

## TROCAS GASOSAS FOLIARES EM DEZ GENÓTIPOS DE CITROS IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA

M. da S. de S. Ribeiro<sup>1</sup>, C. F. de Lacerda<sup>2</sup>, A. L. R. Neves<sup>3</sup>, M. E. B. Brito<sup>4</sup>, L. de A. Silva<sup>5</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se caracterizar as trocas gasosas foliares no período da manhã e no início da tarde em dez genótipos de citros enxertados com a limeira ácida 'Tahiti', sob irrigação com dois níveis de salinidade (0,3 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>). O experimento foi realizado na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campus de Pombal, PB. Foram estudados indivíduos provenientes dos seguintes cruzamentos: 1. Cinco genótipos do cruzamento: tangerineira Sunki x [limoeiro Cravo (LCR) (*Citrus limonea* L. Osbeck) x *Poncirus trifoliata* (TR)]; 2. Quatro genótipos do cruzamento TSKFL x [*Poncirus trifoliata* Beneke (TRBK)]; 3. Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (LCRSTC) como genótipo testemunha. Utilizou delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. Foram avaliadas as taxas de transpiração (E), fotossíntese (A) e condutância estomática (gs). As maiores taxas foram observadas no período da manhã. Em condições de baixa salinidade, a combinação TSKFL x TRBK – 011 apresentou melhores resultados relacionados às trocas gasosas. Em contrapartida, quando submetido a um alto nível de salinidade, a combinação que apresentou maiores taxas de trocas gasosas foi a TSKC X (LCR x TR) - 017, comparando-se às demais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Condutividade elétrica; Irrigação; Progênieis.

## LEAF GAS EXCHANGES IN TEN CITRUS GENOTYPES IRRIGATED WITH SALINE WATER

**ABSTRACT:** The aim of this study was to characterize the leaf gas exchanges in the morning and early afternoon in ten citrus genotypes grafted with the 'Tahiti' acid lime tree under irrigation two levels of salinity (0.3 and 3.0 dS m<sup>-1</sup>). The experiment was carried out at the University Federal of Campina Grande - UFCG, Campus de Pombal, PB. We studied individuals from the crosses: 1. Five genotypes of the cross: Sunki tangerine x [Clove Lemon

<sup>1</sup> Doutoranda, UFC, Fortaleza – Ceará. Email: sauderibeiro@gmail.com

<sup>2</sup> Professor, Doutor, UFC, Fortaleza- Ceará. Email: claudivan\_@hotmail.com

<sup>3</sup> Doutora, UFC, Fortaleza- Ceará. Email: leilaneves7@hotmail.com

<sup>4</sup> Professor, Doutor, UFCG, Pombal – Paraíba. Email: marcoseric@ccta.ufcg.edu.br

<sup>5</sup> Mestre, UFCG, Pombal – Paraíba. Email: luderlandioandrade@gmail.com

(*Citrus limonea* L. Osbeck) x *Poncirus Trifoliata* (TR)]; 2. Four genotypes of the TSKFL x [*Poncirus trifoliata* Beneke (TRBK)] cross; 3. Control genotype - 'Cravo Santa Cruz' lemon tree (LCRSTC). A randomized block design was used, with three replicates. The rates of transpiration (E), photosynthesis (A) and stomatal conductance (gs) were evaluated. As higher rates were observed in the morning. In conditions of low salinity, a combination TSKFL x TRBK-011 presented better results related to leaf gas exchanges. On the other hand, when subjected to a high salinity level, the genotype TSKC X ( LCR x TR) - 017 presented higher rates of leaf gas exchange , compared to other combinations.

**KEY WORDS:** Electric conductivity; Irrigation; Progenies.

## INTRODUÇÃO

Segundo a AGRIANUAL (2013), o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mundo atuando no novo cenário mundial, sendo a produção estimulada pela abertura comercial e a estabilização da economia, vindo a proporcionar um crescimento do agronegócio. Observa-se semelhança ao que vem sendo observado na citricultura brasileira, que exerce um grande papel mundial, sendo as culturas citrícolas, dentre as demais fruteiras, as que ocupam lugares privilegiados no ranking das exportações do País, sendo a laranja doce (*Citrus sinensis* L. Osbeck) a fruta de maior produção e exportação (AGRIANUAL, 2013).

Na região Nordeste, a citricultura possui grande relevância socioeconômica pela geração de emprego e renda. Contudo, a produção é reduzida, constatando-se uma produtividade média de 11,8 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016).

Em um contexto geral, a insuficiência hídrica, bem como a sua má qualidade, afeta diversos processos bioquímicos, fisiológicos e morfológicos das plantas, notadamente, por aumentar a resistência difusiva ao vapor de água, mediante o fechamento estomático. Isso reduz a transpiração e o suprimento de dióxido de carbono para o processo fotossintético, com diminuição do crescimento celular e aumento da fotorrespiração (SHINOZAKI & YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2007).

Em relação aos problemas da presença de sais nas águas de irrigação, o que por sua vez vem a ocasionar aumento da concentração de sais no solo, deve-se procurar alternativas ao cultivo, a exemplo do uso de genótipos que sejam tolerantes à salinidade, já que, segundo a tolerância a salinidade é variável entre espécies, entre genótipos e entre fases de

desenvolvimento da cultura (AYERS E WESTCOT, 1999; BRITO et al., 2008; FERNANDES et al., 2011; ,SILVA et al., 2014).

O excesso de sais da água de irrigação causa redução nas taxas fotossintéticas, na condutância estomática e na transpiração de plantas de cajueiro (BEZERRA et al., 2003). Além das variáveis de trocas gasosas Munns e Tester (2008) verificaram declínios nos teores de clorofila, os quais resultam dos desequilíbrios nas atividades fisiológicas e bioquímicas promovidas pelo teor de sais, além do tolerado pelas culturas.

Dessa forma, estudar genótipos de citros, oriundos de progênies, sob estresse salino na fase inicial de produção e enxertadas com a limeira ácida 'Tahiti' poderá contribuir com a identificação de materiais potenciais, além de permitir identificar mecanismos de tolerância ao estresse por meio de análise do comportamento das trocas gasosas. Nesse contexto, objetivou-se caracterizar as trocas gasosas foliares no período da manhã e no início da tarde em dez genótipos de citros enxertados com a limeira ácida 'Tahiti', sob irrigação com água de baixa e alta salinidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Pombal, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude S e 37°48'01" de longitude W, a uma altitude de 194 m.

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados, com esquema fatorial composto por dois fatores, sendo estes: dois níveis de salinidade da água de irrigação (CEa), onde S1 = 0,3 e S2 = 3,0 dS m<sup>-1</sup> e dez genótipos de citros, onde cinco dos mesmos eram provenientes do cruzamento: tangerineira Sunki [três da seleção Comum (TSKC) e dois da seleção da Flórida (TSKFL)] x [limoeiro Cravo (LCR) (*Citrus limonea* L. Osbeck) x *Poncirus trifoliata* (TR)]; 2. Quatro genótipos do cruzamento TSKFL x [*Poncirus trifoliata* Beneke (TRBK)]; 3. Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (LCRSTC) como genótipo testemunha, correspondendo a 20 tratamentos, todos provenientes do programa de melhoramento genótipos de Citros (PMG-Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

As águas de irrigação foram preparadas a partir da mistura de sais na proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente, utilizando-se NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, relação esta predominante aos íons em fontes de água utilizada para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992; AUDRY; SUASSUNA,

1995). Após preparação, as águas foram armazenadas em recipientes plásticos de 500 L, sendo um para cada nível de CEa estudado, devidamente protegidos, afim de se evitar a evaporação e a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade. Os valores de CEa foram ajustados e conferidos após a pesagem dos sais com o auxílio de um condutivímetro portátil que teve sua condutividade elétrica ajustada a temperatura de 25°C.

As mudas de cada genótipo de citros enxertada com a limeira ácida 'Tahiti' foram obtidas junto ao viveiro de produção de mudas da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, BA, seguindo recomendações de produção de mudas certificadas e usando-se materiais de origem apogâmica, e foram produzidas em sacolas plásticas com capacidade de 2.000 mL, preenchido com substrato comercial e recipiente que permitiu a condução das plantas de cada combinação entre a limeira ácida 'Tahiti', como copa, e os porta-enxertos estarem aptos ao transplante, compreendendo um período anterior ao transplante das mudas.

As plantas de citros foram cultivadas em lisímetros de 150 L, sendo que o solo utilizado no preenchimento foi retirado de área próxima da pesquisa e seguindo a caracterização de horizontes diagnósticos do solo, sendo primeiramente peneirado. No enchimento dos lisímetros, procedeu-se a inclusão de uma camada de 4 cm de brita, seguida por uma camada de solo de 17 cm de altura, posteriormente outra camada de 17 cm de solo, na qual se incluiu 10 L de esterco, sendo assim, cada lisímetro foi preenchido com 132 Litros de solo e 10 Litros de esterco bovino, totalizando 142 Litros, deixando-se uma camada superficial para facilitar tratamentos culturais.

A irrigação com água salinizada, conforme cada nível de salinidade, foi realizada diariamente, com uso de sistema de irrigação por gotejamento instalado nos lisímetros, tendo início aos 30 dias após o transplante, com as plantas adaptadas ao ambiente. O manejo de irrigação foi realizado pelo método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário das plantas e uma fração adicional, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL), por 0,9 para se obter uma fração de lixiviação correspondente a 10%, a fim de propiciar a manutenção de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Equação 1).

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - Fl}$$

Em que:

VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 10% (1- 0,10).

Para a determinação das trocas gasosas, utilizou-se um analisador de gases no infravermelho (IRGA), modelo Li-6400XT (Licor, USA), onde as leituras foram mensuradas nas folhas completamente expandidas. A condutância estomática (gs), a taxa fotossintética líquida (A) e a taxa transpiratória (E) foram determinadas aos 360 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) sendo feitas leituras no início da manhã e a tarde após as 13:00h. As medições foram conduzidas sob condições naturais de temperatura do ar, concentração de CO<sub>2</sub> e radiação.

A análise estatística dos dados foi realizada através do programa “ASSISTAT 7.5 BETA”, consistindo da análise de variância, em um delineamento fatorial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à condutância estomática (gs), para o período da manhã (Figura 1A), na água de baixa salinidade, maior condutância foi observada na combinação 4 com 0,1609 mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> e menor na combinação 1, com 0,0470 mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. Para a condição de irrigação com salinidade maior, quem melhor respondeu foi a combinação 9 (G9 - TSKFL x TRBK – 030) com 0,0744 mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> e o menor valor foi observado também no genótipo 1 com apenas 0,0453 mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>.

No início da tarde (Figura 1B), maior taxa de condutância estomática foi encontrada no genótipo 6 com 0,0464 mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, na água de melhor qualidade e menor resposta observou-se no G8 com 0,0277 mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. Para a condição de CEa = 3,0, o G6 também respondeu melhor que os outros genótipos em menor concentração salina, enquanto que a combinação 7, foi menos responsiva apresentando apenas 0,0172 mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. A redução na condutância estomática é um mecanismo de tolerância à salinidade que reduz o processo fotossintético e transpiratório como também regula a entrada de água nas plantas com isso evitando também a entrada de sais, reduzindo dessa forma a toxicidade por íons específicos (FLOWERS & FLOWERS, 2005). Como o fechamento de estômatos é responsável pelo controle das trocas gasosas, as menores taxas de condutância estomática foram observadas na combinação 1, mostrando redução na assimilação de CO<sub>2</sub>, na cavidade subestomática para realização da fotossíntese (TAIZ & ZAIGER, 2009). Em contrapartida a combinação 6 apresentou maior

assimilação de gás carbônico no período da tarde em comparação aos demais genótipos submetidos à condição de melhor qualidade de água.

Todos os genótipos, de forma geral, apresentaram respostas distintas para a transpiração (E) tanto para a menor, quanto para a maior salinidade da água de irrigação ( $CEa = 0,3$  e  $3,0$   $dS\ m^{-1}$ ) como podemos observar na Figura 1 (C e D). Em relação ao período da manhã (Figura 1C), maiores taxas de transpiração foram encontradas na combinação 7 (G7 - TSKFL x TRBK – 017), quando irrigadas com água de condutividade elétrica de  $0,3\ dS\ m^{-1}$  apresentando um valor de  $3,91\ mmol\ m^2\ s^{-1}$ ; menores valores na mesma condição foram observados na combinação 10 (Testemunha - LCRSTC) com  $2,75\ mmol\ m^2\ s^{-1}$ . Quando as combinações foram irrigadas com água de menor qualidade e no mesmo período (manhã) o genótipo 4 (G4 - TSKFL X (LCR x TR) - 012), apresentou-se superior aos demais com  $3,81\ mmol\ m^2\ s^{-1}$ . E a combinação 1, apresentou resultados mais baixos de transpiração com apenas  $2,48\ mmol\ m^2\ s^{-1}$ .

Os maiores valores de  $E$  observados foram encontrados nas plantas da combinação 1 (G1-TSKC X (LCR x TR) – 017) no período do início da tarde (Figura 1D) quando irrigadas com água de menor salinidade, com  $3,61\ mmol\ m^2\ s^{-1}$ ; a menor resposta foi observada na combinação 8 (G8 - TSKFL x TRBK – 028) com  $1,98\ mmol\ m^2\ s^{-1}$ . Em contrapartida, o menor valor geral de transpiração foi observado também na combinação 1 apresentando apenas  $1,45\ mmol\ m^2\ s^{-1}$ , quando o mesmo foi irrigado com água de maior salinidade.

De um modo geral, a diminuição da transpiração nas combinações submetidas ao maior nível salino da água de irrigação, pode estar associada à percepção das plantas aos sais acumulados no solo pela irrigação com água de elevada salinidade. Assim, Brito et al. (2012) estudando híbridos sob condições de estresse hídrico e enxertado com pomeleiro ‘Star Ruby’ e limeira ácida ‘Tahiti’, observaram o potencial para produção no semiárido de plantas de citros utilizando-se combinações de copa/porta-enxerto, bem como sua susceptibilidade à lâminas de irrigação, encontrando perdas de apenas 10% das trocas gasosas dessas combinações quando submetidas a irrigação de lâmina menor que 75% .

Para a fotossíntese (A) no período da manhã (Figura 1E), ao se submeter às combinações à melhor qualidade de água, a combinação 5 (G5 - TSKFL X (LCR x TR) - 018) apresentou maiores taxas fotossintéticas com valores de  $7,15\ \mu mol\ m^2\ s^{-1}$  enquanto que o G1 apresentou taxas de apenas  $4,60\ \mu mol\ m^2\ s^{-1}$ . Para a condição de irrigação com água mais salina, a combinação 3 apresentou maior taxa de fotossíntese ( $5,59\ \mu mol\ m^2\ s^{-1}$ ) e a testemunha (Combinação 10) apresentou menor valor,  $3,10\ \mu mol\ m^2\ s^{-1}$ .

No período da tarde, maior valor de fotossíntese foi observado no genótipo 6 (G6 - TSKFL x TRBK – 011), com  $4,68\ \mu mol\ m^2\ s^{-1}$  quando irrigado com água de melhor qualidade.

Menor valor, na mesma condição, foi encontrado no G8 ( $2,81 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ). Quando irrigados com água ao nível de  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 1C), o genótipo 6 foi superior apresentando taxa de fotossíntese de  $2,99 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ , em contrapartida o G3 (G3 - TSKC X (LCR x TR) – 059) mostrou-se inferior aos demais com taxa de apenas  $1,95 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  (Figura 1F).

Afim de se evitar a perda de água quando em condições adversas, o primeiro mecanismo utilizado pelas plantas é o fechamento ou redução da abertura dos estômatos, o que já foi observado por vários autores, como Fernandes et al. (2011) em plantas cítricas cultivadas sob água salina, assim como por Suassuna (2011) com porta-enxertos de citros sob redução progressiva da disponibilidade hídrica e Gomes (2004) por sua vez, trabalhando com laranjeira doce, enxertada com limoeiro ‘Cravo’, que o que não difere dos resultados encontrados com as plantas enxertadas com a limeira ácida ‘Tahiti’ que reduziram de um modo geral a taxa fotossintética, pela redução da abertura estomática quando as combinações são submetidas a uma água de maior concentração salina.

## CONCLUSÕES

A alta salinidade da água de irrigação reduziu as trocas gasosas foliares em quase todos os genótipos avaliados. As maiores taxas foram observadas no período da manhã.

Em condições de baixa salinidade, a combinação TSKFL x TRBK – 011 apresentou melhores resultados relacionados às trocas gasosas. Em contrapartida, quando submetido a um alto nível de salinidade, a combinação que apresentou maiores taxas de trocas gasosas foi a TSKC X (LCR x TR) – 017 comparando-se às outras combinações.

## AGRADECIMENTOS

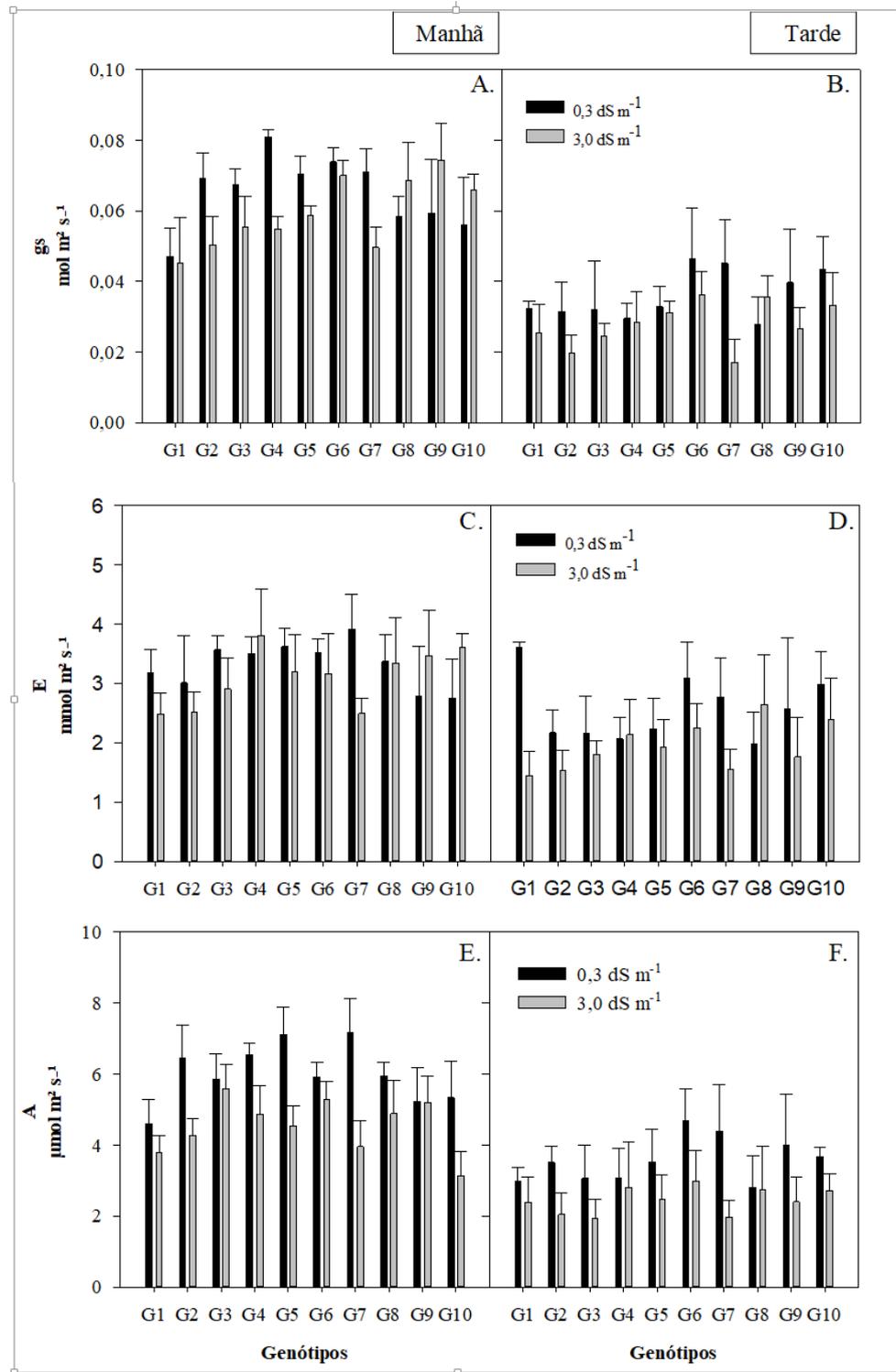
Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade - INCTSal e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro, bem como a CAPES pela concessão da bolsa para

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL: Anuário Da Agricultura Brasileira. São Paulo: Editora FNP, 2013. p.270- 281.

- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A. A qualidade da água na irrigação do trópico semiárido - um estudo de caso. In: Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação. Recife, Anais... Recife: CNPq, SUDENE, 1995, p.147-153.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. 1999. 153p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.
- BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. DOS A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. DA S.; MELO, A. S. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.7, suppl., p.857-865, 2012.
- 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, v.33, p.259-267, 2011.
- FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; GHEYI, H. R.; SOARES FILHO, W. S.; MELO, A. S. DE; CARNEIRO, P. T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. Acta Scientiarum. Agronomy, v.33, n.2, p.259-267, 2011
- FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? Agricultural Water Management, v.78, n.1, p.15-24, 2005.
- GOMES, M. M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; MACHADO, M. A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. Brazilian Journal Plant Physiology, v.16, n.3, p.155-161, 2004.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Levantamento Sistemático da produção agrícola: março de 2016. <http://www.ibge.gov.br> [15 abril 2017]
- MEDEIROS, J. F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados do RN, PB e CE. Campina Grande, Dissertação (Mestrado), 1992. 137p. Universidade Federal da Paraíba.
- SHINOZAKI, K; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. Journal of Experimental Botany, Oxford, v. 58, n. 2, p. 221-227, 2007.
- SILVA, L. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v.18, p. s1-s7, 2014.
- SUASSUNA, J. F. Tolerância de genótipos de citros ao estresse hídrico na fase de formação de porta-enxerto. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2011. 118p. Dissertação Mestrado.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

**Figura 1.** Condutância estomática (gs), transpiração (E) e fotossíntese (A), em dez genótipos de plantas de citros submetidas a dois níveis de salinidade da água de irrigação, cultivados em Pombal, PB, 2016.



Onde as combinações são: G1 = TSKC X (LCR x TR) – 017; G2 = TSKC X (LCR x TR) – 032; G3 = TSKC X (LCR x TR) – 059; G4 = TSKFL X (LCR x TR) – 012; G5 = TSKFL X (LCR x TR) – 018; G6 = TSKFL x TRBK – 011; G7 = TSKFL x TRBK – 017; G8 = TSKFL x TRBK – 028; G9 = TSKFL x TRBK – 030 e G10 = LCRSTC.