

TROCAS GASOSAS DE GOIABEIRA SOB SALINIDADE DA ÁGUA E ÁCIDO SALICÍLICO

Adnelba Vitória Oliveira Xavier¹, Geovani Soares de Lima², Hans Raj Gheyi², André Alisson Rodrigues da Silva³, Cassiano Nogueira de Lacerda¹, Luana Lucas de Sá Almeida Veloso⁴

RESUMO: A goiaba é uma frutífera largamente produzida no Nordeste brasileiro, região caracterizada pelas altas taxas de evaporação, chuvas escassas e fontes de águas com níveis elevados de sais. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação exógena de ácido salicílico na mitigação do estresse salino em mudas de goiabeira 'Paluma'. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em Campina Grande – PB, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 5×5 , sendo cinco níveis de CEa (0,6; 1,5; 2,4, 3,3 e 4,2 dS m⁻¹) e cinco concentrações de AS (0; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 mM), com quatro repetições e duas plantas por parcela. A irrigação com água salina afetou negativamente a condutância estomática e a transpiração das mudas de goiabeira. As concentrações de ácido salicílico promoveram aumento na condutância estomática, taxa de assimilação de CO₂, concentração interna de CO₂ e eficiência instantânea da carboxilação de mudas de goiabeira 'Paluma', aos 159 dias após a semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: *Psidium Guajava* L., estresse salino, fitormônio

GAS EXCHANGES OF GUAVA PLANTS UNDER WATER SALINITY AND SALICYLIC ACID

ABSTRACT: Guava is a fruit that is largely produced in Northeastern Brazil, a region characterized by high rates of evaporation, scarce rainfall and water sources with high levels of salts. Thus, the objective was to evaluate the effect of exogenous application of salicylic acid in the mitigation of salt stress in 'Paluma' guava seedlings. The experiment was carried out in a

¹ Discente do Curso de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. E-mail: adnelba_vitoria@hotmail.com; cassianonogueiraagro@gmail.com

² Prof. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. Fone (83) 99945-9864. E-mail: geovani.soares@pq.cnpq.br; hans@pq.cnpq.br

³ Discente do Curso de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. E-mail: andrealisson_cgpb@hotmail.com

⁴ Doutora em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. E-mail: luana_lucas_15@hotmail.com

greenhouse, in Campina Grande - PB, using a randomized block design in a 5×5 factorial arrangement, with five levels of CEa (0.6; 1.5; 2.4, 3, 3 and 4.2 dS m⁻¹) and five concentrations of AS (0; 0.8; 1.6; 2.4 and 3.2 mM), with four replications and two plants per plot. Irrigation with saline water negatively affected the stomatal conductance and transpiration of guava seedlings. Salicylic acid concentrations promoted an increase in stomatal conductance, CO₂ assimilation rate, CO₂ internal concentration and instantaneous carboxylation efficiency of 'Paluma' guava seedlings at 159 days after sowing.

KEYWORDS: *Psidium Guajava* L., saline stress, phytohormone

INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium Guajava* L.) é uma frutífera de grande aceitação no território brasileiro devido ao seu consumo *in natura* e a possibilidade de industrialização (ALENCAR et al., 2016). A região Nordeste é responsável por 47,95% (IBGE, 2019) de toda a produção nacional. Porém, essa região é caracterizada por altas taxas de evaporação, chuvas irregulares e drenagem inadequada, além das fontes de água que frequentemente possuem níveis elevados de sais dissolvidos (BEZERRA et al., 2018). A utilização de águas salinas pode limitar a produção agrícola devido aos efeitos osmóticos, nutricionais e toxicidade específica por íons, o que pode reduzir a produção (SOUSA et al., 2016). Dentre as alternativas que têm sido empregadas para minimizar os efeitos do estresse salino sobre as plantas destaca-se a aplicação exógena de ácido salicílico. O ácido salicílico é um composto fenólico que é reconhecido como regulador do metabolismo da planta podendo afetar seu crescimento, desenvolvimento, taxa de transpiração, regulação estomática, fotossíntese e outros (FARIDUDDIN et al., 2018). Apesar de existir pesquisas avaliando a utilização do ácido salicílico, poucas pesquisas relacionadas a mitigação do estresse salino foram encontradas, principalmente voltadas para a goiabeira. Desta forma, objetivou-se como trabalho avaliar o efeito da aplicação exógena de ácido salicílico em mudas de goiabeira 'Paluma' irrigadas com águas salinas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de outubro de 2020 a abril de 2021 em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande, PB, Brasil. Os tratamentos consistiram da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,6; 1,5; 2,4;

3,3 e 4,2 dS m⁻¹) e cinco concentrações de ácido salicílico - AS (0; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 mM), distribuídos em blocos casualizados em arranjo fatorial 5 × 5 com quatro repetições e duas plantas por parcela. A cultivar de goiabeira utilizada no experimento foi a ‘Paluma’, uma cultivar vigorosa com fácil propagação e com tolerância a pragas e doenças, principalmente à ferrugem (*Puccinia psidii* Wint.). As águas de irrigação com diferentes Cea foram preparadas dissolvendo-se NaCl, CaCl₂ e MgCl₂ em água de abastecimento local (0,28 dS m⁻¹) seguindo a proporção comumente encontrada no Nordeste brasileiro de 7:2:1 entre Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ (MEDEIROS, 1992); as quantidades dos sais foram determinadas considerando a relação entre a Cea e a concentração de sais conforme a Eq. 1:

$$c(\text{mmol}_c \text{L}^{-1}) = 640 \times \text{CEa}(\text{dS m}^{-1}) \quad (1)$$

Em que: C = Concentração de sais na água de irrigação (mmol_c L⁻¹); CEa = Condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

As concentrações de AS (0; 0,8; 1,6; 2,4; 3,2 mM) foram obtidas a partir da dissolução do ácido em 30% de álcool etílico. O preparo da solução foi realizado sempre nos eventos de aplicações quinzenais e adicionado o espalhante Wil fix para auxiliar na fixação do AS nas folhas através da quebra da tensão superficial. As pulverizações foram realizadas entre às 17:00 e 18:00 horas com o intuito de minimizar a evaporação da solução da superfície da folha. A formação das mudas deu-se em sacolas plásticas de dimensões 10 × 20 cm, sendo preenchidas com um substrato na proporção de 3:1 (em base de volume) de um solo classificado como *Neossolo Regolítico* de textura franco arenosa, proveniente do município de Lagoa Seca, PB, foi coletado na profundidade de 0-20 cm (horizonte A) (Tabela 1).

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

Características químicas								
pH (H ₂ O)	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
(1:2,5)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)cmol _c kg ⁻¹					
6,5	8,1	79	0,24	0,51	14,9	5,4	0	0,9
.....Características químicas.....		Características físicas.....					
CE _{es} (dS m ⁻¹)	CTC (cmol _c kg ⁻¹)	RAS _{es} (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	PST %	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
2,15	16,54	0,16	3,08	Areia	Silte	Argila	CC ¹	PMP ²
				572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

M.O.– Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺ e H⁺ extraídos com acetato de cálcio 0,5 M pH 6,5; PST- Percentagem de sódio trocável; CE_{es} – Condutividade elétrica do extrato de saturação; RAS_{es} – Relação de absorção de sódio do extrato de saturação do solo; ¹Capacidade de campo a tensão de 33,42 kPa; ²Ponto de murcha permanente a tensão de 1519,50 kPa.

A semeadura foi realizada colocando-se 4 sementes por sacola de forma equidistante a uma profundidade de 2 cm. A emergência das plântulas teve início aos 20 dias após a semeadura (DAS) e após o estabelecimento da emergência iniciou-se a adubação com nitrogênio, fósforo e potássio conforme recomendação de Novais et al. (1991) e levando-se em consideração os teores apresentados na análise de solo, sendo aplicado o equivalente a 100, 300 e 150 mg kg⁻¹ de solo de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, divididas em nove aplicações a partir de 40 DAS

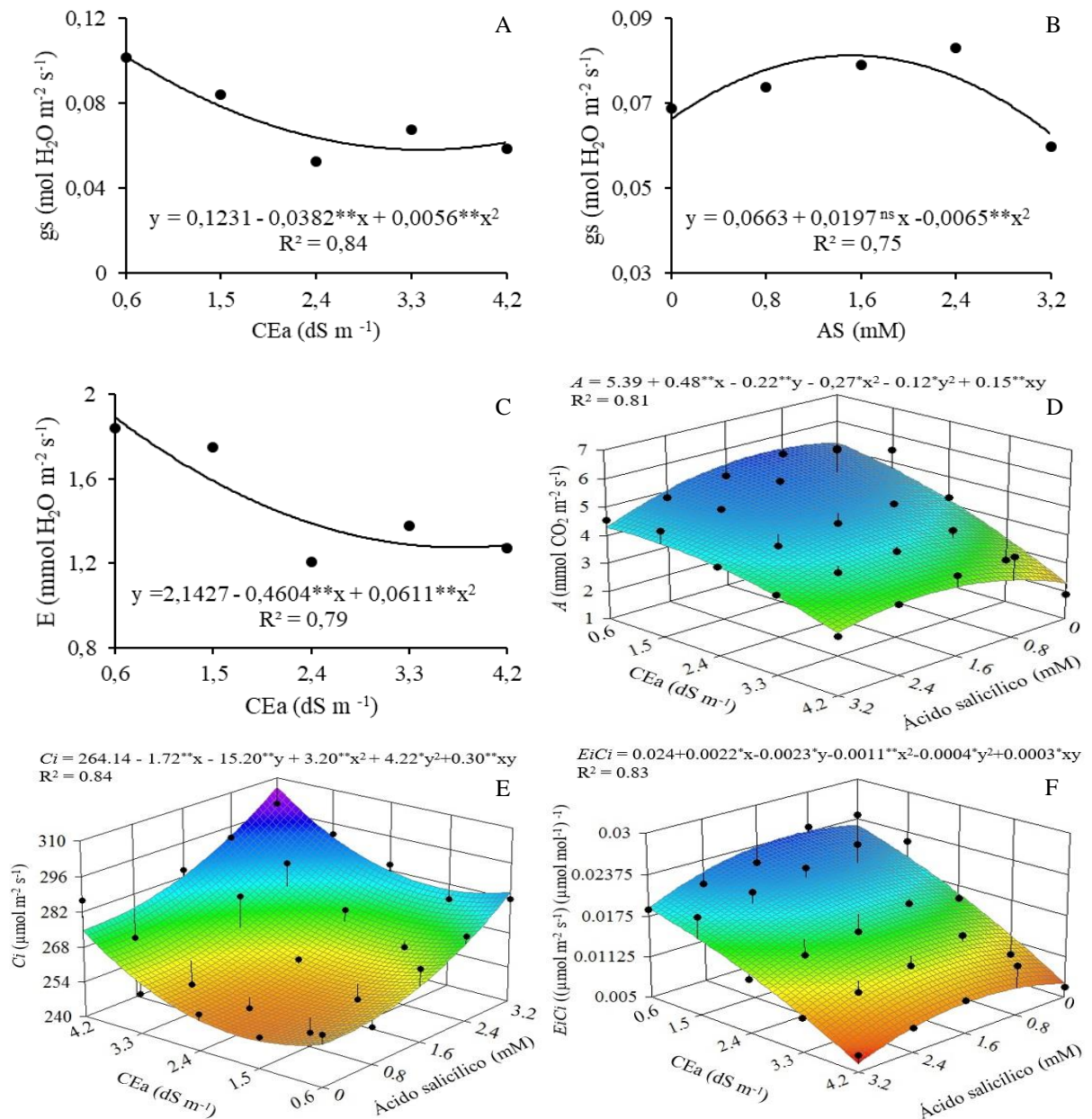
em intervalos de 15 dias até os 160 DAS. Realizaram-se aplicações com micronutrientes na concentração de 2,5 g de Ubyfol® L⁻¹ via foliar nas faces adaxial e abaxial, sendo aplicadas quinzenalmente para suprir necessidades de micronutrientes. Iniciou-se a aplicação das concentrações de AS aos 67 DAS quando as plantas apresentaram crescimento uniforme e as demais aplicações foram realizadas quinzenalmente até os 165 DAS. Já a irrigação com os distintos níveis de salinidade da água teve início aos 75 DAS, realizada de forma manual diariamente utilizando-se uma proveta graduada. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados pelas trocas gasosas aos 159 DAS através da condutância estomática - g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração - E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 - A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência instantânea de carboxilação - $EiCi$ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} / \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e eficiência instantânea no uso da água - $EiUA$ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$). As leituras foram realizadas na terceira folha contada a partir do ápice utilizando o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda. Com os dados obtidos quantificou-se a eficiência no uso da água ($EiUA$) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação ($EiCi$) (A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste ‘F’, e quando significativo foi empregada a análise de regressão polinomial linear, quadrática utilizando-se do software estatístico ao nível de 0,01 e 0,05 de probabilidade através do programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR 5.6 (FEREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condutância estomática das mudas de goiabeira diminuiu de forma quadrática (Figura 1A), sendo o valor máximo estimado de 0,102196 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ obtido nas plantas sob o menor nível salino (0,6 dS m^{-1}). Ao comparar as plantas submetidas a salinidade da água de 4,2 dS m^{-1} em relação as que receberam CEa de 0,6 dS m^{-1} , verifica-se diminuição de 0,040752 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$. De acordo com a equação de regressão (Figura 1B) observa-se que a condutância estomática das mudas de goiabeira também foi afetada pela aplicação de diferentes concentrações de ácido salicílico, com o maior valor estimado de 0,081 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ obtido sob a concentração de 1,51mM de AS.

O fechamento dos estômatos com o aumento da salinidade (Figura 1A) é um mecanismo de proteção utilizado pelas plantas contra o estresse salino que tem como objetivo reduzir a perda de água pelas folhas (DIAS et al., 2019). O aumento em g_s em função das concentrações de ácido salicílico (Figura 1B) pode ser atribuído ao papel desenvolvido pelo AS de induzir a

tolerância das plantas ao estresse salino, agindo no aumento da atividade de enzimas antioxidantes, como observado por Silva et al. (2020).



X e Y – concentração de AS e CEa, respectivamente; *, ** significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente. O ponto e as linhas verticais representam a média +/- o erro padrão ($n=3$).

Figura 1. Condutância estomática (gs) de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função da salinidade da água de irrigação – CEa (A) e de concentrações de ácido salicílico – AS (B); e transpiração (E) em função da salinidade da água de irrigação – CEa. Superfície de resposta para taxa de assimilação de CO_2 - A (D), concentração interna de CO_2 - Ci (E) e eficiência instantânea da carboxilação ($EiCi$) ao 159 DAS.

A transpiração das mudas de goiabeira (Figura 1C) também decresceu de forma quadrática, sendo a redução de $0,60 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas plantas cultivadas sob CEa de $4,2 \text{ dS m}^{-1}$ em relação as que receberam o menor nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$). A redução da E está associada ao fechamento estomático como uma estratégia de diminuição da absorção de íons tóxicos como o Na^+ e Cl^- (ANDRADE, 2018). As plantas submetidas a concentrações de AS

acima de 0,8mM obtiveram aumento na taxa de assimilação de CO₂ apesar da irrigação com águas salinas, tendo o maior valor para A (5,250 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹) obtido em plantas irrigadas com CEa de 1,5 dS m⁻¹ e submetidas a concentração de 1,3mM de AS.

O efeito positivo obtido do uso do AS sob a taxa de assimilação de CO₂ pode estar relacionado a capacidade que o AS tem de promover aumento na atividade enzimática e na fotossíntese, enquanto mantem o balanço entre produção e eliminação de espécies reativas de oxigênio (BATISTA et al., 2019). As plantas submetidas a CEa de 4,2 dS m⁻¹ e 3,2 mM de AS apresentaram maior *Ci*. De acordo com Silva et al. (2020) o aumento da *Ci* é um indicativo de degradação do aparato fotossintético provocado pelo estresse salino. A eficiência instantânea de carboxilação também foi afetada pela interação dos fatores níveis de salinidade da água e AS. As plantas irrigadas com água superior a 0,6 dS m⁻¹ apesar da concentração de AS, tiveram sua *EiCi* afetada de forma negativa. Entretanto, o maior valor de *EiCi* (0,02376 (μmol m⁻² s⁻¹) (μmol mol⁻¹)⁻¹) foi obtido em plantas submetidas a concentração de 1,1 mM e irrigada com 0,6 dS m⁻¹. A redução em *EiCi* indica que o CO₂ está sendo totalmente fixado quando atinge o mesófilo foliar provocando restrições no ciclo de Calvin, redução na síntese de açúcares no processo da fotossíntese e redução na produção da enzima RuBisCO (DIAS et al., 2019).

CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afeta negativamente a condutância estomática e a transpiração das mudas de goiabeira. A aplicação de ácido salicílico aumenta a condutância estomática, a taxa de assimilação de CO₂, a concentração interna de CO₂ e a eficiência instantânea de carboxilação (*EiCi*) de mudas de goiabeira 'Paluma', aos 159 dias após a semeadura.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, R. D.; LEITE, G. A.; MENDONÇA, V.; LIMA, F. V. de; PEREIRA, G. A.; FARIAS, W. C. de. Adubação potássica na produção e qualidade pós-colheita de goiaba 'Paluma' no semiárido potiguar. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 1, p. 139-148, 2016.
- ANDRADE, E. M. G. **Águas salinas e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio no cultivo de maracujazeiro amarelo**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola: Área de concentração

Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018. 104p.

BATISTA, V. C. V.; PEREIRA, I. M. C.; MARINHO, S. de O. P.; CANUTO, K. M.; PEREIRA, R. de C. A.; RODRIGUES, T. H. S.; DALOSO, D. de M.; GOMES FILHO, E.; CARVALHO, H. H. de. Salicylic acid modulates primary and volatile metabolites to alleviate salt stress-induced photosynthesis impairment on medicinal plant *Egletes viscosa*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 167, p. e103870, 2019.

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; LACERDA, C. F. de; LIMA, B. G. F.; BONIFÁCIO, B. F. Water salinity and nitrogen fertilization in the production and quality of guava fruits. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 3, p. 837-848, 2019.

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J. L.; FATIMA, R. T.; ELIAS, J. J.; SOUZA, L. DE P.; AZEVEDO, F. L. de. Physiological alterations and production of guava under water salinity and nitrogen fertilizer application. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 1945-1956, 2018.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salt stress and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 429-439, 2019.

FARIDUDDIN, Q.; KHAN, T. A.; YUSUF, M.; AAFAQEE, S. T.; KHALIL, R. R. A. E. Ameliorative role of salicylic acid and spermidine in the presence of excess salt in *Lycopersicon esculentum*. **Photosynthetica**, v. 56, n. 3, p. 750-762, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992. 173p.

NOVAIS, R. F. de; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. de. Ensaio em ambiente controlado. In: **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**, v. 1, p. 89-253, 1991.

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

SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S de; AZEVEDO, C. A. V. de; VELOSO, L. L. de S. A.; GHEYI, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1092-1101, 2020.

SOUZA, L. de P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M. da; LIMA, G. S. de; PINHEIRO, F. W. A.; ALMEIDA, L. L. de. Formation of 'Crioula' guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 8, p. 739-745, 2016.

UNITED STATES - Department of Agriculture. **Keys to soil taxonomy**. Natural Resources Conservation Service, 2014. 372p.