L.) submetidos a níveis crescentes de NaCl (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12g/l), durante 60 dias, apresentaram decréscimo nos teores de clorofila *a* e *b* (ZHANI et al., 2012).

Em “Poblano peppers” (*C. annuum* var. *annuum* L.), considerado moderadamente tolerante à salinidade (RHOADES et al., 1992), foi observada redução dos teores de clorofila *a*, a partir de 100 mM NaCl, e de clorofila *b* a partir de 200. Vale salientar que o experimento foi conduzido durante um período de apenas 30 dias (LOPEZ-AGUILAR et al., 2012). Neste mesmo experimento foi avaliada uma espécie selvagem “Chiltepin pepper” (*C. annuum* var. *glabriusculum*) tendo esta apresentado redução do teor da clorofila *a* apenas a 300 mM NaCl. A redução dos teores de clorofila é atribuída, principalmente, ao incremento da atividade da clorofilase e a dano induzido pelo sal no complexo lipídeo-pigmento-proteína (ZHANI et al., 2012; LOPEZ-AGUILAR et al., 2012).

Proteínas solúveis, prolina e enzimas antioxidantes

Os resultados apresentados na Tabela 4 indicam que houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade, no fator salinidade da solução nutritiva para todas as variáveis. Em relação às diferentes cultivares de pimentão, apenas os teores de PS, PRO e a atividade da APX, foram influenciados por este fator. Observa-se que em todas as variáveis não houve interações entre os fatores, exceto para a APX com significância de 5% de probabilidade na análise de variância, pelo teste F. O bloco teve influência sobre a atividade da SOD e da CAT, apenas.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as proteínas solúveis, (PS), prolina (PRO), superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), em função da salinidade da solução nutritiva (CEs) e duas cultivares de pimentão (C).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		PS	PRO	SOD	CAT	APX
Bloco	4	0,54 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1891,63 ^{**}	1,17 [*]	160,97 ^{ns}
CEs	4	14,91 ^{**}	0,97 ^{**}	2062,58 ^{**}	2,52 ^{**}	2089,98 ^{**}
C	1	3,98 [*]	0,90 ^{**}	100,27 ^{ns}	1,06 ^{ns}	981,73 ^{**}
CEs x C	4	0,27 ^{ns}	0,07 ^{ns}	130,59 ^{ns}	0,3 ^{ns}	9,68 [*]
Erro	36	0,66	0,05	414,72	0,38	102,15
CV (%)	-	18,69	19,16	26,19	43,91	22,15

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F. * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Observa-se na Figura 4A, que em ambas as cultivares de pimentão, o teor de proteínas solúveis decresceu de forma linear em função do aumento dos níveis de sal na solução. Houve decréscimos unitários de 9,1 e 9,6% para a cv. Bruno e cv. Rúbia, respectivamente. Quando comparado a testemunha com o maior nível salino da solução nutritiva, houve decréscimos de 47,2% na cv. Bruno e de até 53,5% na cv. Rúbia. Esses decréscimos podem está relacionados ao retardamento na síntese protéica ou na aceleração de sua degradação que, neste caso, leva ao aumento na quantidade de aminoácidos livres ou à inibição da incorporação destes aminoácidos nas proteínas. A proteólise fornece aminoácidos necessários para a manutenção celular durante distúrbios nutricionais, que podem ser causados pela salinidade (PIZA et al., 2003).

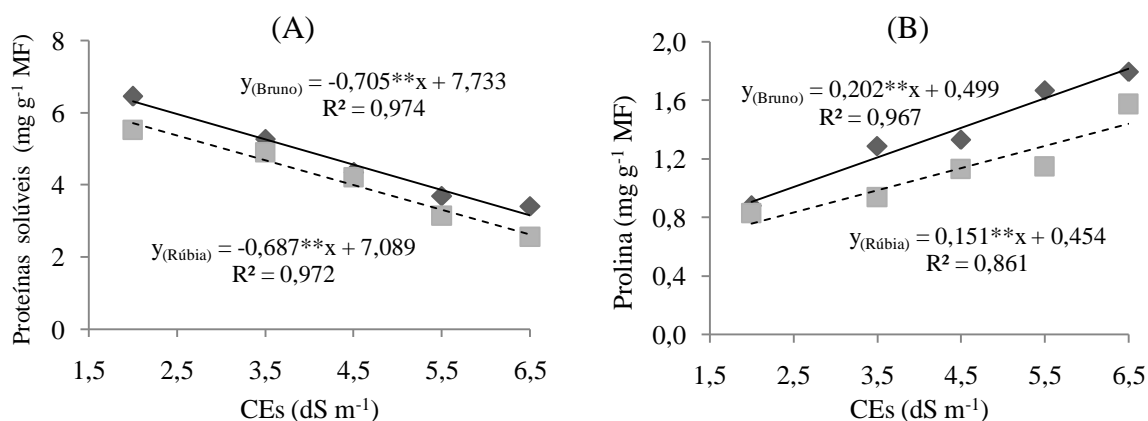


Figura 4. Gráficos de dispersão e equações de regressão para os teores de proteínas solúveis (A) e prolina (B) no tecido foliar das cultivares de pimentão (Bruno e Rúbia) em função da salinidade da solução nutritiva (CEs).

Enquanto o teor de proteínas solúveis diminuiu, o de prolina aumentou nas duas cultivares, com acréscimos de 40,4% na cv. Bruno e de 33,3% na cv. Rúbia, por dS m^{-1} (Figura 4B). O acúmulo de prolina é uma resposta fisiológica comum em plantas expostas a vários estresses abióticos. Este acúmulo pode ser proveniente de síntese “de novo”, diminuição da degradação, menor utilização, ou hidrólise de proteínas. São diversas as interpretações dadas ao acúmulo de prolina em plantas sob estresse salino as quais incluem a reação aos danos causados pelo estresse (LACERDA et al. 2002), proteção contra o excesso de sais (PRAXEDES et al. 2009), aclimatação ao estresse (LIMA, 2014) assim como de tolerância ao estresse (MAIA et al., 2007; SILVA et al., 2008). Mesmo que as funções da prolina na tolerância ao estresse ainda sejam um assunto de debate, é reconhecido que a prolina contribui para a estabilização das estruturas sub-celulares, eliminação de radicais livres por sequestrar o radical hidroxila e desativar o oxigênio singlete por *quenching* físico, e de tamponamento do potencial redox celular (KAUR & ASTHIR, 2015).

Nas figuras 5A, 5B e 5C, vê-se que as atividades das enzimas SOD, CAT e APX seguiram mesma tendência de aumento linear, com o incremento da salinidade, para ambas as cultivares. Esses resultados mostram uma clara resposta das plantas de pimentão ao estresse oxidativo, resultado do aumento da produção das ROS no metabolismo celular.

A atividade da SOD aumentou em 21 e 18% por dS m^{-1} incrementado à solução nutritiva, para as cultivares Bruno e Rúbia, respectivamente (Figura 5A). Variedades de *C. annuum* tolerantes e sensíveis à salinidade quando submetidas ao estresse (75 mM e NaCl 150 mM) apresentaram respostas contrastantes quanto à atividade da SOD. Enquanto o genótipo tolerante, selvagem, apresentou aumento na atividade desta enzima o genótipo sensível, cultivado amplamente na Turquia, apresentou redução (AKTAS et al 2009). A enzima SOD constitui a primeira linha de defesa contra as ROS, catalisando a reação de dismutação do ânion O_2^- em H_2O_2 , influenciando os níveis desses dois principais substratos da reação para a formação de OH^\bullet conforme a reação de Haber-Weiss (MITTLER, 2002; BHATTACHARJEE, 2010). Daí a grande importância da atividade da SOD no metabolismo das plantas, minimizando os efeitos deletérios desses radicais para as moléculas orgânicas.

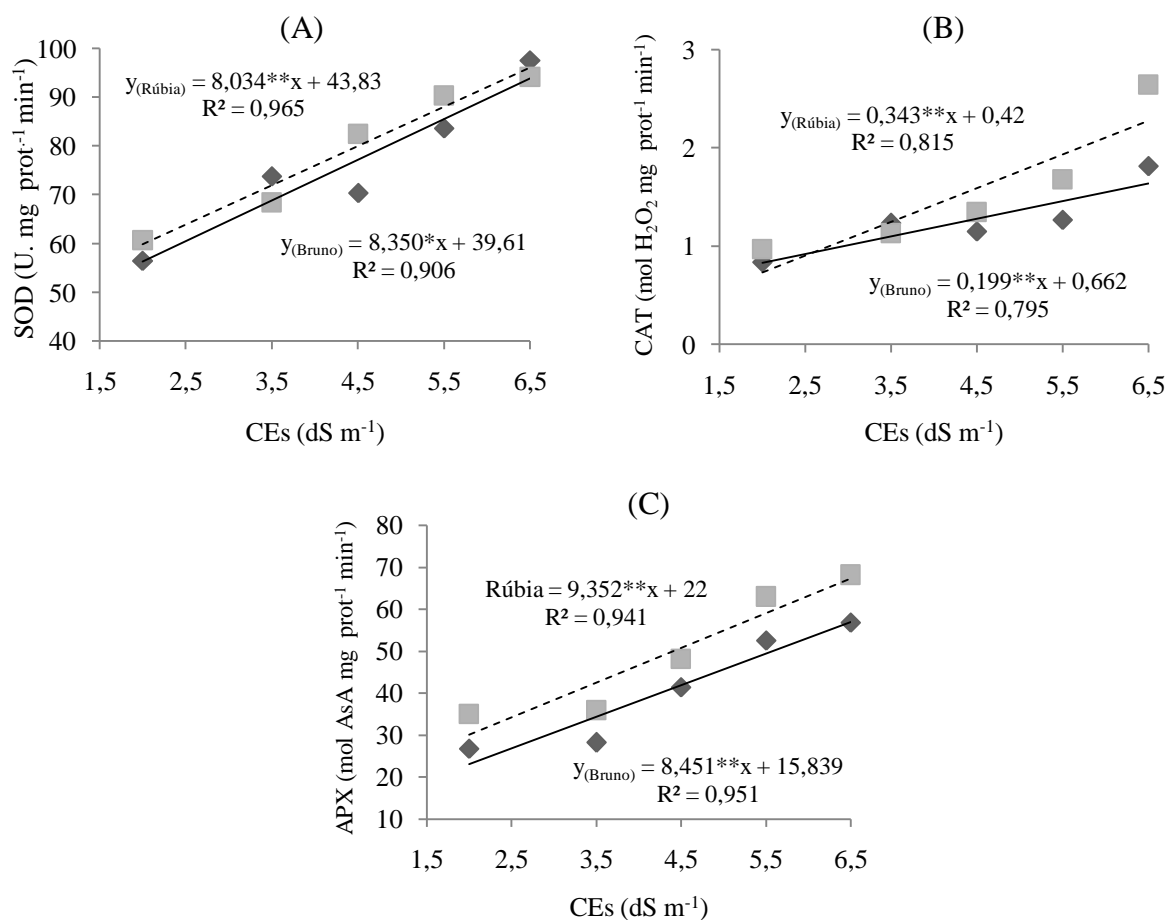


Figura 5. Gráficos de dispersão e equações de regressão para a atividade da superóxido dismutase (A), catalase (B) e ascorbato peroxidase (C) no tecido foliar das cultivares de pimentão (Bruno e Rúbia) em função da salinidade da solução nutritiva (CEs).

A atividade da CAT foi maior na cv. Rúbia, apresentando aumento de 81,6%, por incremento unitário da salinidade, isso é bastante significativo comparado a Bruno que exibiu aumento de 30% na atividade desta enzima (Figura 5B). A maior atividade da CAT na cv. Rúbia favorece a eliminação do H_2O_2 gerada pela SOD bem como pelo H_2O_2 produzido na fotorrespiração favorecendo a eliminação desta ROS. A fotorrespiração é considerada um dreno para o excesso de ATP e NADPH evitando a fotoinibição quando as plantas apresentam os estômatos parcialmente fechados, mas por sua vez este ciclo gera o peróxido de hidrogênio no peroxissomo. A cv. Rúbia, uma planta tipicamente C_3 , apresenta a vantagem sobre a cv. Bruno em função da maior atividade da CAT. Trabalhos realizados com a cultivar Cho Jinda (*Capsicum annuum* L.), também cultivadas em hidroponia, apresentaram, da mesma maneira, aumento da atividade da CAT quando submetido a estresse salino (50 a 200 mM NaCl) (CHOOKHAMPANG, 2011).

CAT e APX pertencem a duas classes diferentes de enzimas em função das suas afinidades pelo H_2O_2 . Assim, enquanto a APX é responsável por uma fina modulação da resposta às ROS, a CAT é provavelmente responsável pela remoção do excesso de ROS durante o estresse (MITTLER, 2002).

A cv. Rúbia apresentou maior atividade da APX em todos os tratamentos, incluindo o tratamento sem adição de NaCl, apesar do aumento unitário para esta cultivar (42,5% por $dS\ m^{-1}$) ser menor que o da cv. Bruno (53,3% por $dS\ m^{-1}$), como se observa na Figura 5C, as plantas com níveis elevados de antioxidantes, quer constitutivos ou induzidos, são referidas como tendo uma maior resistência aos danos oxidativos em uma grande gama de espécies glicófitas. A variabilidade genética dentro de uma espécie é reconhecida como uma ferramenta valiosa para o melhoramento genético para a busca de genótipos com maior tolerância à salinidade (FILKRET et al 2013). As APXs são consideradas uma das enzimas mais importantes na eliminação de H_2O_2 tanto no citosol quanto nos cloroplastos (INZÉ & VAN MONTAGU, 1995).

Trabalhos realizados com berinjela (*Solanum melongena* L.), também da família Solanaceae, demonstraram uma correlação positiva entre o aumento da atividade antioxidante e tolerância ao sal em plantas cultivadas em sistema hidropônico com 150 mM de NaCl, os genótipos de berinjela tolerantes apresentaram um aumento significativo na atividade das enzimas SOD, CAT, APX e glutathione redutase (GR), demonstrando que uma maior atividade enzimática é um mecanismo de defesa eficaz no aspecto da tolerância a condições de estresse (YASAR, et al.). Fikret et al. (2013) em trabalhos realizados com a cultura de calos de berinjela, duas cultivares sensíveis e duas tolerantes, observou-se que as variedades tolerantes apresentaram maior atividade das enzimas SOD, CAT, APX e GR tanto constitutivas quanto induzidas pelo estresse salino. A maior atividade de enzimas sequestradoras do H_2O_2 caracteriza-se como um dos principais fatores na adaptação das plantas frente a condições salinas, pois estas mediam a regulação dos níveis de H_2O_2 , evitando seu acúmulo a níveis tóxicos nas células (HARIR & MITLLER, 2009).

CONCLUSÕES

As variáveis de biomassa de ambas as cultivares foram reduzidas com o incremento da salinidade da solução nutritiva, exceto a massa seca dos frutos;

A cv. Rúbia obteve produção média de frutos superior a cv. Bruno;

O teor de clorofila “a” foi afetado pelo acréscimo da salinidade, sendo a cv. Rúbia menos afetada do que a Bruno.

Houve redução nas trocas gasosas e nas proteínas solúveis, com o aumento progressivo da salinidade da solução nutritiva, independente da cultivar;

Verificou-se incremento nos teores de prolina, assim como na atividade da SOD, CAT e APX, em função do aumento dos níveis de salinidade devido à ativação do mecanismo de defesa contra o estresse salino;

A cv. Rúbia apresentou maior atividade de APX, mesmo no menor nível salino, mostrando-se mais aclimatada ao efeito adverso da salinidade, que a cv. Bruno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETTO A. O.; GOMES C. C. S.; LINS, C. C. V.; BARROS, A. C.; CAMPECHE L. F. S. M.; BLANCO, F. F. Características químicas e salinosodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, p.1640-1645, 2007.

AKTAS, H.; ABAK, K.; CAKMAK, I. Genotypic variation in the response of pepper to salinity. *Scientia e Horticulturae*, v.110, n.3, p.260-266, 2009.

APSE, M. P.; BLUMWALD, E. Na⁺ transport in plants. *FEBS Letters*, v.581, p.2247-2254, 2007.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, n.1, p.1-15, 1949.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água para irrigação, Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, v.39, n.02, p.205-207, 1973.

BEERS, Jr R. F; SIZER I. W. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. *J. Biol.Chem.*, v.195, p.133-140, 1952.

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T; GOMES FILHO, E. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão-precoce sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, suplemento, p.90- 94, 2005.

BHATTACHARJEE, S. Sites of generation and physicochemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell. In: GUPTA, S.D. *Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants*. Enfield: Science Publishers. p.1-30, 2010.

BLAT, S. F.; BRAZ, L. T.; ARRUDA, A. S. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. Horticultura brasileira. v.25, n.3, p.350-354. 2007.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, v.72, p.248-254, 1976.

BROSCHÉ, M. et al. Stress Signaling III: Reactive Oxygen Species (ROS). In: PAREEK, A. et al. Abiotic Stress Adaptation in Plants: Physiological, Molecular and Genomic Foundation. Dordrecht: Springer. Cap.5, p.91-102. 2010.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; HENZ, G. P. Germplasm collection of *Capsicum* spp. Maintained by Embrapa Hortaliças (CNPq). Capsicum and Egg plant Newsletter, v.22, 17-20p. 2003.

CHA-UM, S.; CHUENCHAROEN, S.; MONGKOLSIRIWATANA, C.; ASHRAF, M.; KIRDMANEE, C. Screening sugarcane (*Saccharum* spp.) genotypes for salt tolerance using multivariate cluster analysis. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, v.110, n.1, p.23-33, 2012.

CHOOKHAMPANG, S. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content proline content and antioxidative enzymes of pepper (*Capsicum annuum* L.) seedling. European Journal of Scientific Research, 49 (1), 103-109. 2011.

ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.2, n.1, p.83-89, 2007.

FIKRET, Y.; MANAR, T.; ŞEBNEM, E.; ŞEBNEM, K.; ÖZLEM, U. SOD, CAT, GR and APX enzyme activities in callus tissues of susceptible and tolerant eggplant varieties under salt stress. Research Journal of Biotechnology Vol. 8 (11) November, 2013.

FINGER, F. L.; SILVA, D. J. H. Cultura de pimentas e pimentões. In: FONTES, P. C. R. (Org.). Olericultura: Teoria e prática. Viçosa, MG. UFV, 2005. 434p.

FLEXAS, J. et al. Mesophyll conductance to CO₂: current knowledge and future prospects. Plant, Cell e Environment, v.31, n.5, p.602-628, 2008.

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. 1.ed. Campinas: IAC, 1999. 52p. (Boletim técnico 180).

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. Plant Physiology, v.59, p.309-314, 1977.

GOMEZ, S. R.; WHARMBY, C.; CASTILLO, J. M.; NARANJO, E. M.; LUQUE, C. J.; DECIRE, A.; LUQUE, T.; DAVY, A. J.; FUGUEROA, M. E. Growth and photosynthetic responses to salinity in an extreme halophyte, *Sarcocornia fruticosa*. *Physiologia Plantarum*, v.128, n.1, p.116-124, 2006.

GOUIAA, S.; KHOUDI, H. Co-expression of vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter and H⁺ pyrophosphatase with an IRES-mediated dicistronic vector improves salinity tolerance and enhances potassium biofortification of tomato. *Phytochemistry* 117 (2015) 537–546.

HARIR, Y. & MITTLER, R. The ROS Signaling Network of Cells. In: DEL RIO, L. A. & PUPPO, A. (Ed.). *Reactive oxygen species in plants signaling*. BERLIN, SpringerVerlag, cap.10, p.165-174, 2009.

HUNSCHE, M. et al. Effects of NaCl on surface properties, chlorophyll fluorescence and light remission, and cellular compounds of *Grewia tenax* (Forssk.) Fiori and *Tamarindus indica* L. leaves. *Plant Growth Regulation*, v.61, n.03, p.253-263, 2010.

INZÉ, D.; VAN MONTAGU, M. Oxidative stress in plants. *Current Opinion in Biotechnology*, v.6, n.2, p153-158, 1995.

KAHLAOU, B.; HACHICHA, M.; REJEB, S.; REJEB, M. N.; HANCHI, B.; MISLE, E. Response of two tomato cultivars to field-applied proline under irrigation with saline water: Growth, chlorophyll fluorescence and nutritional aspects. *Photosynthetica*, Czech Republic, v. 52, n. 3, p. 421-429, 2014.

KAUR, G.; ASTHIR, B. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. *Biologia Plantarum* 59 (4): 609-619, 2015.

KHOLOVA, J.; SAIRAM, R. K.; MEENA, R. C. Osmolytes and metal ions accumulation, oxidative stress and antioxidant enzymes activity as determinants of salinity stress tolerance in maize genotypes. *Acta Physiologia e Plantarum*, Heidelberg, v.32, p.477-486, 2010.

KUSVURAN, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). *African Journal Agricultural Research*, v.7, n.5, p.775-781, 2012.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, v.49, p.107-120, 2002.

LIMA, B. L. C. Respostas fisiológicas e morfológicas na produção de mudas de coqueiro anão irrigado com água salina. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Fortaleza, 2014.

LÓPEZ-AGUILAR, R.; MEDINA-HERNÁNDEZ, D.; ASCENCIO-VALLE, F.; TROYO-DIEGUEZ, E.; NIETO-GARIBAY, A.; ARCE-MONTOYA, M.; LARRINAGA-MAYORAL, J. A.; GÓMEZ-ANDURO, G. A. Differential responses of Chiltepin (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) and Poblano (*Capsicum annuum* var. *annuum*) hot

peppers to salinity at the plantlet stage. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(11), pp.2642-2653, 7 February, 2012.

MAIA, P. S. P.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CASTRO, D. S.; FREITAS, J. M. N.; LOBATO, A. K. S.; COSTA, R. C. L. Conteúdo relativo de água, teor de prolina e carboidratos solúveis totais em folhas de duas cultivares de milho submetidas a estresse hídrico. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, supl. 2, p.918-920, 2007.

MENDES, B. S. S.; Efeitos Fisiológicos e Bioquímicos do Estresse salino em ananás *porteanus hort veitch ex c. Koch*. 50f. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2009.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, v.9, p.405-410, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, n.1, p.651-681, 2008.

NAKANO, Y.; ASADA, K. hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidases in spinach chloroplast. *Plant Cell Physiol.*, v.22, p.867-880, 1981.

NETONDO, G. W., ONYANGO, J. C., BECK, E. Sorghum and salinity.II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Sci.* 44: 806-11. 2004.

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, Mossoró*, v.26, n.4, p.48-53, 2013.

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

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

PATADE, V. Y.; BHARGAVA, S.; SUPRASANNA, P. Salt and drought Tolerance of sugarcane under isosmotic salt and water stress: growth, osmolytes accumulation, and antioxidant defense. *Journal of Plant Interactions*, v.6, n.4, 2011.

PAULUS, D. Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas. p 267. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2008.

PIZA, I. M. T.; LIMA, G. P. P.; BRASIL, O. G. Atividade de peroxidase e concentrações de proteínas em plantas de abacaxizeiro micropropagadas em meio salino. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.9, n.4, p.361-366, 2003.

PRAXEDES, S. C.; FERREIRA, T. M.; GOMES FILHO, E. Acúmulo de prolina e aminoácidos em cultivares de feijão caupi com tolerância diferencial à salinidade. Revista Caatinga, v.22, n.3, p.211-214, 2009.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino. In: GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; DIAS, N. S. (Ed). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, Cap. 10, p. 143-159. 2010.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. The use of saline waters for crop production. Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48).

SANTOS, A. N. SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; BARNABÉ, J. M. C.; ROLIM, M. M.; DANTAS, D. C. Yield of cherry tomatoes as a function of water salinity and irrigation frequency. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.20, n.2, p.107-112, 2016.

SANTOS, D. B.; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.; CANO, M. A. O. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. Volumen 30, Nº 2, p. 69-74. IDESIA (Chile), mayo-agosto, 2012.

SHAFI, M., J. BAKHT, RAZIUDDIN AND G. ZHANG. The genotypic difference in inhibition of Photosynthesis and Chlorophyll fluorescence by salinity and cadmium stresses in Wheat. Salinity. J. Plant Nutrition, 34: 315-323. 2011.

SHAHEEN, S.; NASEER, S.; ASHRAF, M.; AKRAM, N. A. Salt stress affects water relations, photosynthesis, and oxidative defense mechanisms in *Solanum melongena* L. Journal of Plant Interactions, 8:1, 85-96. 2013.

SILVA, E. C. R.; NOGUEIRA, J. M. C.; ARAUJO, F. P.; AZEVEDO-NETO, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu. Environmental and Experimental Botany, v.63, n.1, p.147-157, 2008.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; 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. M.; LIMA, C. J. G. S.; DUARTE, S. N.; BARBOSA, F. S.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. Revista Ciência Agronômica, v.44, n.1, p.150-158, 2013.

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.

SZABADOS, L. SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional amino acid. Trends in Plants Science, Netherlands, v.15, n.2, p.89-97, 2010.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. *Annals of Botany*, v.91, p.503-527, 2003.

VILLAS BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; DUENHAS, L. H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia: Jaboticabal: Funep, 2002. 65p.

WILLADINO, L.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; SILVA JUNIOR, E. A.; GOUVEIA NETO, A.; CAMARA, T. R. Estresse salino em duas variedades de cana-de-açúcar: enzimas do sistema antioxidativo e fluorescência da clorofila. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.2, p.417-422, 2011.

XU, H. L.; GAUTHIER, L.; GOSSELIN, A. Photosynthetic responses of greenhouse tomato plants to high solution electrical conductivity and low soil water content. *Journal of Horticultural Science*, 69:821-832. 1994.

YAŞAR, F. AND ELLIALTIOĞLU, Ş. Antioxidative responses of some eggplant genotypes to salinity stress, *Yuzuncu Yil University J. Agricultural Sciences* (in press).

ZHANI, K.; MARIEM, B. F.; FARDAOUS, M.; CHERIF, H. Impact of salt stress (NaCl) on growth, chlorophyll content and fluorescence of Tunisian cultivars of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, Vol.8. n.4, pp. 236-252. 2012.