

## TEORES DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE GRAVIOLEIRA CULTIVADA SOB ESTRESSE SALINO E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

Luana Lucas de Sá Almeida Veloso<sup>1</sup>, André Alisson Rodrigues da Silva<sup>2</sup>, Geovani Soares de Lima<sup>3</sup>, Carlos Alberto Vieira de Azevedo<sup>4</sup>, Jessica Dayanne Capitulino<sup>5</sup>, Hans Raj Gheyi<sup>6</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se com o trabalho avaliar o efeito da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nos teores de pigmentos fotossintéticos das mudas de gravioleira sob estresse salino. O experimento foi desenvolvido em condições de casa de vegetação no CTRN/UFCG, no município de Campina Grande, adotando-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 5, sendo, cinco níveis de salinidade da água de irrigação – CEa (0,6; 1,2; 1,8, 2,4 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 10, 20, 30, 40 µM) com duas plantas por parcela e quatro repetições. A concentração de 20 µM possibilitou um melhor desempenho da clorofila *a*, clorofila total e carotenoides das mudas de gravioleira submetidas ao estresse salino, aos 120 dias após o semeio. O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduziu o teor de clorofila *a*, *b* e total.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Annona muricata* L., salinidade, pigmentos fotossintéticos

## PHOTOSYNETHIC PIGMENT CONTENTS OF CULTIVATED SOURSOP UNDER SALINE STRESS AND HYDROGEN PEROXIDE

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the effect of hydrogen peroxide exogenous application on photosynthetic pigment contents of soursop seedlings under saline stress. The experiment was carried out under greenhouse conditions at the CTRN / UFCG, in the city of Campina Grande, using a randomized block design in a 5 x 5 factorial scheme, with five irrigation water salinity levels - CEa (0.6, 1.2, 1.8, 2.4 and 3.0 dS m<sup>-1</sup>) and five

<sup>1</sup> Agrônoma, Doutoranda, UAEA/CTRN/UFCG, rua: Aprígio Veloso, 882, CEP: 58429-140, Campina Grande – PB, Cel: (83) 999429453, e-mail: luana\_lucas\_15@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutorando, UAEA/CTRN/UFCG, Campina Grande – PB.

<sup>3</sup> Prof. Doutor, UAGRA/CCTA/UFCG, Pombal- PB.

<sup>4</sup> Prof. Doutor, UAEA/CTRN/UFCG, Campina Grande – PB.

<sup>5</sup> Mestranda, UAEA/CTRN/UFCG, Campina Grande – PB.

<sup>6</sup> Prof. Doutor, UFRB, Recôncavo Baiano – BA.

concentrations of hydrogen peroxide (0, 10, 20, 30, 40  $\mu\text{M}$ ) with two plants per plot and four repetitions. The concentration of 20 possibility  $\mu\text{M}$  allowed a better performance of chlorophyll, total chlorophyll and carotenoids of soursop seedlings with saline stress at 120 days after sowing. Increasing the electrical conductivity of irrigation water reduces the chlorophyll *a*, *b* and total content.

**KEYWORDS:** *Annona muricata* L., salinity, photosynthetic pigments.

## INTRODUÇÃO

O semiárido do Nordeste brasileiro é definido como uma região que apresenta alta evaporação e irregularidade nas precipitações pluviométricas, tal fato pode causar o aumento dos níveis salinos na água de irrigação, que através dos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais podem limitar o desempenho metabólico e fisiológico das plantas e conseqüentemente seu desenvolvimento e produção (Campos Junior et al., 2018; Stefanello et al., 2019).

Apesar da gravioleira ser uma cultura adaptada as condições climáticas desta região sua produção é limitada pela escassez hídrica, sendo assim, a utilização da água salina como uma alternativa à irrigação com água de baixa salinidade associado a utilização de concentrações adequadas de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), pode ser uma opção promissora para o aumento da produtividade da gravioleira no semiárido Nordestino, pois em baixas concentrações o  $\text{H}_2\text{O}_2$  atua como uma molécula sinalizadora em plantas sob estresse biótico e abiótico, estando envolvido em diversos processos como gravitropismo radicular, tolerância à deficiência de oxigênio, fortalecimento da parede celular, senescência, fotossíntese, fechamento estomático e no controle do ciclo celular (Veloso et al., 2018; Silva et al., 2019).

Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nos teores de pigmentos fotossintéticos de gravioleira sob estresse salino, na fase de formação de mudas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre os meses de junho e novembro de 2018 em casa de vegetação do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizada no município de Campina Grande - PB, Brasil.

O delineamento utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, correspondendo a cinco níveis condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 10, 20, 30 e 40 µM) com quatro repetições e duas plantas por parcela, perfazendo o total de duzentas unidades experimentais.

Os níveis de condutividade elétrica da 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m<sup>-1</sup> foram preparados na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 1,10 dS m<sup>-1</sup>) e com base na relação entre CEa e a concentração de sais (10\*mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> = CEa dS m<sup>-1</sup>). Já o nível de 0,6 dS m<sup>-1</sup> foi obtida mediante diluição da água de abastecimento local em água de chuva (CEa = 0,02 dS m<sup>-1</sup>).

As diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), previamente estabelecidas, foram obtidas pela diluição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em água destilada, já a concentração referente a testemunha (0 µM) utilizou-se apenas água destilada.

Os porta-enxertos foram conduzidos em sacolas plásticas de capacidade de 2,6 kg, preenchido com substrato composto de 85% solo, 14% areia e 1% húmus. O solo utilizado para preenchimento das sacolas foi classificado como Neossolo Regolítico de textura franco-arenosa (camada 0-0,30 m), coletado no município Esperança-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 <sub>2</sub> O) (1:2, 5)	M.O. %	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	PST (%)	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
.....(cmolc kg <sup>-1</sup> ) .....									
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 <sup>-1</sup> )			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total	DA	DP
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5		%	(g cm <sup>-3</sup> )	
.....				dag kg <sup>-1</sup>	.....				
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; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> extraídos com acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup> 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

Antes do semente, as sementes passaram por um pré-tratamento com peróxido de hidrogênio, onde foram embebidas nas concentrações dos respectivos tratamentos por um período de 36 h; as sementes do tratamento controle (0 µM) foram embebidas em água

destilada pelo mesmo período de tempo. Além disso, antes do semeio, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de máxima retenção utilizando-se a água de acordo com o tratamento.

Após a semeadura, a irrigação foi realizada diariamente aplicando-se, em cada sacola plástica, um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10.

Em função do estabelecimento da emergência das plântulas de gravioleira ter ocorrido apenas aos 60 DAS, a aplicação foliar do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> iniciou-se aos 75 dias após o semeio sendo feita manualmente às 17 h, nas devidas concentrações e foram sucedidas quinzenalmente, pulverizando as devidas soluções de peróxido de hidrogênio, de modo a se obter o molhamento completo das folhagens, (pulverizando as faces abaxial e adaxial das folhas), utilizando-se de um borrifador.

A adubação com nitrogênio, potássio e fósforo foi realizada em cobertura, baseando-se em metodologia contida em Novais et al. (1991). Visando suprir a necessidade de micronutrientes, foram aplicados via foliar, aos 60, 75, 90 e 105 DAS, 2,5 g L<sup>-1</sup> de uma solução com a seguinte composição: N (15%); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (15%); K<sub>2</sub>O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%).

Os pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenoides) foram quantificados aos 120 DAS, seguindo o método laboratorial desenvolvido por Arnon (1949), onde foram feitos extratos vegetais a partir de amostras de discos do limbo da terceira folha madura a partir do ápice. A partir destes extratos foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenóides nas soluções por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorbância (ABS) (470, 646, e 663 nm), por meio das seguintes equações:

$$\text{Clorofila } a \text{ (Clo } a) = (12,21 \times \text{ABS}_{663}) - (2,81 \times \text{ABS}_{646})$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (Clo } b) = (20,13 \times \text{ABS}_{646}) - (5,03 \times \text{ABS}_{663})$$

$$\text{Clorofila total (Clo total)} = \text{Clo } a + \text{Clo } b$$

$$\text{Carotenoides (Car)} = ((1000 \times \text{ABS}_{470}) - (1,82 \times \text{Chla}) - (85,02 \times \text{Chlb})) / 198.$$

Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides nas folhas foram expressos em  $\mu\text{m g}^{-1}$  MF (matéria fresca).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de probabilidade de 0,05, e quando significativo foi realizado análise de regressão linear e quadrática, para o fator salinidade e concentrações de peróxido de hidrogênio, utilizando o 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 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) influenciou todas as variáveis analisadas. 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 apenas a clorofila total.

**Tabela 2.** Resumo do teste F referente a clorofila *a* (Clo *a*), clorofila *b* (Clo *b*), clorofila total (Clo Total) e carotenoides (Car) da gravioleira irrigada com águas salinas e submetida a concentrações de peróxido de hidrogênio, aos 120 dias após o semeio.

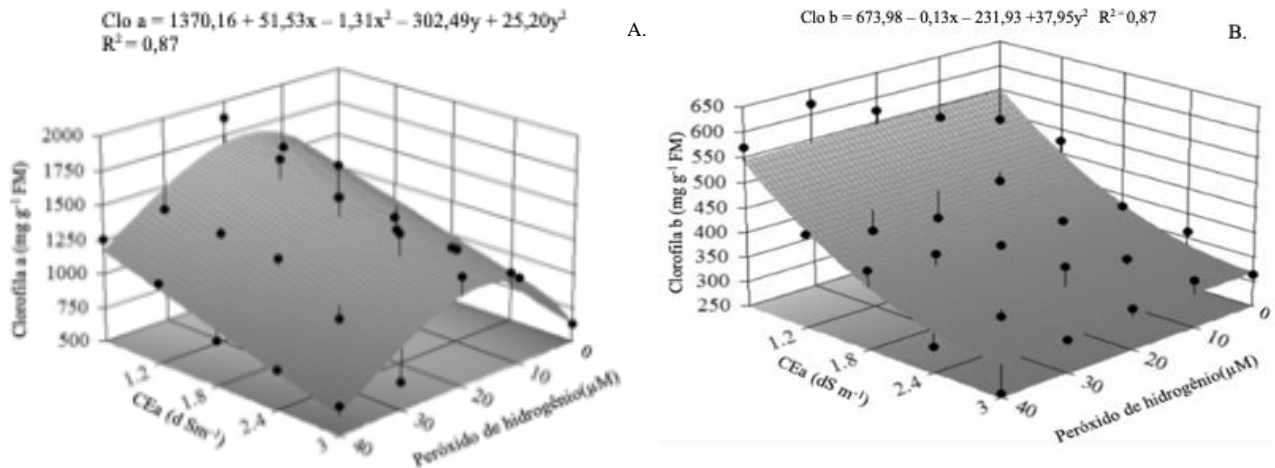
Fonte de variação	Teste F			
	Clo <i>a</i>	Clo <i>b</i>	Clo Total	Car
Níveis Salinos (NS)	**	**	**	**
Regressão Linear	**	*	**	**
Regressão Quadrática	ns	ns	ns	ns
Peróxido de Hidrogênio	ns	ns	*	ns
Regressão Linear	ns	ns	ns	ns
Regressão Quadrática	ns	ns	ns	ns
Interação (NS x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	**	**	**	*
Blocos	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10,92	16,51	11,93	16,65

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

A clorofila *a* (Figura 1A) das mudas de gravioleira apresentou valor máximo (1.704,338 mg g<sup>-1</sup> MF) quando as mudas foram irrigadas com água com condutividade elétrica de 0,6 dS m<sup>-1</sup> e associada a aplicação exógena de 20 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Já o menor valor da clorofila *a* foi verificado nas plantas que foram submetidas a irrigação com água de 3,0 dS m<sup>-1</sup> e pulverizadas com 40 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (654,69 mg g<sup>-1</sup> MF).

Para a clorofila *b* (Figura 1B) o valor máximo (548,48 mg g<sup>-1</sup> MF) foi verificado nas plantas irrigadas com água de 0,6 dS m<sup>-1</sup> e submetidas a pulverizações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> com concentração de 0 µM. Portanto, pode-se afirmar que aplicações com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> acima de 0 µM intensificaram os efeitos negativos da salinidade sobre a clorofila *b* das mudas de gravioleira. Silva et al. (2019) estudando a aplicação exógena de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em mudas de graviola sob estresse

salino, verificaram que o efeito deletério da salinidade sobre a clorofila *a* foi mitigado quando aplicou-se uma concentração de 25  $\mu\text{M}$ . Para a clorofila *b* os mesmos autores verificaram que a concentração de 50  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  proporcionou maior valor quando as plantas foram irrigadas com água de 2,8  $\text{dS m}^{-1}$ , fato que entra em desacordo com o que foi verificado, para a clorofila *b*, no presente estudo.

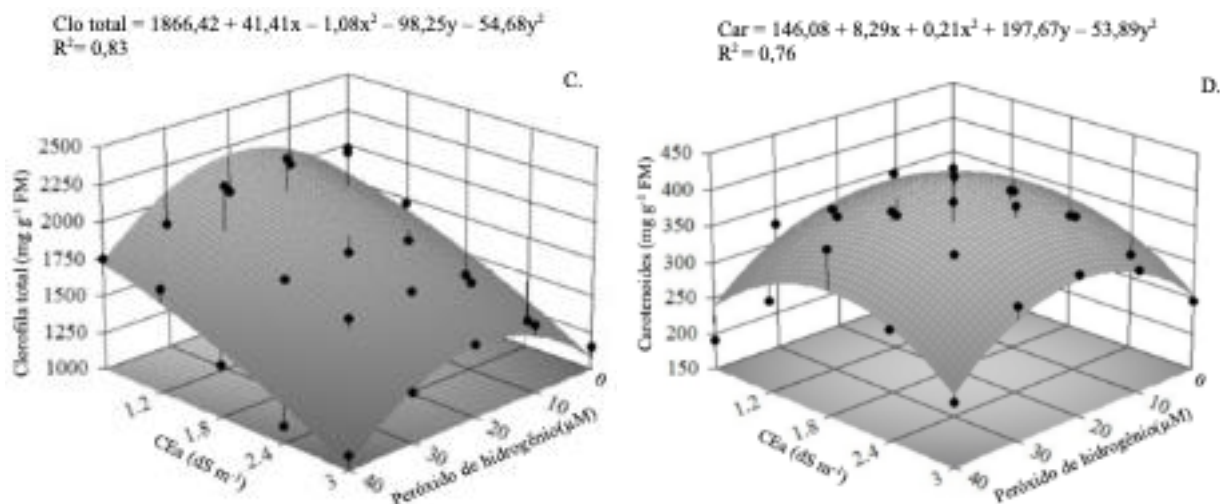


X e Y correspondem a concentração de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e CEA, respectivamente.

**Figura 1.** Clorofila *a* (A) clorofila *b* (B) clorofila total (C) e carotenoides (D), em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e as concentrações de peróxido de hidrogênio aos 120 DAS.

O teor de clorofila total também foi influenciado pela interação entre a salinidade e as concentrações de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , verificando-se através da figura 1C, que as plantas submetidas a irrigação com água de 0,6  $\text{dS m}^{-1}$  associada a concentrações de 20  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  induziu aos maiores valores de clorofila total (2.184,69  $\text{mg g}^{-1}$  MF), já o menor valor de clorofila total (1.007,95  $\text{mg g}^{-1}$  MF) foi observado nas plantas irrigadas com água de 3,0  $\text{dS m}^{-1}$  e com concentrações de 40  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Os teores de carotenoides (Figura 1D) foram superiores nas plantas irrigadas com água de 1,8  $\text{dS m}^{-1}$  e pulverizadas com a concentração de 20  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , indicando, neste caso, que quantidades adequadas de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foi efetivo na aclimatação das plantas ao estresse salino, já o menor valor (249,68  $\text{mg g}^{-1}$  MF) foi verificado nas plantas irrigadas com água de 3,0  $\text{dS m}^{-1}$  associada a concentração de 40  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ .



X e Y correspondem a concentração de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e CEa, respectivamente.

**Figura 2.** Clorofila total (A) e carotenoides (B), em função da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e as concentrações de peróxido de hidrogênio aos 120 DAS.

Por tratar-se de um pigmento que pode exercer uma fotoproteção do aparato fotossintético, o aumento do teor de carotenoides possivelmente é um mecanismo de defesa do dano foto-oxidativo nas moléculas de clorofila. Além disso, a redução dos teores de carotenoides observado nas plantas irrigadas com água de 3,0  $\text{dS m}^{-1}$  e pulverizadas com 40  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , pode estar relacionada à degradação ou inibição na síntese de carotenoides, principalmente devido à foto-oxidação, levando a danos às membranas fotossintéticas, além de afetar outros processos celulares, como divisão e expansão (Raven et al., 2007; Silva et al., 2014).

## CONCLUSÕES

A concentração de 20  $\mu\text{M}$  de peróxido de hidrogênio possibilita um melhor desempenho da clorofila *a*, clorofila total e carotenoides das mudas de gravioleira submetidas ao estresse salino.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduziu o teor de clorofila *a*, *b* e total.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Arnon, D. I.** Enzimas de cobre em cloroplastos isolados: polifenoloxidase em *Beta vulgaris*. *Fisiologia Vegetal*, v.24, n.1, p.1-15, 1949.

**Campos Júnior, J. E.; Santos Júnior, J. A.; Martins, J. B.; Silva, Ê. F. de F. e; Almeida, C. D. G. C. de.** Produção de Rúcula em um sistema hidropônico de baixo custo usando a água brackish. *Revista Caatinga*, v.31, n.4, p.1008-1016, 2018.

**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.

**Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F.** Ensaio em ambiente controlado. In: **Oliveira, A. J. de; Garrido, W. E.; Araújo, J. D. de; Lourenço, S.** (eds.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA, 1991. p.189-253. Documentos, 3

**Raven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S. E.** *Biologia vegetal*. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 728p.

**Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V de, Veloso, L. L. de S. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos 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.

**Silva, M. de A.; Santos, C. M. dos; Vitorino, H. dos S.; Rhein, A. F. de L.** Pigmentos fotossintéticos e índice Spad como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. *Bioscience Journal*, v.30, n.1, p.173-181, 2014.

**Stefanello, R.; Viana, B. B.; Goergen, P. C. H.; Neves, L. A. S.; Nunes, U. R.** Germinação de sementes de chia submetidas ao estresse salino. *Revista Brasileira de Biologia*, Epub, 2019.

**Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G.** Manual de métodos de análise de solos. 3. Ed. Embrapa Solos, Brasília - Br, 2017.

**Veloso, L. L. de S. A.; Nobre, R. G.; Souza, L. de P.; Gheyi, H. R.; Cavalcante, I. T. S.; Araujo, E. B. G.; Silva, W. L. da.** Formation of soursop seedlings irrigated using waters with different salinity levels and nitrogen fertilization. *Biosciencia Journal*, v. 34, supplement 1, p. 151-160, 2018.