

TROCAS GASOSAS DO MARACUJAZEIRO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO EXÓGENA DE H₂O₂

Jailton Garcia Ramos¹, Vera Lucia Antunes de Lima², Geovani Soares de Lima³, Francisco Jean da Silva Paiva⁴, Mariana de Oliveira Pereira⁵, Kheila Gomes Nunes⁶

RESUMO: Objetivou-se com este estudo avaliar as trocas gasosas do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado irrigado com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio. O estudo foi desenvolvido em ambiente protegido na Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, Campina Grande-PB, utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 4, cujos os tratamentos foram cinco níveis salinos da água de irrigação (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio (0; 15; 30 e 45 µM L⁻¹). O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu a condutância estomática do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado de maneira mais intensiva nas plantas que não receberam peróxido de hidrogênio. A aplicação foliar de 30 µM de peróxido de hidrogênio atenuou os efeitos deletérios do excesso de sais na água de irrigação do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado, aos 60 dias após o transplante.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora Edulis*, salinidade, peróxido de hidrogênio

GAS EXCHANGES OF PASSION FRUIT UNDER SALINE CONDITION AND EXOGENOUS APPLICATION OF H₂O₂

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the gas exchange of passion fruit cv. BRS Rubi do Cerrado irrigated with saline water and exogenous application of hydrogen peroxide. The study was carried out in a protected environment at the Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, in the city of Campina Grande-PB. A randomized block experimental design was adopted, in a 5x4 factorial arrangement, whose treatments were five saline water levels irrigation (0.6, 1.2, 1.8, 2.4 and 3.0 dS m⁻¹) and four concentrations of hydrogen peroxide (0; 15; 30 and 45 µM L⁻¹). The increase in salinity of irrigation water reduced the stomatal

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

² Professora, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB, e-mail: antuneslima@gmail.com

³ Professor visitante, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

⁵ Doutora em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

⁶ Graduanda em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

conductance of passion fruit cv. BRS Rubi do Cerrado more intensively in plants that didn't receive hydrogen peroxide. The foliar application of 30 μM of hydrogen peroxide attenuates the deleterious effects of excess salts in the irrigation water of passion fruit cv. BRS Rubi do Cerrado at 60 days after transplanting

KEYWORDS: *Passiflora Edulis*, salinity, hydrogen peroxide

INTRODUÇÃO

Pertencente à família Passifloraceae, o maracujazeiro se destaca como uma das espécies mais cultivadas nacionalmente. Na safra 2018, o Brasil se destacou como o maior produtor mundial de maracujá, com uma área de aproximadamente 78.502,42 hectares, e uma produção de 602.651 toneladas. O cultivo do maracujá é realizado em quase todos os estados brasileiros, com destaque principalmente na região Nordeste, que possui a maior área plantada, sendo os estados da Bahia e Ceará os que possuem as maiores produtividade médias de 10,50 e 17,25 t / ha, respectivamente (IBGE, 2018).

No entanto, o cultivo do maracujá no semiárido brasileiro está sob risco devido aos problemas de qualidade e quantidade de água o vem a provocar a salinidade do solo nessa região, pois, segundo Ayers & Westcot (1985), o maracujá é classificado como sensível à salinidade, com limiar salinidade de 1,3 dS m^{-1} . Para a condutividade elétrica da água de irrigação, o maracujá é afetado a partir de 2,1 dS m^{-1} (ARAÚJO et al., 2013). Os efeitos da salinidade nas plantas referem-se a alterações no potencial osmótico, bem como desequilíbrio iônico, nutricional e hormonal, causando alterações na morfologia, fisiologia e metabolismo, que levam a graves perdas na produtividade agrícola (SÁ et al., 2017).

Assim, estratégias de manejo vêm sendo aplicadas a fim de viabilizar a produção agrícola em regiões áridas e semiáridas que estão sob situação de colapso hídrico. A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio vêm sendo investigada com objetivo de entender seu efeito sob as plantas que estão acometidas a algum tipo de estresse abiótico. Por tratar-se de uma molécula sinalizadora de estresse, apresentar uma maior tempo de meia vida, passagem facilitada entre membranas alguns estudos vem apontando a potencialidade do uso de peróxido de hidrogênio em pequenas concentrações como agente atenuador do estresse salino (SILVA et al., 2019).

Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa avaliar as trocas gasosas do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado cultivado com águas salinas e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em ambiente protegido, no período de maio de 2019 a agosto de 2019, na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UAEAg/UFCG), localizada no município de Campina Grande, PB, com coordenadas geográficas 7° 15' 18'' latitude S, 35° 52' 28'' de longitude W e altitude de 550 m. Utilizou-se sementes do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado cedida pelo pomar do Instituto Federal da Paraíba, campus Sousa.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 15 tratamentos com 5 níveis salinos da água de irrigação (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e 4 concentrações de peróxido de hidrogênio (0; 15; 30 e 45 µM L⁻¹) com três repetições, perfazendo um total de 60 unidades experimentais. Destaca-se que os níveis de CEa e as concentrações de H₂O₂ foram estabelecidas baseando-se em estudos desenvolvidos por Andrade et al. (2019).

Na formação das mudas foram utilizadas sacolas plásticas com capacidade para 3 kg, preenchida com substrato na proporção 84:15:1 de solo, areia lavada e matéria orgânica (húmus de minhoca) respectivamente e foram irrigadas com água de abastecimento (0,4 dS m⁻¹), pelo princípio de lisimetria de pesagem (BERNARDO et al., 2008), sendo aplicado semanalmente uma fração de lixiviação de 0,15. O transplântio foi realizado quando as mudas começaram a apresentar gavinhas.

Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação foram preparados de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1 na relação entre Na:Ca:Mg, a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O respectivamente, ajustando-as às concentrações da água de abastecimento disponível. No preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais (mmolc L⁻¹ = 10*CEa (dS m⁻¹)) extraída de Richards (1954).

As mudas foram transplantadas para vasos de 250 L adaptados como lisímetros de drenagem, que foram preenchidos com uma camada de 0,5 kg de brita 0 seguida de 250 kg de solo representativo do município de Alagoa Nova, PB. O solo foi coletado na profundidade de 0-30 cm (horizonte A), que apresentaram as seguintes características (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do solo utilizado no experimento

pH (H ₂ O) (1:2, 5)	M.O. dag kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	Características químicas					PST (%)	CEs (dS m ⁻¹)
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺		
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0

M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black.

A aplicação das águas salinizadas ocorreu aos 15 dias após o transplântio. A irrigação foi estimada baseando-se no princípio da lisimetria de drenagem. As aplicações do peróxido de

hidrogênio foram realizadas via pulverização foliar, em intervalos de 15 dias, com início aos 15 dias após o início da irrigação com as águas salinizadas, utilizando-se um pulverizador costal e uma cortina, que isolou a planta e impediu a deriva de gotículas. As aplicações do H₂O₂ foram realizadas sempre às 17:00 h.

O espaçamento adotado foi de 2,20 m entre fileiras e 1,50 m entre plantas, utilizando-se o sistema de espaldeira vertical com arame liso n° 14 instalado dentro da casa de vegetação, a 2,40 m do piso e 1,60 m do solo do lisímetro. A adubação de fundação foi realizada conforme recomendação de São José (1994). As adubações com micronutrientes foram realizadas conforme EMBRAPA (2010).

Aos 60 dias após o transplântio foi mensurada as trocas gasosas condutância estomática - gs (mol m⁻² s⁻¹ de H₂O), transpiração - E (mmol m⁻² s⁻¹ de H₂O), taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol m⁻² s⁻¹), e concentração interna de CO₂ - Ci (μmol m⁻² s⁻¹), por meio da terceira folha totalmente expandida contada a partir do broto apical com uso do medidor de trocas gasosas “LCPro+” (ADC BioScientific Ltda.). O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado aos dados obtidos para verificar a suposição de normalidade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a p ≤ 0,05 e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando-se do software estatístico SISVAR ESAL (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no resumo da análise de variância (Tabela 2) houve efeito significativo dos níveis salinos, das concentração de peróxido de hidrogênio e interação entre estes fatores para todas as variáveis de trocas gasosas condutância estomática (gs), transpiração (E) e fotossíntese (A), com exceção da concentração interna de CO₂ (Ci).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis de trocas gasosas: condutância estomática (gs), transpiração (E), fotossíntese (A) e concentração interna de CO₂ (Ci) do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado irrigado com águas salinos e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) aos 60 dias após o transplântio.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médio			
		gs	E	A	Ci
Níveis salinos (NS)	4	0,00129*	2,287**	9,208*	1734,68 ^{ns}
Resíduo 1		0,0005	0,16	2,32	850,71
Concentrações de H ₂ O ₂	3	0,00140*	0,561**	2,521 ^{ns}	1630,09 ^{ns}
Interação (NS x H ₂ O ₂)	12	0,00190**	0,640**	5,725*	1306,50 ^{ns}
Resíduo 2	30	0,0004	0,13	1,69	956,26
CV 1 (%)		19,44	13,96	14,08	15,52
CV 2 (%)		18,90	12,37	12,03	16,45

GL = grau de liberdade; CV (%) = coeficiente de variação; **significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo.

A interação entre os níveis de CEa e as concentrações de H₂O₂ O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu a condutância estomática do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado de maneira mais intensiva nas plantas que não receberam peróxido de hidrogênio (Figura 1A).

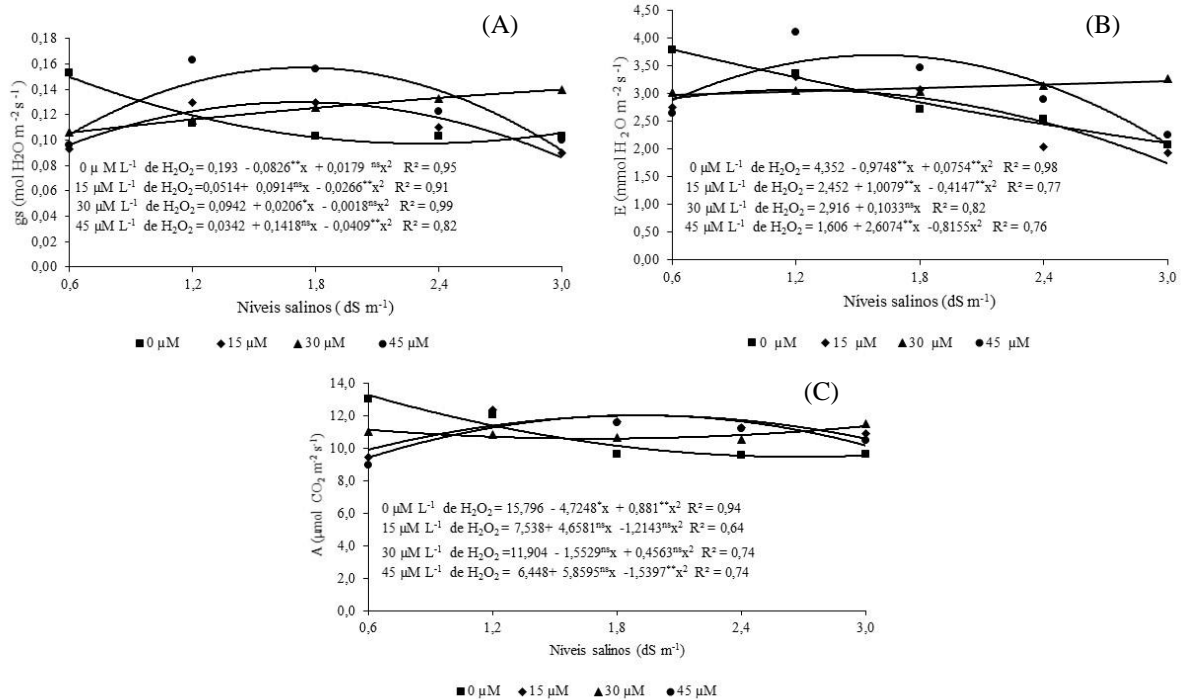


Figura 1. Efeito da interação entre níveis salinos da água de irrigação e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) na condutância estomática - gs (A), transpiração – E (B) e taxa de assimilação de CO₂ – A (C) do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado.

A partir das equações de regressão (Figura 1A) verificou-se que os dados se ajustaram ao modelo quadrático, sendo os valores máximos estimados de 0,153; 0,133 e 0,140; 0,163 e 0,156 mol H₂O m⁻² s⁻¹ obtidos quando as plantas receberam 0; 30; e 45 μM de H₂O₂ e foram irrigadas com CEa de 0,6; 1,2 e 1,2; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹. Comparando-se em termos relativos, as plantas que receberam as distintas concentrações de H₂O₂ (0; 15; 30 e 45 μM) e CEa de 0,6 dS m⁻¹ reduziram a gs em 32,68% (0,05 mol H₂O m⁻² s⁻¹), 3,22% (0,003 mol H₂O m⁻² s⁻¹), 24,28% (0,024 mol H₂O m⁻² s⁻¹) e 4% (0,0004 mol H₂O m⁻² s⁻¹) respectivamente em relação as que receberam 3,0 dS m⁻¹.

A redução na condutância estomática pode ser consequência do efeito osmótico causado pelo excesso de sais na água de irrigação, aumentando a concentração de sais no solo, comprometendo a absorção de água pelas raízes, levando o maracujá a reduzir sua abertura estomática para evitar a perda de água (ANDRADE et al., 2019). Santos et al. (2020) em estudo com mudas de pitaya sob estresse salino e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio

afirmaram que o peróxido de hidrogênio em concentrações acima de 30 μM possam conduzir ao desenvolvimento de mecanismos de resistência aos efeitos deletérios da salinidade.

A transpiração foi reduzida com o aumento da salinidade da água de irrigação mesmo com a aplicação exógena do peróxido de hidrogênio, exceto na concentração de 30 μM (Figura 1B), de modo que, houve um aumento linear em função na transpiração em função do aumento na salinidade da água de irrigação, onde a salinidade de 0,6 dS m^{-1} promoveu uma transpiração de 3,01 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ já de salinidade de 3,0 dS m^{-1} um valor de 3,27 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, que em termos relativos representa um aumento de 7,95% (0,26 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Assim, este mecanismo fisiológico foi afetado de maneira positiva pela ação desta espécie reativa de oxigênio, a transpiração foi influenciada diretamente pela condutância estomática, o que corrobora este estudo, os estômatos também influenciam na temperatura da folha, no fluxo de metabólitos e nas sinalizações químicas à longa distância como na produção de agentes antioxidativos a fim de alcançar a homeostase redox (PARIHAR et al., 2015). Pela equação de regressão (Figura 1B) observa-se que a maior transpiração foi obtida quando se irrigou com água salina de 1,6 dS m^{-1} com uma transpiração de 3,71 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com uma redução de 22,64% (0,84 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) por incremento unitário na salinidade da água de irrigação.

O peróxido de hidrogênio atua diretamente nas funções metabólicas da planta, pelo fato de ser uma espécie reativa de oxigênio capaz de oxidar membranas, desnaturar lipídeos, sua aplicação exógena possivelmente estimulou a produção de enzimas antioxidantes como a catalase, o superperóxido dismutase favorecendo uma aclimação da planta (EL-BASSIOUNY & SADAK, 2015).

A taxa de assimilação líquida também foi afetada pela interação entre os níveis salinos da água de irrigação e as concentrações de peróxido de hidrogênio, e de acordo com as equações de regressão (Figura 1C), com aumento na condutividade elétrica da água de irrigação houve ocorrência de incremento na taxa de assimilação de CO_2 com a aplicação foliar de H_2O_2 até a concentração de 30 μM (11,48 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) quando o maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado foi irrigado com água de 3,0 dS m^{-1} . A concentração de peróxido de hidrogênio de 45 μM promoveu uma redução na fotossíntese de 8,88% (1,02 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em comparação as que receberam a concentração de 30 μM para o maior nível salino respectivamente. Desta forma, pressupõe-se que o excesso de espécies reativas de oxigênio exerce um efeito negativo, causado principalmente pelo estresse oxidativo, no metabolismo vegetal (SILVA et al., 2019).

Em termos relativos, ao comparar o efeito do peróxido de hidrogênio nas plantas irrigadas com maior salinidade de água de irrigação (3,0 dS m^{-1}), foi possível observar que as plantas que

foram pulverizadas com 30 μM de peróxido de hidrogênio apresentaram uma taxa de assimilação de CO_2 16,29% ($1,87 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) maior do que aquelas que não receberam peróxido de hidrogênio em relação ao menor nível salino.

CONCLUSÕES

O estresse salino reduz a condutância estomática, a taxa de assimilação de CO_2 e a transpiração do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado, aos 60 dias após o transplante;

A aplicação foliar de 30 μM de peróxido de hidrogênio atenua os efeitos deletérios do estresse salino sobre a condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO_2 do maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado;

O uso exógeno de peróxido de hidrogênio pode ser visto como uma estratégia de manejo na produção agrícola em regiões de clima árido e semiárido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E. M.; LIMA, G. S. D.; LIMA, V. L.; SILVA, S. S. D.; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H_2O_2 application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 12, p. 945-951, 2019.

ARAÚJO, W. L.; SOUSA, J. R. M.; SOUSA JUNIOR, J. R.; SILVA, S. S.; LIMA ALEIXO, D. Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo irrigadas com água salina. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, p. 15-19, 2013.

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

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985. 174 p.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. Viçosa, UFV, 2008. 611p

EL-BASSIOUNY, H.; SADAK, M. S. Impact of foliar application of ascorbic acid and α -tocopherol on antioxidant activity and some biochemical aspects of flax cultivars under salinity stress. **Acta Biológica Colombiana**, v. 20, n. 2, p. 209-222, 2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações de calagem e adubação para maracujazeiro**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2010. 4p.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, **Produção agrícola: Lavoura Permanente**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11863>. Acesso em: 19 de setembro de 2020.

PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 6, p. 4056-4075, 2015.

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

SÁ, F. D. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. D.; PAIVA, E. D.; FERNANDES, P. D.; MOREIRA, R. C.; FERREIRA NETO, M. Water relations and gas exchanges of West Indian Cherry under salt stress and nitrogen and phosphorus doses. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, p. 168-177, 2017.

SANTOS, L. C.; DE ARAUJO SILVA, S. T.; MEDEIROS, C. R. de; SANTOS, A. V. D. dos; SILVA SEVERO, P. J. da; MEDEIROS, J. E. de; PEREIRA, J. D. A. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de pitáia vermelha (*Hylocereus costaricensis*)/Hydrogen peroxide as an attenuant to saline stress in the formation of red pita child (*Hylocereus costaricensis*). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 27295-27308, 2020.

SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V.; DUARTE FILHO, J.; LEITE, M. J. Formação de mudas de maracujazeiro. In: São José, A. R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1994. p. 41-48.

SILVA, A. A. R. D.; LIMA, G. S. D.; AZEVEDO, C. A. V. D.; GHEYI, H. R.; SOUZA, L. D. P.; VELOSO, L. L. D. S. A. Trocas gasosas e crescimento de mudas de maracujazeiro sob estresse salino e peróxido de hidrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, 2019.