

DANO NA MEMBRANA CELULAR E PIGMENTOS CLOROFILIANOS DE CITROS SOB ÁGUAS SALINAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA

JÔNATAS RAULINO MARQUES DE SOUSA¹; HANS RAJ GHEYT²; MARCOS ERIC BARBOSA BRITO³; FRANCISCO DE ASSIS FRANÇA DANTAS DA SILVA⁴ E GEOVANI SOARES DE LIMA⁵

¹ Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande, PB, Brasil, jonatasraulyno@gmail.com;

² Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Rua Rui Barbosa, 710 - Centro, Cruz das Almas, BA, Brasil, hans@pq.cnpq.br;

³ Centro de Ciências Agrárias do Sertão, Universidade Federal de Sergipe, UFS, Rodovia Engenheiro Jorge Neto km 3 - Silos, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil, marcoseric@ufs.br

⁴ Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Rodovia BR 079 Km 12, Areia, PB, Brasil, franciscocodeassis1395@hotmail.com.

⁵ Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande, PB, Brasil, geovanisoareslima@gmail.com.

1 RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o dano à membrana celular e os teores de clorofila de combinações copa-porta-enxerto de citros em função da irrigação com águas de diferentes salinidades e adubação nitrogenada. Para tanto, realizou-se dois experimentos concomitantes, usando-se lisímetros de drenagem. No Experimento I estudou-se em blocos casualizados com três repetições um esquema fatorial (5x3), cinco níveis de salinidade da água (CEa) (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹), e três combinações de copa/porta-enxerto (PE1-TSKC x TRENG-256; PE2 - LCRC e PE3 - TSKC x LCRC x *P. trifoliata* (TR)-059) tendo laranjeira 'Mimo do céu' como copa. No Experimento II estudou-se a aplicação da dose de 200% de nitrogênio recomendada em plantas irrigadas com águas de CEa de 3,0 dS m⁻¹, sendo os resultados comparados aos obtidos nas plantas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ sob adubação nitrogenada a 100% da recomendação do Experimento I, formando um fatorial (3x2), correspondentes a três combinações copa/porta-enxerto e duas doses de nitrogênio, com três repetições cada. As plantas enxertadas no limoeiro Cravo 'Comum' possuem as melhores médias para o teor relativo de água e para o extravasamento de eletrólitos, porém, com base nessas variáveis, são as mais sensíveis à salinidade. O PE1 (TSKC x TRENG - 256) foi o genótipo mais tolerância com base no teor relativo de água e no extravasamento de eletrólitos. O estresse salino reduziu os teores dos pigmentos clorofilianos das plantas cítricas. O dano celular foi reduzido quando se aplicou maior quantidade de nitrogênio.

Palavras-chave: *Citrus* spp.. Bioquímica. Estresse salino. Laranja 'mimo do céu'.

SOUSA, J. R. M. de.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; SILVA, F. de A. F. D. da.; LIMA, G. S. de.

DAMAGE IN CELL MEMBRANE AND CHLOROPHYLLIAN PIGMENT OF CITRUS UNDER SALINE WATER AND NITROGEN FERTILIZATION

2 ABSTRACT

In order to evaluate the cell membrane damage and the chlorophyll content of citrus scion-rootstock combinations under irrigation with saline water and nitrogen fertilization, two concomitant experiments in drainage lysimeters were performed. In Experiment I, five levels of saline water $-EC_w$ (0.6; 1.2; 1.8; 2.4; 3.0 $dS\ m^{-1}$) applied to three combinations of scion-rootstock (PE1-TSKC x TRENG-256; PE2 - LCRC and PE3 - TSKC LCRC x *P. trifoliata* - 059) with 'Mimo-do-céu' orange as scion were analyzed in a randomized block design with three replications in a 5 x 3 factorial scheme. In Experiment II the application of 200% of recommended nitrogen dose were applied in plants irrigated with $EC_w = 3.0\ dS\ m^{-1}$ and results were compared to those obtained from plants irrigated with 100% recommended nitrogen fertilization of the first experiment, in factorial arrangement 3 x 2, corresponding to three combinations of scion-rootstock and two nitrogen levels, with three replications. The plants grafted with 'Rangpur Common' lime presented the best results for the relative water content (TRA) and electrolyte leakage, however, based on these variables, they are the most sensitive to salinity. The PE1 (TSKC x TRENG - 256) is the genotype that provides higher tolerance based on the TRA and the electrolyte leakage. Saline stress reduced levels of chlorophyllian pigments of citrus. Cellular damage was reduced when higher amounts of nitrogen are applied.

Keywords: *Citrus* spp. Biochemistry. Salinity stress. 'mimo-do-céu'.

3 INTRODUÇÃO

No mundo, são produzidos atualmente, cerca de 69,5 milhões de toneladas de laranja, em uma área de 3.912.781 ha (FAO, 2013); deste total, o Brasil contribui com cerca de 26%, o que lhe confere o título de maior produtor mundial, proporcionando um movimento maior que três bilhões de dólares por ano. Atualmente, o país possui uma área plantada de 738,658 mil ha, com manutenção de 500 mil empregos diretos, sendo produzidos mais de 15 milhões de toneladas de laranja (IBGE, 2017).

O Nordeste, com área colhida, quantidade produzida e rendimento médio de respectivamente 125.803 ha, 1.751.295 t de frutas e 13,9 $t\ ha^{-1}$, é a região que responde por 10,77% da produção nacional de laranja doce (IBGE, 2017). O Estado da Paraíba participa apenas com 0,025% da produção nacional, com uma área colhida de 949 ha, 4.393 t de frutos colhidos e rendimento de 4,63 $t\ ha^{-1}$, este fato é passível de ser atribuído ao estresse hídrico ocasionado durante boa parte do ano, em razão do longo período de estiagem, sendo necessária à utilização da irrigação para garantir as atividades agrícolas nessa região, e melhorar o crescimento e a produtividade de pomares (BRAZ et al., 2009; SOARES et al., 2015). Além disso, o manejo inadequado da irrigação aliado ao uso de águas com alta concentração de sais, promove aumento no risco de salinização dos solos e, conseqüentemente, redução na produtividade das culturas.

Frequentemente é reportada na literatura a sensibilidade de diversos genótipos de citros à salinidade e, conforme Singh, Saini e Behl (2003), que possuem salinidade limiar de 2,0 $dS\ m^{-1}$, no extrato de saturação do solo, valores acima reduzem o crescimento e provocam alterações fisiológicas (FERNANDES et al., 2011; SILVA et al., 2014), devido à redução hídrica, fitotoxicidade iônica específica, desequilíbrio de íons ou pela combinação de todos (HABIBI; AMIRI, 2013). Todavia, a intensidade com que esses efeitos afetam o crescimento

e o desenvolvimento das plantas depende de outros fatores, como: espécie, cultivar, estágio de desenvolvimento da cultura, tipos dos saís, intensidade e duração do estresse, manejo cultural, qualidade da água de irrigação e condições edafoclimáticas (MUNNS; TESTER, 2008).

Para Brito et al. (2014a) a tolerância à salinidade nos citros deve ser avaliada considerando-se a combinação copa-porta-enxerto em que o mesmo evidencia a importância do porta-enxerto em detrimento da copa. Neste sentido, temos como alternativa, para viabilizar o uso de águas salinas na citricultura, a utilização de espécies/genótipos tolerantes, capazes de produzir rendimentos economicamente viáveis (BRITO et al., 2014b; SYVERTSEN; GARCIA-SANCHEZ, 2014). Outra alternativa que surge, é o fornecimento de nitrogênio na forma nítrica acima da dose recomendada, que pode contribuir com a homeostase osmótica e iônica e favorecer a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Além disso, a adubação com nitrogênio na forma NH_4^+ pode contribuir para uma maior absorção de NO_3^- , haja vista que grande parte do nitrogênio é absorvida preferencialmente, sob a forma inorgânica nítrica (N-NO_3^-) e, devido ao balanço de cargas, a absorção de ânions pode promover a homeostase iônica no metabolismo vegetal. Tal situação é comumente observada nos solos halomórficos por apresentarem condições adversas para as bactérias nitrificantes transformarem o amônio em nitrato e devido aos elevados teores de cloreto encontrados nesses solos. Resultados neste sentido têm sido observados em pesquisas com mamoneira (SOARES et al., 2012; LIMA et al., 2014) e com girassol (NOBRE et al., 2011; NOBRE et al., 2014), porém, de forma incipiente.

Deste modo, objetivou-se avaliar o dano à membrana celular e os teores de pigmentos clorofilianos de combinações copa/porta-enxerto de citros irrigados com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Realizaram-se, concomitantemente, dois experimentos instalados em ambiente protegido (telado, sem cobertura plástica), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, vinculada ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-PB, cujas coordenadas geográficas são: 7° 15' 18" S, 35° 52' 28" W e altitude média de 550 m.

4.1 Experimento I

Utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados, estudou-se, em esquema fatorial (5 x 3), cinco níveis de salinidade da água, sendo: S1 - água com condutividade elétrica (CEa) de 0,6 (testemunha); S2 - 1,2; S3 - 1,8; S4 - 2,4 e S5 - 3,0 dS m^{-1} , aplicados em três combinações copa/porta-enxerto, descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Combinações de copa/porta-enxerto estudadas. Campina Grande - PB, 2014.

Copa	Porta-enxerto*
Laranjeira “Mimo do Céu”	PE1 - TSKC (Tangerineira ‘Sunki Comum’ (<i>Citrus sunki</i> (Hayata) hort. ex Tanaka)) x TRENG (<i>Poncirus Trifoliata</i> ‘English’) – 256
	PE2 - LCRC (Limoeiro Cravo ‘Comum’ (<i>Citrus limonia</i> L. Osbeck))
	PE3 - TSKC x (Limão Cravo (LCR) x <i>Poncirus Trifoliata</i> (TR)) – 059.

* Oriundos do Programa de Melhoramento Genético de Citros (PMG – Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

4.2 Experimento II

Consistiu do incremento na aplicação de adubação nitrogenada visando atenuar os efeitos da salinidade nas plantas que estavam sob a condição de maior condutividade elétrica da água. Para tanto, aplicou-se, em plantas irrigadas com água de CEa de 3,0 dS m⁻¹, 200% da recomendação de adubação nitrogenada proposta por Novais, Neves e Barros (1991) (100 mg kg⁻¹ de solo), para ensaios em ambientes controlados, sendo os dados obtidos comparados com os resultados relativos às plantas que recebiam água de 3,0 dS m⁻¹ do Experimento I, onde a adubação nitrogenada correspondeu a 100% da recomendação de Novais, Neves e Barros (1991). Desta maneira, formou-se um fatorial (3 x 2), sendo três combinações de copa/porta-enxerto x duas doses de nitrogênio. A fonte de nitrogênio utilizada foi à ureia (45% de N).

4.3 Condução dos experimentos

Os estudos foram realizados em plantas de dois anos de transplante, abrangendo o período entre a floração e a primeira produção comercial, compreendido entre 30 de julho a 30 de dezembro de 2013 (150 dias).

Para ambos os experimentos foram utilizados lisímetros de drenagem com dimensões de 0,70 m de altura e 0,57 m de diâmetro, com capacidade de 150 L, os quais foram distribuídos em fileiras simples, usando-se o espaçamento de 1,50 m entre fileiras e 1 m entre plantas. No preenchimento dos lisímetros, usou-se uma camada de 0,10 m de brita nº 0, seguida por uma camada de areia de 0,10 m, com objetivo de facilitar a drenagem da água excedente da irrigação e, logo acima, foi adicionada uma camada de 0,40 m de material de solo, correspondendo a uma massa de 200 kg de um solo e 38 kg de mistura de solo e 4,76 kg de húmus (2% do peso total de solo). Deixaram-se 0,10 m livres na superfície do vaso para facilitar o manejo da irrigação e tratos culturais.

O solo utilizado foi classificado como Neossolo Regolítico Eutrófico franco-arenoso não salino e não sódico, sendo retirado de uma camada de 0 – 0,30 m, proveniente do distrito de São José da Mata, Campina Grande, PB, cujas características físico-hídricas e químicas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Propriedades físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento. Campina Grande, PB, 2014.

Características físico-hídricas									
Areia	Silte	Argila	Casse	ds	dp	α	PS	CC	PM
-----g kg ⁻¹ -----				--kg dm ⁻³ --		%	%	-----%Peso-----	
734	168	98	F.A	1,42	2,81	49,47	19,67	14,38	2,5
Complexo sortivo									
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺	Al ³⁺ +H ⁺	M.O.	N	P
-----cmol _c kg ⁻¹ -----							g kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹
1,88	3,13	1,64	0,06	0,00	0,00	0,00	33	0,06	8,79
Extrato de saturação									
pHes	CEes	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS
dS m ⁻¹		-----mmol _c dm ⁻³ -----						(mmol _c dm ⁻³) ^{0,5}	
4,72	0,66	1,62	3,13	1,82	0,74	2	0	1,4	1,18

F.A. = Franco arenoso; α = porosidade total; PS = percentagem de saturação; CC = capacidade de campo; PM = ponto de murcha; CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação; *RAS = razão de adsorção de sódio.

Durante o período de condução do experimento, as adubações com N, P e K foram baseadas nas recomendações de Novais et al. (1991) para ensaios em ambientes controlados, sendo as aplicações realizadas mensalmente, conforme exposto na Tabela 3. Para o suprimento de micronutrientes, foram realizadas duas aplicações foliares, uma no início da floração e a outra no início da fase de produção, com o fertilizante comercial Albatroz, composto por: P₂O₅-17%; K₂O-35%; MgO-3%; Ca-0,10%; B-0,02%; Cu-0,02%; na dose de 1 g L⁻¹. A fertilização de nitrogênio adicional nas plantas do Experimento II foi sempre realizada 15 dias após a adubação de cultivo de 100%, ou seja, os outros 100% restantes foram aplicados após passados 15 dias da adubação de recomendação.

Tabela 3. Adubação durante o período de estudo. Campina Grande. 2014.

	Nitrogênio (N)	Fosforo (P)	Potássio (K)
Recomendação (g kg ⁻¹ de solo)	0,1	0,3	0,15
Fonte do adubo	Ureia	MAP*	K ₂ SO ₄
Adubação (g por lisímetro)	21,5	121,1	72,2
Quant. por aplicação mensal (g)	1,8	10,1	6,1

(*) Mono amônio fosfato

As águas com as diferentes CEa foram preparadas pela dissolução do sal comercial - NaCl (sem iodo) na água de abastecimento, conferindo-se os valores com um condutivímetro de bancada, que teve a condutividade ajustada na temperatura de 25 °C. As irrigações foram efetuadas de acordo com a necessidade hídrica das plantas, com turno de rega variando entre dois e três dias, com base no consumo de água das plantas determinado pelo balanço hídrico, procedendo-se pela subtração do volume aplicado e o volume drenado na irrigação anterior, sendo acrescida uma fração de lixiviação (FL) de 0,10.

Ao final do período de estudo foram determinadas, em ambos os experimentos, o Teor Relativo de Água (TRA), o Extravasamento de Eletrólitos e os Teores de Pigmentos Fotossintéticos, conforme metodologias descritas a seguir.

Para determinar o TRA foram coletadas duas folhas referentes a cada tratamento e imediatamente pesadas em balança com precisão de 0,001g (P1) e depois colocadas para hidratar durante 24 h, em sacos plásticos contendo 200 mL de água destilada; foram, então, pesadas (P2) novamente e postas em estufa de ventilação de ar a 65 °C por 48h, para obtenção do peso da matéria seca (P3). O TRA foi calculado utilizando-se a metodologia de Weatherley (1950) conforme a seguinte equação: $[\text{TRA} = (P1 - P3)/(P2 - P3) \times 100]$; enfim, as coletas foram realizadas por volta das 6h da manhã, de modo a reduzir o efeito da radiação e da temperatura.

Estudou-se a integridade da membrana celular pelo extravasamento de eletrólitos, quando foram retirados, por unidade experimental, dez discos foliares de área 2,8 cm² cada, com auxílio de um perfurador de ferro, os quais foram lavados e acondicionados em erlenmeyer contendo 50 mL de água destilada. O erlenmeyer foi fechado com papel alumínio e mantidos em temperatura de 25 °C por 90 minutos. Após este período, a condutividade elétrica inicial no meio foi medida (Xi) usando-se um condutivímetro de bancada (mCA150, MS Techonopon®). Em seguida, os erlenmeyers foram submetidos à temperatura de 90 °C, durante 90 minutos, em estufa de secagem (SL100/336, SOLAB®) e a condutividade elétrica medida novamente (Xf). O extravasamento de eletrólitos foi expresso como a porcentagem de condutividade inicial em relação à condutividade elétrica após o tratamento por 90 minutos a 90 °C: $[(Xi/Xf) \times 100]$ (SCOTTI-CAMPOS et al., 2013).

A estimativa dos pigmentos fotossintéticos seguiu o método de Lichtenthäler (1987). A extração da clorofila foi realizada em recipientes contendo 6 mL de acetona (80%) e um disco foliar com peso conhecido de área de 2,8 cm², os quais foram mantidos no escuro e em refrigerador durante 48 horas, devido à grande oxidação que as folhas de citros sofrem. Os discos foliares foram coletados às 6h da manhã, a quantificação dos teores de clorofila *a* e *b* e de carotenoides foram procedidos por espectrofotometria de emissão a 663, 645 e 470 nm, respectivamente, por meio das equações a seguir, em que *A* é a absorbância no comprimento de onda utilizado e os valores foram expressos em g m⁻²; ressalta-se que a determinação da clorofila total foi realizada pelo somatório das clorofilas *a* e *b*:

$$\text{Clorofila } a = (12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645})$$

$$\text{Clorofila } b = (22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663})$$

$$\text{Clorofila total} = \text{Clorofila } a + \text{Clorofila } b$$

$$\text{Carotenoides totais} = (1000 \times A_{470} - 1,82 \text{ Chl } a - 85,02 \text{ Chl } b) / 198$$

Os resultados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F' em nível de 0,05 de probabilidade, nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial (linear e quadrática) para o fator 'salinidade da água de irrigação', por possibilitarem o melhor entendimento agrônômico, e o teste de comparação de médias (Tukey em nível 0,05 de probabilidade) para o fator porta-enxerto utilizando do software estatístico SISVAR (Lavras, MG) (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento I: Salinidade nas combinações de copa/porta-enxertos

Verificou-se interação significativa ($p < 0,05$) entre a salinidade da água de irrigação (CEa) e os diferentes porta-enxertos nas variáveis teor relativo de água (TRA) e extravasamento de eletrólitos (ExTrav) e, de forma isolada ($p < 0,01$), para salinidade nos teores de clorofila *a*, *b*, Total e carotenoides (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA) (%), extravasamento de eletrólitos (ExTrav) (%), teores de clorofila *a* (CLa) (g m^{-2}), *b* (CLb) (g m^{-2}), total (CLTOT) (g m^{-2}) e carotenoides (CAT) (g m^{-2}), em função da salinidade da água (Sal) e porta-enxertos (PE) de citros enxertados com a laranja “Mimo do Céu” (*Citrus sinensis* OSBECK var. Mimo) aos 150 dias após início de floração. Campina Grande, PB, 2014

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		TRA	ExTrav	CLa	CLb	CLTOT	CAT ¹
Salinidade (Sal)	4	392,33**	61,41**	0,16**	0,39**	1,01**	0,56*
Reg. Linear		1563,14**	236,29**	0,48**	1,52**	3,71**	2,2**
Reg. Quadrática		1,94 ^{ns}	0,001 ^{ns}	00,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Porta-enxerto (PE)	2	27,44**	11,35**	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,3 ^{ns}
Sal x PE	8	8,89*	3,86*	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Bloco	2	5,85	0,01	0,02	0,003	0,03	0,06
Resíduo	28	3,19	1,53	0,02	0,04	0,09	0,14
CV		2,19	10,08	18,35	17,44	15,88	15,69

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$. ¹Análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{x} .

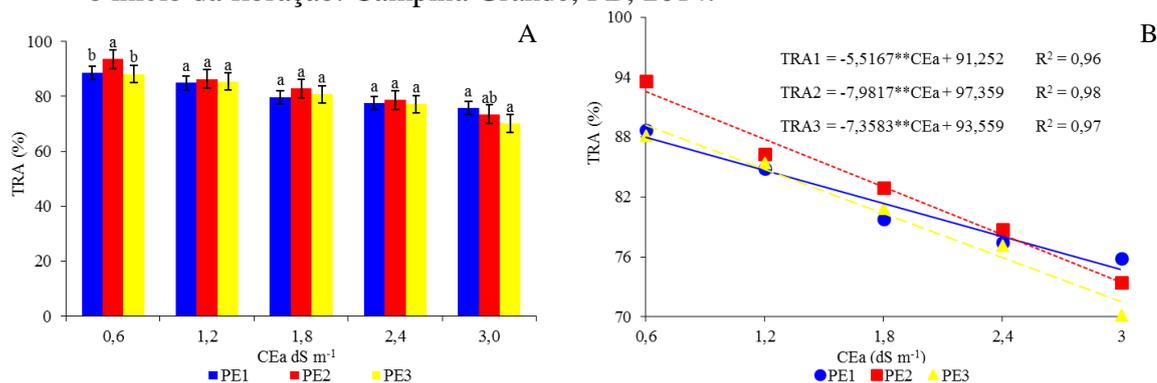
A salinidade afeta as plantas cítricas das seguintes maneiras: pelo estresse osmótico, de íons tóxicos e desequilíbrio nutricional, ocasionado pela elevada concentração de íons de sódio e cloreto e, ainda, pelo efeito combinado desses fatores (HUSSAIN et al., 2012). As elevadas concentrações de sais na solução do solo exercem efeito sobre o potencial osmótico e reduz a disponibilidade de água livre, fazendo com que a planta desprenda maior energia para extrair água do solo e, assim, tentar manter sua turgescência, o que pode implicar em redução no seu crescimento, fato que pode ser estudado pelo teor relativo de água nas folhas.

Em adição ao estresse osmótico, parte da sensibilidade ao sal das plantas de citros pode estar relacionada aos efeitos tóxicos de íons, como o cloreto e o sódio acumulados nas folhas (GONZALEZ; SYVERTSEN; ETXEBERRIA, 2012), caracterizando o estresse tóxico que, segundo Mansour (1998) é na membrana plasmática que os sais provocam maior injúria, ocasionando menor estabilidade, sendo o extravasamento de eletrólitos uma variável importante no estudo dos danos causados às membranas celulares das plantas, podendo ser correlacionado com o estudo de teores de clorofila em citros, como afirmam Hussain et al. (2012), já que a acumulação de íons tóxicos pode inibir a produção de pigmentos fotossintéticos.

Na Figura 1A se encontra o teste de média (Tukey) entre porta-enxertos para o teor relativo de água estudado em cada nível de salinidade e na Figura 1B as equações de regressão para cada porta-enxerto, em função da salinidade da água, podendo-se observar que o TRA das folhas decresceu com o aumento da CEa de irrigação, em todas as combinações estudadas como porta-enxertos; contudo, ao analisar as equações de regressão, observou-se na combinação com o PE2, relativo ao LCRC, as maiores reduções com o aumento unitário na CEa (8,2%), quando comparado aos demais (6,35% no PE1 e 7,86% no PE3) demonstrando, assim, a sensibilidade desse PE ao estresse salino. Por outro lado, esse porta-enxerto foi o que se destacou, apresentando diferenças significativas em relação aos demais genótipos no nível de CEa de 0,6 dS m⁻¹, todavia, os porta-enxertos estudados não diferiram entre si em outros níveis de salinidade exceto em nível mais alto (CEa 3,0 dS m⁻¹) onde se constataram diferenças significativas entre PE1 e PE3 (Figura 1A). Ao comparar os dados obtidos nos três porta-enxertos cultivados com o maior nível de condutividade elétrica, percebe-se o menor valor de TRA na combinação entre a ‘Mimo do céu’ com o PE3.

Tais resultados corroboram com o entendimento de Maas (1986), ao reportar que genótipos de uma mesma espécie podem possuir limites diferenciados de tolerância à salinidade. Larcher (2006) ressalta que, pelo TRA, é possível obter informação relativas às condições hídricas das plantas em máxima turgescência das células sendo o potencial de crescimento das plantas elevado com o aumento no TRA, visto que o crescimento vegetal depende da turgescência celular. Brito et al. (2008) obtiveram redução no TRA na ordem de 1,38% no limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ enquanto Fernandes et al. (2011), nos limoeiros ‘Cravo Santa Cruz’ e ‘Volkameriano’ redução de 1,6 e 0,7%, respectivamente, com o incremento unitário da CEa, reduções menores que as observadas neste trabalho em razão, possivelmente, desses autores terem estudado apenas a fase de formação de porta-enxerto, indicando que o maior período de exposição ao estresse ocasiona maiores danos às plantas.

Figura 1. Desdobramento relativo ao teor relativo de água (TRA) entre os genótipos de citros em cada nível de salinidade da água (A) e em função da salinidade da água de irrigação em cada porta-enxerto de citros (B) enxertado com a variedade de copa laranjeira “Mimo do Céu” (*Citrus sinensis* OSBECK var. Mimo) aos 150 dias após o início da floração. Campina Grande, PB, 2014.



PE1 - TSKC (Tangerineira ‘Sunki Comum’ (*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka)) x TRENG (*Poncirus trifoliata* ‘English’) – 256 **PE2** - LCRC (Limoeiro Cravo ‘Comum’) **PE3** - TSKC (Tangerineira ‘Sunki Comum’ (*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka)) x (LCR x TR) (Limão Cravo x *Poncirus trifoliata*) – 059.

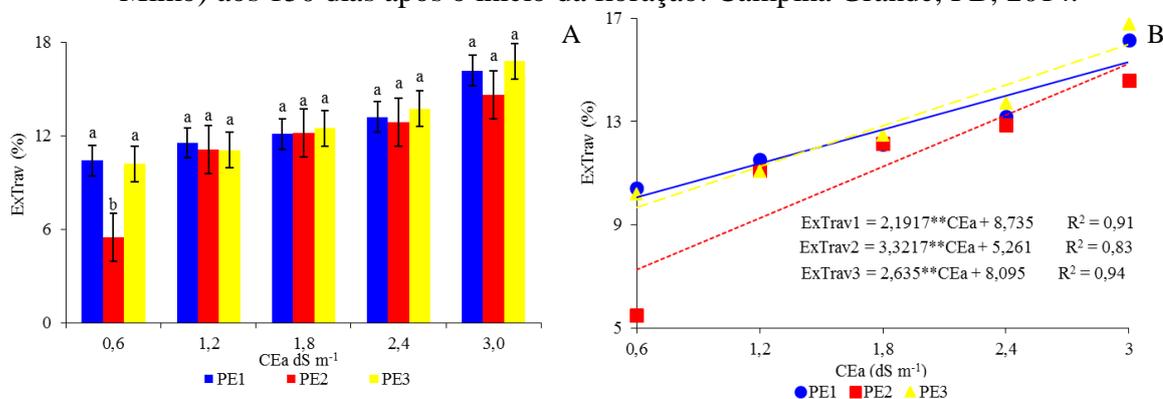
Barras representam o erro padrão da média (n=3). Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, p<0,05

Observa-se, na Figura 2, acréscimos no extravasamento de eletrólitos com a elevação da salinidade, sendo a proporção desse incremento diferenciado entre as combinações copa/porta-enxerto de citros. A referida variável indica a resistência da membrana celular aos danos que podem ser ocasionados por estresses, a exemplo do salino; assim, quanto menor os valores obtidos no extravasamento, mais estável é a membrana celular, como ocorrido na combinação com o PE2, com médias de 5,59%; 11,1%; 12,16%; 12,85%; e 14,59%, para cada nível de salinidade estudado. Nos demais porta-enxertos as médias foram de 10,41%; 11,53%; 12,11%; 13,2% e 16,15% e 10,18%; 11,07%; 12,46%; 13,72% e 16,76%, respectivamente PE1 e PE3 (Figura 2A).

Tal como observado no teor relativo de água, no PE2 também se notou maior variação entre os níveis salinos, de forma proporcional, constatando-se maior elevação nos valores de extravasamento que nos demais porta-enxertos, com incremento de 27,47%; 54,95%; 82,42% e 109,9%, quando se compara o nível de 0,6 dS m⁻¹, aos de 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente. Confrontando os resultados obtidos, expõem-se as variações dos demais porta-enxertos, entre o menor nível de salinidade estudado comparado aos subsequentes: 13,08%; 26,17%; 39,25%; 52,34% (PE1) e 16,34%; 32,68%; 49,02%; 65,36% (PE3). Tais resultados podem ser mais bem visualizados com o estudo da análise de regressão, expresso na Figura 2B.

Ben-Amor et al. (2006) citam que o aumento do extravasamento de eletrólitos do conteúdo celular é devido à maior fluidez da membrana em decorrência de injúrias, como o estresse salino, fato também observado neste estudo. Não se encontram, na literatura, resultados de pesquisas abordando diretamente os efeitos do estresse salino sobre o extravasamento de eletrólitos em plantas cítricas, porém Mandhania, Madan e Sawhney (2006), avaliando o extravasamento de eletrólitos em trigo, observaram maior liberação de eletrólitos com a elevação do período de exposição da cultura ao estresse salino. Trabalhando com duas cultivares de *Cakile marítima*, durante 20 dias com concentrações variando entre 0 e 400 mM de NaCl, Ben-Amor et al. (2006) também observaram elevação na liberação de eletrólitos com o incremento da salinidade, resultado este mais significativo no genótipo mais sensível, corroborando com os resultados aqui apresentados.

Figura 2. Desdobramento relativo ao extravasamento de eletrólitos (ExTrav) entre os genótipos de citros em cada nível de salinidade da água (A) e em função da salinidade da água de irrigação em cada porta-enxerto de citros (B) enxertado com a variedade de copa laranjeira “Mimo do Céu” (*Citrus sinensis* OSBECK var. Mimo) aos 150 dias após o início da floração. Campina Grande, PB, 2014.



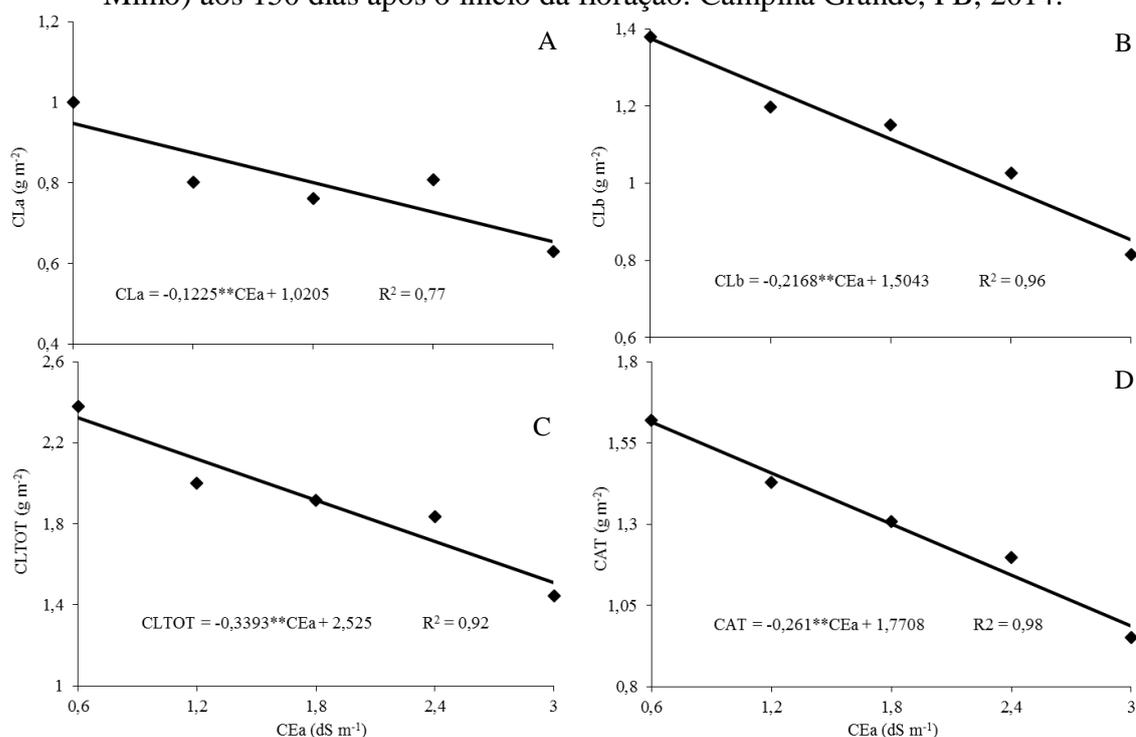
PE1 - TSKC (Tangerineira ‘Sunki Comum’ (*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka)) x TRENG (*Poncirus trifoliata* ‘English’) – 256 **PE2** - LCRC (Limoeiro Cravo ‘Comum’) **PE3** - TSKC (Tangerineira ‘Sunki Comum’ (*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka)) x (LCR x TR) (Limão Cravo x

Poncirus trifoliata) – 059.

Barras representam o erro padrão da média (n=3). Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$

No teor de clorofila *a* (Figura 3A) observa-se que, com a elevação da salinidade da água, ocorreu uma redução de $0,294 \text{ g m}^{-2}$ para o tratamento de CEa $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ em relação a testemunha, representando, portanto, uma perda relativa de 31,05%, o que equivale a um decréscimo linear de 12% por aumento unitária de CEa; já para a clorofila *b* (Figura 3B) a redução foi de $0,52 \text{ g m}^{-2}$, representando uma perda relativa de 37,86% no teor de clorofila entre o menor e o maior nível de salinidade estudado, equivalente a uma queda de 14,41% por incremento unitário de CEa. Quando se considera o somatório das clorofilas (CLTOT), a tendência foi similar, reduzindo também, significativamente, o teor de clorofila total, na ordem de $0,814 \text{ g m}^{-2}$ entre o menor e o maior nível de sal, CE de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ correspondendo a uma perda de 35,08%, ou de 13,44% por incremento unitário de CEa (Figura 3C).

Figura 3. Teores de clorofila *a* (CLa) (A), clorofila *b* (B) (CLb), clorofila total (CLTOT) (C) e carotenoides (CAT) (D), em função da salinidade da água de irrigação em citros sob a variedade de copa laranjeira “Mimo do Céu” (*Citrus sinensis* OSBECK var. Mimo) aos 150 dias após o início da floração. Campina Grande, PB, 2014.



Uma série de fatores pode estar relacionada à degradação ou diminuição das clorofilas evidenciada neste estudo. O magnésio é o elemento central da molécula de clorofila e reduções nos teores foliares deste elemento podem reduzir a síntese dessa molécula, como relatam Jampeetong e Brix (2009), corroborando com teoria apresentada por Levy e Syvertsen (2004) que concluíram que a elevação da concentração salina no solo reduz a quantidade foliar de magnésio em folhas de pomelos confirmando a afirmação de Khan (2003) de que a produção de pigmentos fotossintéticos é mais lenta em condições de estresse salino. O acúmulo de íons tóxicos como sódio e cloreto pode elevar a degradação dos cloroplastos, organelas nas quais são encontradas as clorofilas, fato observado por Gomes (2011)

visualizando células de *Salvinia auriculata* através de microscópio eletrônico de transmissão relatando que a deterioração do aparato fotossintético refletiu nos teores de clorofila.

Observou-se, também, redução nos teores de carotenoides das plantas de citros quando irrigadas com águas salinas (Figura 4D) notando-se um decréscimo de $0,626 \text{ g m}^{-2}$ entre os níveis de $0,6$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ correspondendo a uma perda relativa de $38,81\%$, ou seja, o incremento de uma unidade de dS m^{-1} na CEA proporcionou queda de $14,74\%$ na quantidade total de carotenoides presentes nas folhas de citros.

Neste sentido, Lima et al. (2004) comentam que a produção lenta de carotenoides pode implicar em degradação acelerada de clorofilas. Segundo Munns e Tester (2008), o estresse salino provoca degradação do betacaroteno proporcionando decréscimo no teor de carotenoides, fato observado no maracujazeiro amarelo por Freire et al. (2013), cujo tratamento com água salinizada ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$) reduziu os teores de carotenoides sendo os efeitos depressivos do sais atenuados pela aplicação de biofertilizante e cobertura morta; assim, a redução nos teores de carotenoides pode ter implicado em aumento da sensibilidade das clorofilas e ocasionado sua degradação.

5.2 Experimento II – Fertilização nitrogenada como atenuador do estresse salino

Verifica-se, com base nos resultados do resumo da análise de variância (Tabela 5) dos dados, que não houve efeito significativo ($p > 0,05$) na interação dose de nitrogênio x combinações copa/porta-enxertos para nenhuma variável analisada, ocorrendo efeito significativo apenas para o fator isolado 'N' na variável extravasamento de eletrólitos ($p < 0,01$), indicando que o maior suprimento de adubação nitrogenada não proporcionou os efeitos esperados no teor de água e nos pigmentos foliares.

Destaca-se, no entanto, que a fonte de nitrogênio utilizada no estudo foi a ureia, que possui alto índice de perdas por volatilização, podendo, segundo Rocha e Miyazawa (2008), ser intensificada por temperaturas elevadas. Os mesmos autores citam que temperaturas acima dos $30 \text{ }^\circ\text{C}$ favorecem a volatilização da NH_3 formada, podendo ser atribuída a maior eficiência das ureases na hidrólise da ureia sob temperaturas elevadas (KRAJEWSKA, 2009), sendo fato conhecido a maior volatilidade dos gases em elevadas temperaturas.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para o teor relativo de água (TRA) (%), extravasamento de eletrólitos (ExTrav) (%), teores de clorofila *a* (CLa), *b* (CLb), total (CLTOT) (g m^{-2}) e carotenoides (CAT) (g m^{-2}) de citros enxertados com a laranjeira “Mimo do Céu” (*Citrus sinensis* OSBECK var. Mimo) sob diferentes doses de nitrogênio (N) e porta-enxertos (PE), aos 150 dias após o início de floração. Campina Grande, PB, 2014.

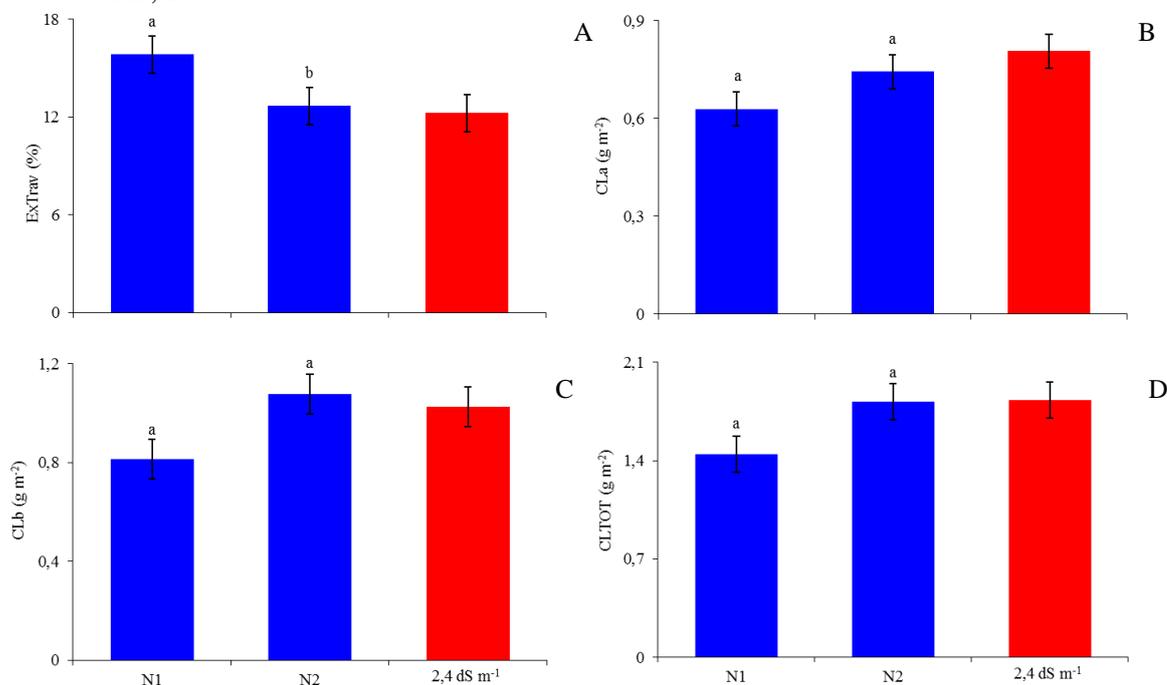
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		TRA	ExTrav	CLa	CLb	CLTOT	CAT ¹
Nitrogênio (N)	1	5,06 ^{ns}	44,97 ^{**}	0,06 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,41 ^{ns}
Porta-enxerto (PE)	2	24,12 ^{ns}	9,48 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,1 ^{ns}
N x PE	2	55,53 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Bloco	2	4,84	3,48	0,01	0,03	0,02	0,4
Resíduo	10	42,35	2,9	0,02	0,08	0,17	0,14
CV		8,83	11,95	11,27	15,36	13,16	18,13

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$. ¹Análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{x} .

Conforme Jones et al. (2013), 70% de adubações nitrogenadas com a ureia podem ser perdidas por volatilização em condições de altas temperaturas, onde os mesmos autores recomendam, como alternativa, a aplicação da ureia em períodos de baixa temperatura e/ou posterior fornecimento de uma lâmina de água no intuito de reduzir o aquecimento do solo. Ternoski et al. (2012) contribuem citando a adoção de misturas à ureia, como o NBPT (tiofosfato de N - Butiltriâmidia) que inibe a ação da uréase e o uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada, formados pelo revestimento da ureia com polímeros ou gel. De acordo com Rocha e Miyazawa (2008), para reduzir as perdas de ureia por volatilização da NH_3 é necessário utilizar uma técnica adequada para cada condição climática da região.

Constata-se, por meio de alguns resultados, conformidade com a teoria ora apresentada, sobre a possibilidade de maior volatilização da ureia e o não aproveitamento por completo do maior incremento de nitrogênio na fertilização. Na Figura 4A observa-se redução de 19,96% no extravasamento de eletrólitos com o fornecimento de 200% da recomendação de adubo nitrogenado utilizando água com de CEa de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, comparando-se ao nível de $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ de CEa do primeiro experimento quando plantas receberam dose recomendada de 100%, tem-se elevação de apenas 3,39%, evidenciando a atenuação dos efeitos depressivos dos sais sobre a membrana celular.

Figura 4. Extravasamento de eletrólitos (ExTrav) (A), teores de clorofila *a* (CLa) (B), clorofila *b* (C) (CLb) e clorofila total (CLTOT) (D) de citros enxertados com a variedade laranjeira “Mimo do Céu” (*Citrus sinensis* OSBECK var. Mimo) sob doses de nitrogênio (N₁-100 e N₂-200 mg kg^{-1} de solo) e salinidade de água de irrigação $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, com comparativo com um nível de salinidade do Experimento I sob N₁, aos 150 dias após o início da floração. Campina Grande, PB, 2014.



Barras representam o erro padrão da média (n=3). Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$

Segundo Taiz et al. (2015), a síntese de compostos presentes na membrana celular é favorecida com a maior disponibilidade de nitrogênio, entretanto a deficiência ocasiona diminuição nos teores de clorofila, fato que pode ser observado na Figura 4, onde mesmo não apresentando significância pelo teste de média, a dose de 200% de 'N' manteve maior concentração de clorofilas *a*, *b* e total, respectivamente, nas folhas das plantas irrigadas com água de CE de 3,0 dS m⁻¹, ou seja, diferenças de 15,32%; 24,2% e 20,69% entre os tratamentos N1 e N2, sendo os valores aproximados ao nível de salinidade de 2,4 dS m⁻¹ do Experimento I sob dose recomendada de N (100%).

6 CONCLUSÕES

1. As plantas enxertadas com Limoeiro Cravo 'Comum' (PE2 – LCRC) possuem as melhores médias para o teor relativo de água e o extravasamento de eletrólitos.
2. O PE1 (TSKC x TRENG – 256) foi o genótipo mais tolerante à salinidade com base no TRA e o extravasamento de eletrólitos.
3. O estresse salino reduziu os teores dos pigmentos clorofilianos das plantas cítricas independentemente do genótipo estudado;
4. O dano na membrana celular foi reduzido quando se aplicou maior quantidade de nitrogênio.

7 REFERÊNCIAS

- BEN-AMOR, N.; JIMENEZ, A.; MEGDICHE, W.; LUNDQVIST, M.; SEVILLA, F.; ABDELLY, C. Response of antioxidant systems to NaCl stress in the halophyte *Cakile maritima*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 126, p. 446-457, 2006.
- BRAZ, V. B.; RAMOS, M. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUSA, C. A. F.; MANTOVANI, E. C. Níveis e frequências de irrigação na limeira Tahiti no Estado do Piauí. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 5, p. 611-619, 2009.
- BRITO, M. E. B.; BRITO, K. S. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SUASSUNA, J. F.; SOARES FILHO, W. S.; MELO, A. S de. Growth of ungrafted and grafted citrus rootstocks under saline water irrigation. **African Journal of Agricultural Research**, Ekpoma, v. 9, n. 50, p. 3600-3609, 2014a.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 17-27, 2014b.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S. de; CARDOSO, J. A. F.; SOARES FILHO, W. S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, p. 343-353, 2008.
- FAO. **Citrus fruit fresh and processed**: annual statistics 2013. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. 35 p.

FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; GHEYI, H. R.; SOARES FILHO, W. dos S.; MELO, A.S de; CARNEIRO, P. T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 259-267, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, R.; REBEQUI, A. M. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 1, p. 57-70, 2013.

GOMES, M. A. C. **Efeito da salinidade sobre a biomassa, fisiologia e morfologia de *Salvinia auriculata* aubl.** 2011. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais)- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2011.

GONZALEZ, P.; SYVERTSEN, J. P.; ETXEBERRIA, E. D. Sodium distribution in salt stressed citrus rootstock seedlings. **HortScience**, Alexandria, v. 47, n. 10, p. 1504-1511, 2012.

HABIBI, F.; AMIRI, M. E. Influence of in vitro salinity on growth, mineral uptake and physiological responses of two citrus rootstocks. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, Lahore, v. 4, n. 6, p. 1320-1326, 2013.

HUSSAIN, S.; LURO, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULT. P.; MORILLON, R. Physiological analysis of salt stress behaviour of citrus species and genera: low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, Grahams Town, v. 81, p. 103-112, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

JAMPEETONG, A.; BRIX, H. Effects of NaCl salinity on growth, morphology, photosynthesis and proline accumulation of *Salvinia natans*. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 91, p. 181-186, 2009.

JONES, C.; BROWN, B.; ENGEL, R.; HORNECK, D.; OLSON-RUTZ, K. **Management to minimize nitrogen fertilizer volatilization**. Montana: Montana State University Extension, 2013. 8 p.

KHAN, N. A. NaCl-inhibited chlorophyll synthesis and associated changes in ethylene evolution and antioxidative enzyme activities in wheat. **Biologia Plantarum**, Praga, v. 47, p. 437-440, 2003.

KRAJEWSKA, B. Ureasas I. Functional, catalytic and kinetic properties: a review. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, Amsterdam, v. 59, n. 1, p. 9-21, 2009.

- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532 p.
- LEVY, Y.; SYVERTSEN, J. Irrigation water quality and salinity effects in citrus trees. **Horticultural Reviews**, New York, v. 30, p. 37-82, 2004.
- LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. da. Physiology, growth and yield of castor bean under salt stress and nitrogen doses in phenophases. **Idesia**, Arica, v. 32, n. 3, p. 91-99, 2014.
- LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A.; MENDES, C. R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 335-340, 2004.
- MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**, New York, v. 1, p. 12-26, 1986.
- MANDHANIA, S.; MADAN, S.; SAWHNEY, V. Antioxidant defense mechanism under salt stress in wheat seedlings. **Biologia Plantarum**, Praga, v. 50, p. 227-231, 2006.
- MANSOUR, M. M. F. Protection of plasma membrane of onion epidermal cells by Glycine betaine and proline against NaCl stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 36, n. 10, p. 767-772, 1998.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 651-681, 2008.
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 929-937, 2011.
- NOBRE, R. G.; SOUSA, W. B.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; DIAS, A. S.; PINHEIRO, F. W. A. Sources and doses of nitrogen in the production of sunflower plants irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 59-65, 2014. Suplemento.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. de; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Ed.). **Métodos de pesquisa em ambiente controlado**. Brasília, DF: Embrapa-SEA, 1991. p. 189-273.
- ROCHA, J. F.; MIYAZAWA, M. Avaliação da perda de nitrogênio da uréia aplicada sobre resíduo vegetal em sistema de plantio direto. In: 31ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química., 2008, Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Química**, 2008. p. 1-2.
- SCOTTI-CAMPOS, P; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**,

Abu Dhabi, v. 25, p. 1002-1013, 2013.

SILVA, L. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. dos S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 1-7, 2014. Suplemento.

SINGH, A.; SAINI, M. L.; BEHL, R. K. Screening of citrus rootstocks for salt tolerance in semi-arid climates – A review. **Tropics**, Ibaraki, v. 13, n. 1, p. 53-66, 2003.

SOARES, L. A. A.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S. DE; SOARES FILHO, W. S.; OLIVEIRA, E. S. de. Crescimento de combinações copa - porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 211-217, 2015.

SOARES, L. A. A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; SILVA, A. O.; SILVA, S. S. Componentes de crescimento da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 40-54, 2012.

SYVERTSEN, J. P.; GARCIA-SANCHEZ, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 103, p. 128-137, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology**. 6. ed. Sinauer Associates, 2015. 761 p.

TERNOSKI, G. D.; PAULETTI, V.; SILVEIRA, C. A. P.; RANZAN, T.; LEMISKA, A.; OLIVEIRA, A. B. Volatilização da amônia da uréia misturada com subprodutos do xisto. In: WORKSHOP INSUMOS PARA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 2012, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 1 CD-ROM.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant: The field measurements of water deficits in leaves. **New Phytologist**, Cambridge, v. 49, n. 1, p. 81-97, 1950.