

## TROCAS GASOSAS EM TRÊS ESPÉCIES ORNAMENTAIS IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA NA FASE DE MUDAS

Francisco Mardones Servulo Bezerra<sup>1</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>2</sup>,  
Viviane Ruppenthal<sup>3</sup>, Eduardo Santos Cavalcante<sup>4</sup>, Adriana Cruz de Oliveira<sup>5</sup>,  
Bruno Gabriel Monteiro da Costa Bezerra<sup>6</sup>

**RESUMO:** Os desafios da agricultura relacionam-se diretamente com a questão hídrica atual, que dado a falta de políticas mais efetivas no sentido do reuso, tende a se tornar cada vez mais limitada tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo. Portanto, é pertinente avançar dentro das possibilidades do uso de água de qualidade inferior na agricultura. Cabe destaque neste contexto, as águas salinas, que geralmente não requerem nenhum tipo de tratamento para seu uso e está associada a técnicas de manejo e culturas tolerantes. Dado ao grande número de espécies ornamentais e em diversos ambientes, as chances de se encontrar espécies tolerantes a salinidade são altas. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a implicação da irrigação com água salina sobre as trocas gasosas de plantas ornamentais na fase de mudas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na unidade experimental da estação agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, em blocos aleatórios com esquema fatorial 3x10, correspondentes a três espécies ornamentais (*Celosia argentea*, *Tagetes patula* e *Catharanthus roseus*) e dez níveis de salinidade da água de irrigação (CEa 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>). As variáveis sofreram decréscimos lineares em função do aumento da CEa independente da espécie.

**PALAVRAS-CHAVE:** estresse salino, fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática.

## GAS EXCHANGES IN THREE ORNAMENTAL SPECIES IRRIGATED WITH SALT WATER

<sup>1</sup>Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, (88)996453849, mardonesagronomia@gmail.com

<sup>2</sup>Professor titular do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, (85)996185717, cfeitosa@ufc.br

<sup>3</sup>Doutora em Agronomia (Fitotecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, (45)999900134, vivianeruppenthal@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, (85)999401252, educavalcanteufc@gmail.com

<sup>5</sup>Engenheira Agrônoma, Universidade Federal do Ceará, (85)988868073, drica\_fj@hotmail.com.br

<sup>6</sup>Estudante de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, (85)998120242, brunog768@gmail.com

**ABSTRACT:** The challenges of agriculture relate directly to the current water issue, which, given the lack of more effective policies for reuse, tends to become increasingly limited both qualitatively and quantitatively. Therefore, it is pertinent to advance within the possibilities of using lower quality water in agriculture. In this context, saline waters, which generally do not require any treatment for their use, are associated with tolerant management techniques and cultures. Given the large number of ornamental species and in diverse environments, the chances of finding salinity tolerant species are high. Thus, the objective of this work was to analyze the implication of saline irrigation on the gas exchange of ornamental plants in the seedling phase. The experiment was carried out in a greenhouse in the experimental unit of the Federal University of Ceará agrometeorological station, in randomized blocks with a 3x10 factorial scheme, corresponding to three ornamental species (*Celosia argentea*, *Tagetes patula* and *Catharanthus roseus*) and ten levels of water salinity. irrigation (EC<sub>w</sub> 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 5.0 and 6.0 dS m<sup>-1</sup>). The variables suffered linear decreases due to the increase of EC<sub>w</sub> independent of the species.

**KEYWORDS:** saline stress, liquid photosynthesis, transpiration, stomatal conductance.

## INTRODUÇÃO

Atualmente um dos grandes desafios da agricultura contemporânea relaciona-se diretamente com a questão hídrica, uma vez que, dado ao efeito das mudanças climáticas e da falta de políticas mais efetivas no sentido de reciclar a água, esta tende a se tornar cada vez mais limitada sob os pontos de vista qualitativo e quantitativo.

Neste sentido, é necessário avançar dentro das possibilidades do uso de água de qualidade inferior na produção agrícola. Dentro dessa perspectiva cabe destaque para as águas salobras, que normalmente não requerem nenhum tipo de tratamento químico e seu uso na agricultura depende da adoção de um conjunto de técnicas de manejo e especialmente do trabalho com espécies mais tolerantes possíveis (GARCIA-CAPARRÓS; LAO, 2018; LACERDA *et al.*, 2016).

Dado ao elevado número de espécies ornamentais ou que podem ser potencialmente utilizadas em ornamentação e paisagismo, a possibilidade de encontrar genótipos tolerantes ao estresse salino é alta (CASSANITI; ROMANO; FLOWERS, 2012), apresentando considerável capacidade de desenvolvimento e produção com características comerciais aceitáveis sob tais condições. A exemplo da *Celosia argentea*, que apresenta potencial como uma cultura de flor de

corte capaz de desenvolver-se em condições de salinidade (CARTER *et al.*, 2005), assim como as espécies *Tagetes patula* e *Catharanthus roseus* (CASSATINI *et al.*, 2013). Entretanto, na grande maioria dos casos, os estudos sobre produção ou crescimento de espécies ornamentais sob condições de salinidade tem-se voltado para avaliações pós estabelecimento das culturas em campo ou com plantas adultas.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho, consistiu em analisar as trocas gasosas de três espécies ornamentais submetidas à irrigação com água salina na fase de produção de mudas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, situada na área experimental da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará em Fortaleza (3° 45' S; 38° 33' W), Ceará, Brasil, no período de julho a setembro de 2018.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 x 10, correspondendo a três espécies de plantas ornamentais (*Celosia argentea*, *Tagetes patula* e *Catharanthus roseus*) e dez níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>), totalizando 120 unidades experimentais, cada uma formada por três vasos contendo uma planta cada um.

O preparo das soluções foi realizado utilizando sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção equivalente a 7:2:1, entre os cátions Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, e Mg<sup>2+</sup>, obedecendo-se a relação entre CEa e sua concentração (mmolc L<sup>-1</sup> = CE x 10). A proporção dos sais utilizados é uma aproximação representativa da maioria das fontes de água disponível para irrigação na região Nordeste do Brasil (MEDEIROS, 1992).

A semeadura foi realizada diretamente em vasos de polietileno, com capacidade de 700 mL, colocando-se em média cinco sementes por vaso. Estes foram preenchidos com substrato composto por mistura de bagana de carnaúba triturada e peneirada, húmus de minhoca e arisco, na proporção de 2:1:1.

A aplicação dos tratamentos iniciou sete dias após a semeadura (DAS), quando as plantas haviam emergido. O desbaste, mantendo uma planta por vaso, foi realizado quatorze DAS, e em seguida procedeu-se adubação com N-P-K na formulação 10-10-10, aplicando-se 1,0 g por vaso. O manejo da irrigação foi realizado pelo balanço hídrico, usando lisímetro de drenagem.

Adicionou-se uma fração de lixiviação de 0,15 em cada evento de irrigação a fim de evitar o acúmulo excessivo de sais na zona radicular (AYERS; WESTCOT, 1999).

Aos 48 dias após a imposição dos tratamentos (DAIT), foram efetuadas as análises de trocas gasosas. A leitura foi realizada entre 08 e 11 horas, sob condições de luz saturante ( $1.500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração de  $\text{CO}_2$  de 400 ppm e condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar, com auxílio de um analisador portátil de gases no infravermelho (IRGA, mod. Li - 6400XT, Licor, USA). Foram medidas, a taxa de fotossíntese líquida ( $A$ , em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), a taxa transpiratória ( $E$ , em  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), a condutância estomática ( $g_s$ , em  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade. Quando significativas, as médias entre espécies foram comparadas pelo teste de Tukey e o efeito da salinidade por meio de regressão, onde utilizou-se o polinômio de maior grau cujo os parâmetros das equações foram significativos pelo teste T. Utilizou-se o pacote estatístico SISVAR Software v. 5.6 (FERREIRA, 2011).

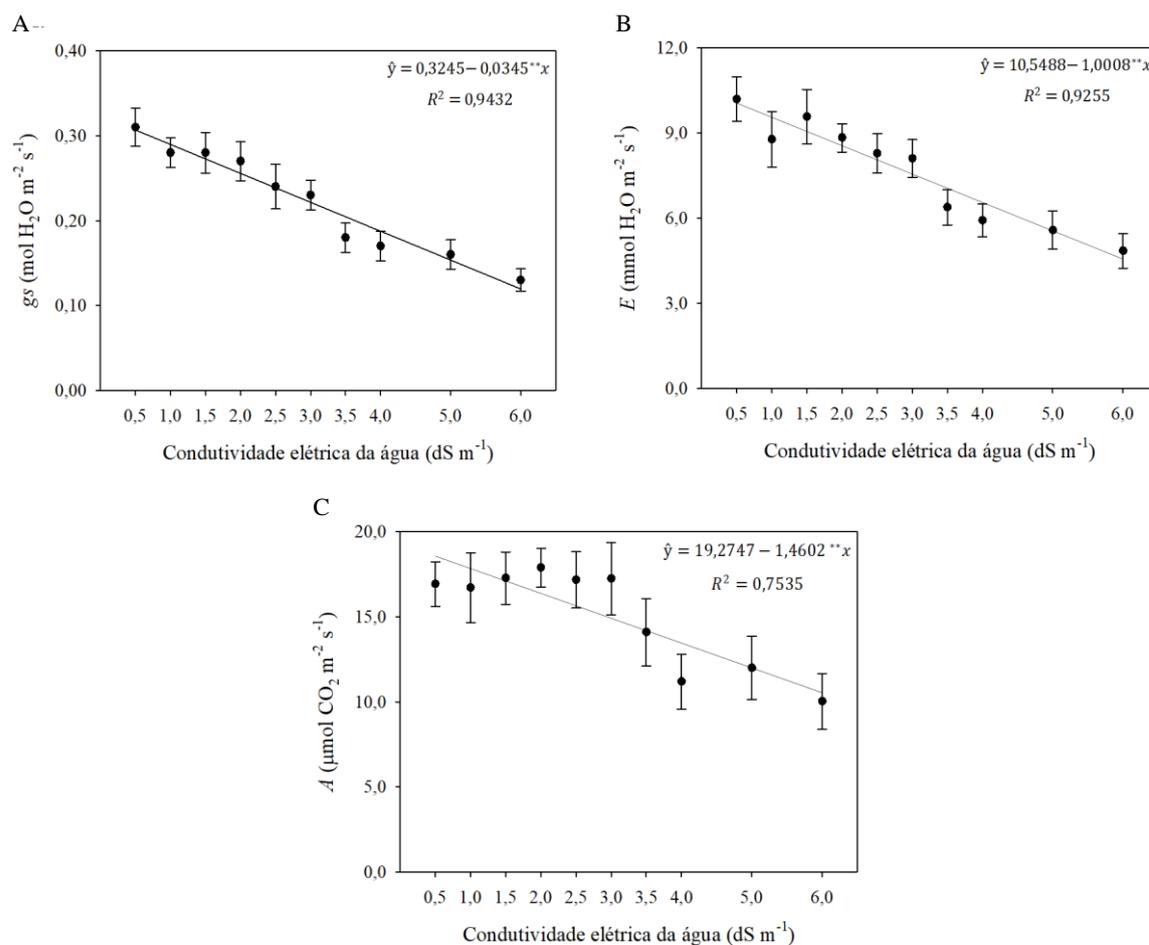
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância demonstrou que não houve efeito da interação entre os fatores salinidade x espécies, com efeito isolado da condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{CEa dS m}^{-1}$ ) nas variáveis taxa de fotossíntese líquida ( $A$ , em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa transpiratória ( $E$ , em  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e condutância estomática ( $g_s$ , em  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), assim como, efeito isolado do fator espécies para estas mesmas variáveis e para concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ).

O modelo linear foi o que melhor se ajustou ao efeito da condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{CEa}$ ), com decréscimos médios por incremento unitário da  $\text{CEa}$ , de 0,0345 ( $g_s$ ), 1,0 ( $E$ ) e 1,46 ( $A$ ) e reduções entre os extremos dos tratamentos salinos (0,5 e 6,0  $\text{dS m}^{-1}$ ), de 61,76; 54,78 e 43,31% respectivamente (Figura 1A, B e C). Uma única regressão para as três espécies significa dizer que a salinidade influenciou as três variáveis de modo estatisticamente igual em ambas.

A resposta da planta inteira mais prontamente mensurável à salinidade é a diminuição da abertura estomática (MUNNS; TESTER, 2008). Esse efeito é notadamente visível quando se comparam os valores relativos em percentual e observa-se que a condutância estomática no tratamento de maior salinidade (6,0  $\text{dS m}^{-1}$ ) correspondeu a 38,24% do valor obtido no

tratamento controle (0,5 dS m<sup>-1</sup>), o que conforme mencionado anteriormente, corresponde a uma redução de 61,76% (Figura 1A). As respostas estomáticas são indubitavelmente induzidas pelo efeito osmótico dos sais fora das raízes (MUNNS; TESTER, 2008). O déficit hídrico provocado pelo efeito osmótico induz a acumulação de ácido abscísico (ABA), que promove o fechamento estomático, reduzindo as trocas gasosas e assim inibindo a fotossíntese (TAIZ; ZAIGER, 2017).

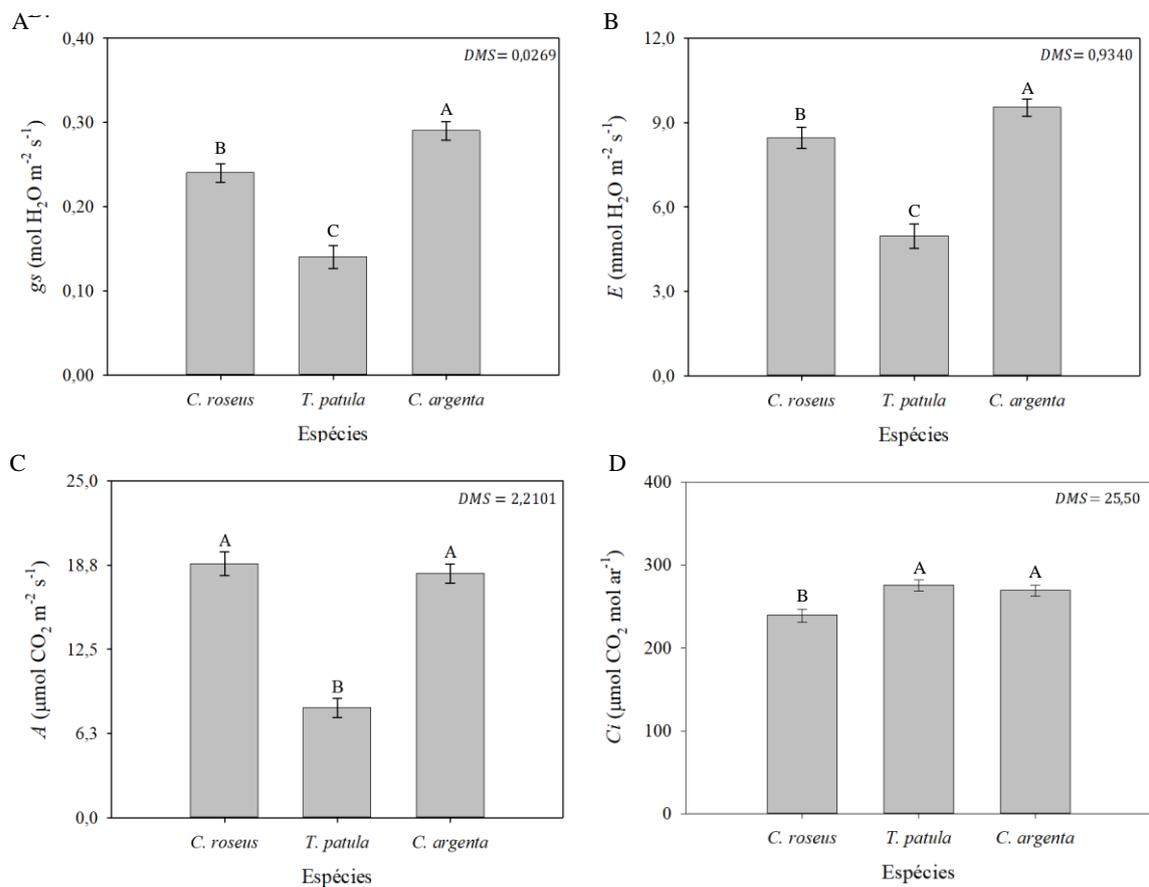


**Figura 1.** Condutância estomática (A), transpiração foliar (B) e taxa de fotossíntese líquida (C) em função da CEa de irrigação. Fortaleza, CE. 2019

A redução da condutância estomática e, conseqüentemente da transpiração, representam mecanismos adaptativo para lidar com o excesso de sais (ÁLVAREZ; SÁNCHEZ-BLANCO, 2015; KOYRO, 2006). Esta estratégia tende a reduzir o conteúdo de sais nas folhas e ajuda a aumentar a longevidade da planta, mantendo os sais em níveis baixos por mais tempo do que ocorreria se a taxa de transpiração não fosse reduzida (EVERARD *et al.*, 1994). Para Silveira *et al.* (2016), na fase osmótica do estresse salino o que comumente, neste período as plantas exibem é na realidade mais uma resposta fisiológica do tipo aclimatativa ao estresse do que mesmo danos sofridos pelo estresse salino em si. Por outro lado, de acordo com Acosta-motos

*et al.* (2017), a longo prazo, o estresse salino também pode afetar o processo fotossintético, devido ao acúmulo de sais nas folhas jovens e diminuição das concentrações de pigmentos fotossintéticos.

Com relação às espécies, a *C. argentea* apresentou as maiores médias para condutância estomática e transpiração, seguido de *C. roseus* e *T. pátula* (Figura 2A e B). Para taxa de assimilação líquida, *C. roseus* e *C. argentea* não diferiram estatisticamente, no entanto, ambas apresentaram valores superiores estatisticamente a *T. pátula* (Figura 2C).



**Figura 2.** Condutância estomática (A), transpiração foliar (B), taxa de fotossíntese líquida (C) e Concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  de *C. roseus*, *T. patula* e *C. argentea*. Fortaleza, CE. 2019.

Uma das explicações prováveis para estes resultados pode estar relacionado a área foliar, embora maior na espécie *T. patula*, conforme demonstrado mais adiante, o formato de folhas simples das espécies *C. roseus* e *C. argentea* pode favorecer maior interceptação da luz e  $\text{CO}_2$ . Folhas sombreadas por outras folhas estão expostas a níveis mais baixos de luz e a uma qualidade de luz diferente em relação às folhas acima delas e têm taxas fotossintéticas muito mais baixas (TAIZ; ZAIGER, 2017). Por outro lado, em condições de ambiente salino, os sais solúveis em contato com a zona radicular aumentam as forças de retenção de água

devido ao efeito osmótico, ocorrendo assim redução na absorção de água pela planta (DIAS *et al.*, 2016).

Resultados semelhantes aos observados nesta pesquisa são relatados em outros estudos conduzidos com plantas ornamentais submetidas a condições de estresse salino por (ÁLVAREZ; SÁNCHEZ-BLANCO, 2015; CARILLO *et al.*, 2019; FARIERE *et al.*, 2016; NEVES *et al.*, 2018;).

Para a concentração intercelular de CO<sub>2</sub>, as espécies *T. patula* e *C. argentea* não diferiram estatisticamente, porém, apresentaram valores superiores aos de *C. roseus* (Figura 2D).

Embora a condutância estomática, fotossíntese e transpiração tenham sido reduzidas em função do aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 3A, 3C e 3D), o mesmo não ocorreu para concentração intercelular de CO<sub>2</sub>, sendo as diferenças entre os valores, influenciadas somente pelas espécies (Figura 4A). Hussin *et al.* (2017) estudando os efeitos da salinidade e do CO<sub>2</sub> atmosférico elevado a curto prazo no equilíbrio químico entre a fixação de CO<sub>2</sub> e o transporte fotossintético de elétrons de *Stevia rebaudiana* Bertoni, mostraram que as reduções induzidas pelo estresse salino em *gs*, não influenciaram consistentemente a relação concentração interna de CO<sub>2</sub>/concentração ambiente de CO<sub>2</sub> (*Ci/Ca*), que permaneceu inalterada e muito acima do ponto de compensação de CO<sub>2</sub>.

O aumento da concentração intercelular de CO<sub>2</sub> em níveis elevados de salinidade também é observado em outras espécies de plantas, como por exemplo, no moloeiro, conforme relatado por Moraes *et al.* (2018), que verificaram aumento da concentração de CO<sub>2</sub> intercelular em função da elevação da salinidade, de 222 μmol CO<sub>2</sub> mol ar<sup>-1</sup> para 233 μmol CO<sub>2</sub> mol ar<sup>-1</sup>, considerando os extremos salinos 1,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>. De acordo com Centritto *et al.* (2003), altas concentrações de *Ci/Ca* podem indicar que o declínio fotossintético é, no entanto, devido à redução da condutância do mesofilo induzida pelo sal, ao invés de efeitos estomáticos. Conforme os autores Sivakumar, Sharmila e Saradhi (2000), que também observaram um acúmulo de CO<sub>2</sub> nos espaços intercelulares de muitas espécies de plantas, isso acontece quando o CO<sub>2</sub> não entra na fase fotossintética dependente da carboxilação. De acordo com Freire *et al.* (2014), a não redução nos valores de *Ci* indica que o CO<sub>2</sub> não está sendo utilizado para a síntese de açúcares no processo fotossintético, sugerindo que provavelmente um fator não estomático estaria interferindo nesse processo, o que pode ser confirmado pela redução da taxa fotossintética de plantas irrigadas com água salina (DIAS *et al.*, 2018).

## CONCLUSÕES

As variáveis, condutância estomática, transpiração e taxa fotossintética líquida sofreram decréscimos lineares em função do aumento da salinidade independente da espécie.

Não houve efeito da salinidade para concentração intercelular de CO<sub>2</sub>, com diferenças verificadas apenas entre as espécies, com destaque para as mudas da espécie da *C. argentea*, que apresentou as maiores médias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, J. Comparison of individual and combined effects of salinity and deficit irrigation on physiological, nutritional and ornamental aspects of tolerance in *Callistemon laevis* plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 185, p. 65-74, 2015.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality in agriculture**. 2. ed. Campina Grande: UFPB. FAO. Irrigation and Drainage Studies, 29. 1999.

CARILLO, P.; CIRILLO, C.; De MICCO, V.; ARENA, C.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Morpho-anatomical, physiological and biochemical adaptive responses to saline water of *Bougainvillea spectabilis* Willd. trained to different canopy shapes. **Agricultural Water Management**, v. 212, p. 12–22, 2019.

CARTER, C. T.; GRIEVE, C. M.; POSS, J. A.; SUAREZ, D. L. Production and ion uptake of *Celosia argentea* irrigated with saline wastewaters. **Scientia Horticulturae**, v. 106, p. 381–394, 2005.

CASSANITI, C.; ROMANO, D.; FLOWERS, T. J. The response of ornamental plants to saline irrigation water. In: GARCÍA GARIZÁBAL, I.; ABRAHAO, R. (eds). **“Irrigation: Types, Sources and Problems/Book 2”**. Intech, Rijeka, Croatia, p. 131–158. 2012.

CASSANITI, C.; ROMANO, D.; HOP, M.E.C.M.; FLOWERS, T. J. Growing floricultural crops with brackish water. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 165-175, 2013.

EVERARD, J. D.; GUCCI, R.; KANN, S. C.; FLORE, J. A.; LOESCHER, W. H. Gas Exchange

and Carbon Partitioning in the Leaves of Celery (*Apium graveolens* L.) at Various Levels of Root Zone Salinity. **Plant Physiology**, v. 106, n. 1, p. 281-292, 1994.

CENTRITTO, M.; LORETO, F.; CHARTZOULAKIS, K.: The use of low CO<sub>2</sub> to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. **Plant Cell Environ**, v. 26, p. 585-594, 2003.

DIAS N. S.; BLANCO F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. S. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I.S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. *In*: GHEYI H. R.; DIAS N. S.; LACERDA F. C.; GOMES FILHO, E (eds). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza, INCTSal. 2016. cap. 11, p. 151-162.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de.; SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.9, p. 628-633, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p628-633>

FARIERI, E.; TOSCANO, S.; FERRANTE, A.; ROMANO, D. Identification of ornamental shrubs tolerant to saline aerosol for coastal urban and peri-urban greening. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 18, p. 9–18, 2016.

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

FREIRE, J. L. de O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. de. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. *Revista Ciência Agrônômica*, v.45, p.82-91, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000100011>

GARCIA-CAPARRÓS, P.; LAO, M. T. The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 430-439, 2018.

HUSSIN, S.; GEISSLER, N.; EL-FAR, M. M. M.; KOYRO, H-W. Effects of salinity and short-term elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on the chemical equilibrium between CO<sub>2</sub> fixation and photosynthetic electron transport of *Stevia rebaudiana* Bertoni. **Plant Physiology et Biochemistry**, 2017. doi: 10.1016/j.plaphy.2017.06.017.

KOYRO, H. W. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 56, p. 136–146, 2006.

LACERDA, C. F. de.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, C. M. A.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G. de.; GHEYI, H. R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. *In*: GHEYI H. R.; DIAS N. S.; LACERDA F. C.; GOMES FILHO, E. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza, INCTSal. 2016. cap. 21, p. 337-349.

MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

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

MORAIS, P. L. D. de.; DIAS, N. da. SILVA.; OLIVEIRA, A. M. de.; SOUSA NETO, O. N. de.; SARMENTO, J. D. A.; GONZAGA, M. I. S. Effects of nutrient solution salinity on the physiological performance of melon cultivated in coconut fiber. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 713 – 718, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n321rc>

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F. de.; OLIVEIRA, A. C. de. SOUSA, C. H. C.; OLIVEIRA, F. I. F.; RIBEIRO, M. da. S. de. S. Quantitative and qualitative responses of *Catharanthus roseus* to salinity and biofertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 22-26, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n1p22-26>

SIVAKUMAR, P.; SHARMILA, P.; SARADHI, P. Pardha. Proline alleviates salt-stress-induced enhancement in ribulose-1, 5-bisphosphate oxygenase activity. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 279, n. 2, p. 512-515, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 731 p.