

TROCAS GASOSAS DE GRAVIOLEIRA IRRIGADAS COM ÁGUAS SALINAS E APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

André Alisson Rodrigues da Silva¹, Geovani Soares de Lima², Carlos Alberto Vieira de
Azevedo³, Jessica Dayanne Capitulino⁴, Luana Lucas de Sá Almeida Veloso⁵,
Hans Raj Gheyi⁶

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas de gravioleira em função da irrigação com águas salinas e das concentrações de peróxido de hidrogênio. O experimento foi desenvolvido sob condições de casa de vegetação do CTRN/UFCG, no município de Campina Grande-PB, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados em arranjo fatorial 5 x 5, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ (0; 10; 20; 30 e 40 μM), com duas plantas por parcela e quatro repetições. A salinidade da água a partir de 0,6 dS m⁻¹ diminuiu a transpiração de plantas de gravioleira, aos 120 dias após o semeio. A aplicação de peróxido de hidrogênio acima de 17 μM inibiu a transpiração da gravioleira. A aplicação de peróxido de hidrogênio na concentração de 17 μM associada a salinidade da água de 1,8 dS m⁻¹ promoveu maiores valores de condutância estomática e taxa de assimilação de CO₂ da gravioleira, aos 120 dias após o semeio.

PALAVRAS-CHAVE: *Annona muricata* L., Salinidade, Fisiologia.

GROWN GASES EXCHANGES IRRIGATED WITH SALT WATERS AND EXOTIC APPLICATION OF HYDROGEN PEROXIDE

¹ Engenheiro Agrícola, Doutorando UAEA/CTRN/UFCG. Universidade Federal de Campina Grande. Rua Aprígio Veloso, 882, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. Fone (83) 98689-8061. E-mail: andrealisson_cgpb@hotmail.com

² Prof. Dr., UACA/CCTA/UFCG. Pombal – Paraíba.

³ Prof. Dr., UAEA/CTRN/UFCG. Campina Grande – Paraíba.

⁴ Mestranda, UAEA/CTRN/UFCG. Campina Grande – Paraíba.

⁵ Doutoranda, UAEA/CTRN/UFCG. Campina Grande – Paraíba

⁶ Prof. Dr., UFRB. Recôncavo Baiano – Bahia.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate soursop gas exchange as a function of saline irrigation and hydrogen peroxide concentrations. The experiment was carried out under greenhouse conditions of CTRN / UFCG, in Campina Grande-PB, using a randomized block design in a 5 x 5 factorial arrangement, with five levels of electrical conductivity of irrigation water - CEa (0.6, 1.2, 1.8, 2.4 and 3.0 dS m⁻¹) and five concentrations of hydrogen peroxide - H₂O₂ (0, 10, 20, 30 and 40 µM), with two plants per plot and four repetitions. Water salinity from 0.6 dS m⁻¹ decreased perspiration of soursop plants at 120 days after sowing. Hydrogen peroxide application above 17 µM inhibited soursop perspiration. The application of hydrogen peroxide at a concentration of 17 µM associated with water salinity of 1.8 dS m⁻¹ promoted higher values of stomatal conductance and CO₂ assimilation rate of soursop at 120 days after sowing.

KEY WORDS: *Annona muricata* L., Salinity, Physiology.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem-se mantido nos últimos anos entre os três maiores produtores mundiais de frutas, atrás apenas da China e Índia (Reinhardt *et al.*, 2018). Dentre essas frutas a gravioleira (*Annona muricata* L.) tem se destacado, por apresentar potencial de comercialização no mercado interno com relevante importância econômica e perspectivas para exportação, devido à elevada aceitação dos frutos e polpa (Cavalcante *et al.*, 2016).

A região Nordeste contribui com 80% da produção nacional da graviola, sendo a Bahia o principal estado produtor (Lemos, 2014). No entanto, a salinidade da água nessa região é um dos principais fatores limitantes do crescimento e o desenvolvimento das culturas (Wu *et al.*, 2018). Uma alternativa capaz de amenizar os efeitos do estresse salino é através da aplicação de peróxido de hidrogênio.

A aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em concentrações adequadas pode estimular o maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis, que irão atuar como solutos orgânicos, realizando o ajustamento osmótico das plantas sob estresse salino, permitindo maior absorção de água (Carvalho *et al.*, 2011). Ante o exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas de mudas de gravioleira em função da salinidade da água e concentrações de peróxido de hidrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Campina Grande, PB, situada pelas coordenadas geográficas 07° 15' 18'' de latitude S, 35° 52' 28'' de longitude W e altitude média de 550 m.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados em arranjo fatorial 5 x 5, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio, aplicadas na embebição das sementes e na pulverização foliar – H₂O₂ (0; 10; 20; 30 e 40 µM) com duas plantas por parcela e quatro repetições, perfazendo o total de duzentas unidades experimentais.

Utilizaram-se nesta pesquisa sementes de gravioleira cv. Morada Nova; Para a obtenção das mudas de gravioleira foi realizado o semeio colocando-se 3 sementes em sacos de polietileno com dimensões de 15 x 30 cm, a 1,5 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante, apoiados em bancadas a uma altura de 0,8 m do solo.

As sacolas foram preenchidas com uma proporção de 2:1:1 de um Neossolo Regolítico de textura franco-arenosa, areia e matéria orgânica (húmus), proveniente da zona rural do município de Lagoa Seca, PB, sendo devidamente destorroado e peneirado, cujas características físico-hídricas e químicas (Tabela 1) foram determinadas conforme metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017).

Tabela 1. Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos

Características químicas									
pH (H ₂ O) (1:2, 5)	M.O. %	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺	PST (%)	CEes (dS m ⁻¹)
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total %	DA	DP
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5			(g cm ⁻³)	
732,9	142,1	125,0	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e H⁺ extraídos com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ pH 7,0; PST- Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA- Densidade aparente; DP- Densidade de partículas

Todas as adubações foram realizadas em cobertura, conforme recomendação de adubação para ensaios em vasos, contida em Novais *et al.* (1991), colocando-se as quantidades de 100,

150 e 300 mg kg⁻¹ de solo de nitrogênio, potássio (K₂O) e fósforo (P₂O₅), respectivamente, na forma de ureia, cloreto de potássio e fosfato monoamônio (MAP); aplicado via água de irrigação, aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura (DAS).

As concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), foram estabelecidas de acordo com estudo desenvolvido por Panngom *et al.* (2018), cuja diluição foi realizada em água deionizada. As sementes passaram por um pré-tratamento com H₂O₂, onde foram embebidas nas concentrações dos respectivos tratamentos por um período de 36 horas; em seguida realizou-se a semeadura. As aplicações foliares com as concentrações de H₂O₂, iniciaram-se aos 85 DAS, com pulverizações nas faces abaxial e adaxial das folhas, em intervalos de 15 dias.

A água utilizada na irrigação do tratamento de menor salinidade (0,6 dS m⁻¹) foi proveniente do sistema público de abastecimento de Campina Grande - PB; os demais níveis salinos foram preparados de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente, essa proporção de sais é comumente encontrada em fontes de água utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (Medeiros *et al.*, 1992). No preparo da água de irrigação dos maiores níveis de salinidade, foi considerada a relação entre CEa e concentração de sais (mmol_c L⁻¹ = 10*CEa (dS m⁻¹)), extraída de Richards (1954).

A irrigação foi realizada aplicando-se, em cada sacola, o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água, tomando-se como base volume consumido (VC), considerando o volume de água aplicado às plantas (VA) no dia anterior; VD é o volume drenado, quantificado na manhã do dia seguinte e a fração de lixiviação – FL desejada (20%).

Foram mensuradas aos 120 DAS, as trocas gasosas através da transpiração (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), condutância estomática (mol H₂O m⁻² s⁻¹) e taxa de assimilação de CO₂ (μmol m⁻² s⁻¹) avaliadas na terceira folha, contada a partir do ápice, com irradiação de fótons de 1200 μmol m⁻² s⁻¹ e vazão de ar de 200 mL min⁻¹, usando-se o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativo foram realizados análise de regressão polinomial em nível de 0,05 de probabilidade, utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se, através do resumo do teste F (Tabela 2) que a interação entre os fatores estudados (NS x H₂O₂) influenciou todas as variáveis analisadas, exceto a transpiração.

Outrossim, os níveis de salinidade da água de irrigação influenciaram ($p < 0,01$) todas as variáveis estudadas. Já as concentrações de peróxido de hidrogênio, quando analisadas de forma isolada, influenciaram a transpiração e condutância estomática da gravioleira.

Tabela 2. Resumo do teste F referente transpiração (E), condutância estomática (gs) e taxa de assimilação de CO₂ (A) da gravioleira irrigada com águas salinas e submetida a concentrações de peróxido de hidrogênio aos 120 dias após o semeio

Fonte de variação	Teste F		
	E	gs	A
Níveis Salinos (NS)	**	**	**
Regressão Linear	**	**	**
Regressão Quadrática	ns	ns	ns
Peróxido de Hidrogênio	*	*	ns
Regressão Linear	ns	ns	ns
Regressão Quadrática	**	**	ns
Interação (NS x H ₂ O ₂)	ns	*	**
Blocos	ns	ns	ns
CV (%)	14,39	13,21	15,24

ns, **, * não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$ respectivamente.

A transpiração da gravioleira foi afetada pelo incremento da salinidade da água de irrigação (Figura 1A) e mediante a equação de regressão, verificou-se um decréscimo de 6,12% por aumento unitário de CEa. Comparando-se a E das plantas cultivadas sob CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação as que receberam o menor nível salino (0,6 dS m⁻¹), verifica-se diminuição de 15,24% (0,176 mmol H₂O m⁻² s⁻¹). A redução da transpiração, com incremento da condutividade elétrica da água, é um mecanismo que possibilita à planta reduzir a perda de água para atmosfera, uma vez que a taxa de água que ela transpira é maior do que a absorvida do solo, devido ao efeito osmótico (Larcher, 2006).

As concentrações de peróxido de hidrogênio estimularam a transpiração da gravioleira, verificando-se que os dados se ajustaram ao modelo quadrático (Figura 1B), com o valor máximo estimado em 1,23 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ nas plantas submetidas a 17 µM de peróxido de hidrogênio, ocorrendo depleção a partir desta concentração. O valor mínimo encontrado foi de 0,816 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ nas plantas sob a concentração de 40 µM; tal resposta evidencia que a aplicação de alta concentração de peróxido de hidrogênio promove danos às plantas, possivelmente devido às alterações que ocorrem no metabolismo vegetal, promovendo restrição dos processos fotossintéticos (Cattivelli *et al.*, 2008).

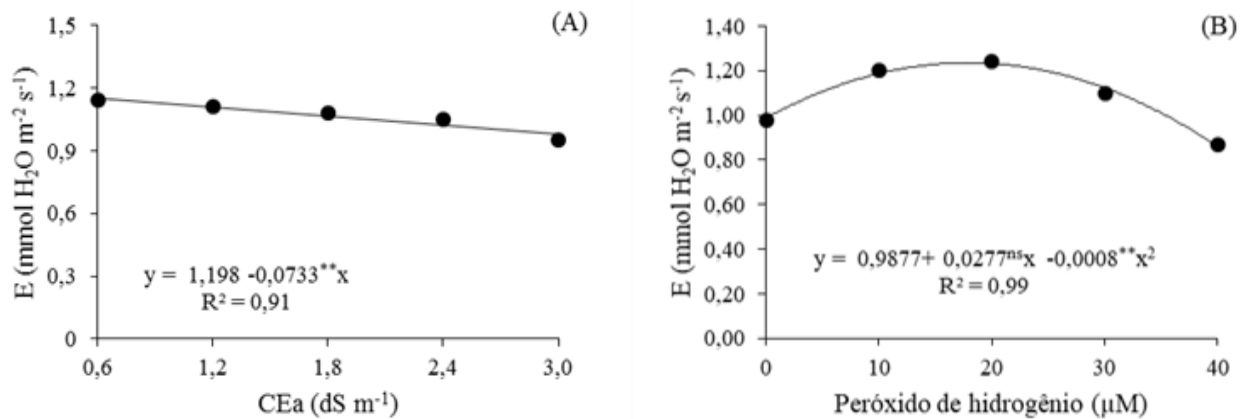
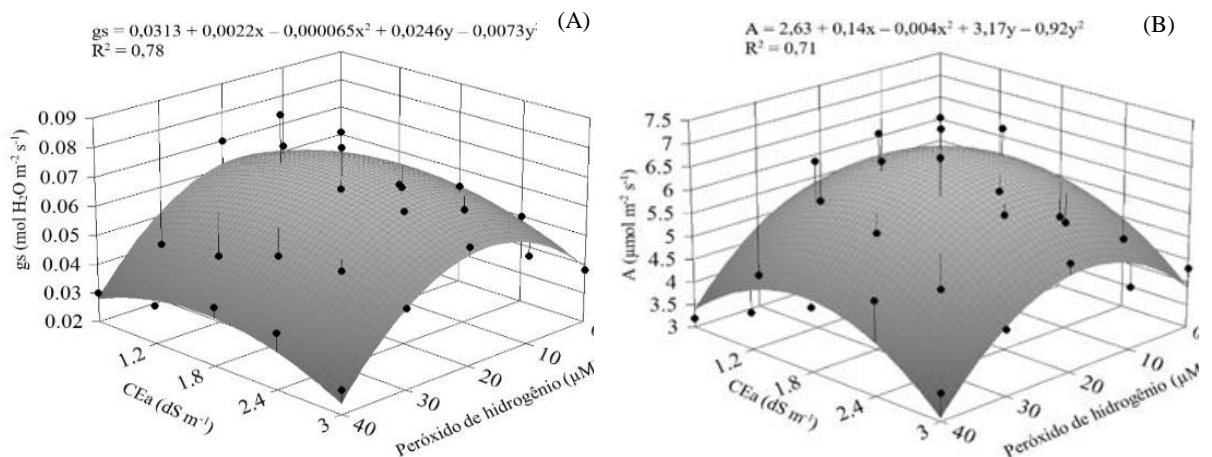


Figura 1. Transpiração (A) em função da condutividade elétrica da água – CEa e Transpiração (B) em função das concentrações de peróxido de hidrogênio.

Nota-se por meio da equação de regressão (Figura 1C) que as plantas submetidas a concentração de 17 µM de peróxido de hidrogênio e irrigadas com água de 1,8 dS m⁻¹ tiveram a maior condutância estomática (0,07 mol H₂O m⁻² s⁻¹). Já as plantas expostas a concentração de 40 µM de peróxido de hidrogênio e irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ obtiveram a menor gs (0,023 mol H₂O m⁻² s⁻¹), correspondendo a uma redução de 67,14% (0,047 mol H₂O m⁻² s⁻¹) quando comparadas as plantas com maior gs.



X e Y correspondem a concentração de H₂O₂ e CEa, respectivamente.

Figura 2. Condutância estomática (A) e taxa de assimilação de CO₂ (B) das plantas de gravioleira em função da interação entre a CEa e as concentrações de peróxido de hidrogênio, aos 120 dias após o semeio.

A taxa de assimilação de CO₂ (Figura 1D) também foi influenciada pela interação dos fatores em estudo e, assim como observado na gs, as plantas cultivadas sob a concentração de 17 µM de peróxido de hidrogênio e irrigadas com água de 1,8 dS m⁻¹ tiveram a maior A (6,58 µmol m⁻² s⁻¹). Entretanto as plantas expostas a concentração de 40 µM de peróxido de

hidrogênio e irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ obtiveram a menor A (3,06 μmol m⁻² s⁻¹), correspondendo a uma redução de 53,49% (3,52 μmol m⁻² s⁻¹) quando comparadas as plantas com maior A.

O aumento da *E*, *gs* e *A* nas plantas submetidas ao tratamento com do peróxido de hidrogênio na concentração de 17 μM pode ser um indicativo de aclimatação das plantas ao estresse salino. A pré-exposição de plantas a estresses moderados ou a metabólitos sinalizadores tais como o H₂O₂, pode resultar numa sinalização metabólica na célula (aumento metabólitos e/ou enzimas antioxidativas) e, portanto, resulta num melhor desempenho fisiológico, quando a planta é exposta a condições de estresse mais severo (Forman *et al.*, 2010). Entretanto, o peróxido de hidrogênio quando aplicado em altas concentrações exerce efeito tóxico sobre as plantas, causado sobretudo pelo estresse oxidativo (Silva *et al.*, 2019).

CONCLUSÃO

A salinidade da água a partir de 0,6 dS m⁻¹ diminui a transpiração de plantas de gravioleira.

A aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em concentração acima de 17 μM inibe a transpiração da gravioleira.

A aplicação de peróxido de hidrogênio na concentração de 17 μM associada a irrigação com água de 1,8 dS m⁻¹ promove maiores valores de condutância estomática e taxa de assimilação de CO₂ da gravioleira, aos 120 dias após o sementeio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cavalcante, L. F.; Da Rocha, L. F.; Silva, R. A. R.; Souto, A. G. L.; Nunes, J. C.; Cavalcante, Í. H. L. Produção e qualidade da graviola sob irrigação e cobertura do solo com resíduo de sisal. *Magistra*, v.28, n.1, p.91-101, 2016.

Carvalho, F. E. L.; Lobo, A. K. M.; Bonifacio, A.; Martins, M. O.; L Neto, M. C.; Silveira, J. A. G. Aclimatação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.416–423, 2011.

Cattivelli, L.; Rizza, F.; Badeck, F. W.; Mazzucotelli, E.; Mastrangelo, A. M.; Francia, E.; Maré, C.; Tondelli, A.; Stanca, A. M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*, v.105, n.2, p.1-14, 2008.

Ferreira, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

Forman, H. J.; Maiorino, M.; Ursini, F. Signaling functions of reactive oxygen species. *Biochemistry*, v.49, p.835-842, 2010.

Lemos, E. E. P. A produção de anonáceas no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.36, n.1, p.77-85, 2014.

Novais, R. F.; Neves J. C. L.; Barros N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. (ed) *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253. 1991.

Pannong, K.; Chuesaard, T.; Tamchan, N.; Jiwchan, T.; Srikongsritong, K.; Park, G. Comparative assessment for the effects of reactive species on seed germination, growth and metabolisms of vegetables. *Scientia Horticulturae*, v.227, n.1, p.85-91, 2018.

Richards, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954. 160p.

Reinhardt, D. H. R.; Bartolomeu, D. P.; Souza, F. V. D.; Carvalho, A. C. P. P. D.; Pádua, T. R. P. D.; Junghans, D. T.; Matos, A. P. D. Advances in pineapple plant propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.40, n.6, p.1-22, 2018.

Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V.; Veloso, L. L. S. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. D. A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.4, p.257-263, 2019.

Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. *Manual de métodos de análise de solo*. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017.

Wu, J.; Shu, S.; Li, C.; Sun, J.; Guo, S. Spermidine-mediated hydrogen peroxide signaling enhances the antioxidant capacity of salt-stressed cucumber roots. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.128, n.1, p.152-162, 2018.