

## FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA DO MARACUJAZEIRO-AZEDO CULTIVADO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO FOLIAR DE GLUTATIONA REDUZIDA

WESLEY BRUNO BELO DE SOUZA<sup>1</sup>, GEOVANI SOARES DE LIMA<sup>2</sup>, LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES<sup>1</sup>, VALÉRIA FERNANDES DE OLIVEIRA SOUSA<sup>3</sup>, VALESKA KAROLINI NUNES OLIVEIRA<sup>1</sup>, LUCYELLY DÂMELA ARAÚJO BORBOREMA<sup>1</sup>

**RESUMO:** A escassez de água, associado à irregularidade das precipitações pluviométricas são fatores limitantes para produção agrícola no semiárido do Nordeste brasileiro, tornando necessário o uso da irrigação, ainda que, com água de elevados teores de sais. Desta forma, a busca por estratégias de mitigação de estresse nas plantas é essencial para produção nesta região. Nesse sentido, a aplicação foliar de glutathione reduzida vem se tornando uma alternativa na atenuação do estresse salino nas plantas, possibilitando o uso de águas salobras na irrigação. Sendo assim, objetivou-se com a presente pesquisa, avaliar os efeitos da aplicação foliar de glutathione reduzida na mitigação dos efeitos do estresse salino sobre florescência da clorofila a do maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial  $5 \times 4$ , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água - CEa (0,4; 1,2; 2,0; 2,8; 3,6 dS m<sup>-1</sup>) e quatro concentrações de glutathione reduzida - GSH (0; 40; 80 e 120 mg L<sup>-1</sup>). A salinidade da água até 3,6 dS m<sup>-1</sup> não afetou de forma significativa a fluorescência inicial, máxima e variável das plantas de maracujazeiro-azedo, aos 118 dias após o transplantio. A aplicação foliar de glutathione reduzida, reduziu a eficiência fotoquímica do maracujazeiro-azedo aos 118 dias após o transplantio.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Passiflora edulis Sims*; mitigação de estresse; estresse oxidativo.

<sup>1</sup> Doutorando(a) em Engenharia Agrícola (PPGEA), UFCG, Campus: Campina Grande-PB;

<sup>2</sup> Professor(a) Dr(a) do curso de graduação em Agronomia, CCTA/UFCG, Campus: Pombal-PB;

<sup>3</sup> Pós-Doutoranda PPGHT/UFCG, Campus: Pombal - PB;

## CHLOROPHYLL FLUORESCENCE OF SOUR PASSION FRUIT GROWN UNDER SALINE STRESS AND FOLIAR APPLICATION OF REDUCED GLUTATHIONE

**ABSTRACT:** Water scarcity and irregular rainfall are limiting factors for agricultural production in the semi-arid northeast of Brazil, making it necessary to use irrigation, even with water containing high levels of salts. Therefore, the search for strategies to mitigate plant stress is essential for production in this region. In this sense, the foliar application of reduced glutathione has become an alternative for mitigating saline stress in plants, making it possible to use brackish water for irrigation. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of foliar application of reduced glutathione in mitigating the effects of salt stress on chlorophyll a fluorescence in sour passion fruit (*Passiflora edulis Sims*). The experiment was conducted in a greenhouse, in a randomized block design, in a  $5 \times 4$  factorial scheme, with five levels of water electrical conductivity - EC<sub>w</sub> (0.4, 1.2, 2.0, 2.8, 3.6 dS m<sup>-1</sup>) and four concentrations of reduced glutathione - GSH (0; 40; 80 and 120 mg L<sup>-1</sup>). Water salinity up to 3.6 dS m<sup>-1</sup> did not significantly affect the initial, maximum, and variable fluorescence of sour passion fruit plants 118 days after transplanting. Foliar application of reduced glutathione reduced the photochemical efficiency of sour passion fruit 118 days after transplanting.

**KEYWORDS:** *Passiflora edulis Sims*; stress mitigation; oxidative stress.

### INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*) é uma fruteira tropical de grande importância socioeconômica, sobretudo na região Nordeste, que apresenta condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento (Faleiro et al., 2019). A produção brasileira de maracujá na safra de 2023, foi de 711.278 t com uma área colhida de 45.761 ha. Dentre os principais estados produtores dessa cultura no Nordeste, a Bahia destaca-se como o maior produtor, com produção de 253.857 t. Nesta safra, a Paraíba foi responsável por 9.552 t, em área colhida de 1.003 ha, com rendimento de 9,523 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2025). Nesta região, a variabilidade espaço-temporal das chuvas e elevada demanda evaporativa, resulta em déficit hídrico para as plantas, além de reduzir a qualidade das águas disponíveis para irrigação. Sendo assim, faz-se necessário o uso de recursos hídricos de qualidade restritiva à produção dos cultivos (Lima et al, 2021). A presença de sais na água de irrigação reduz o potencial osmótico do solo, limitando, assim, a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Além disso,

leva ao acúmulo de íons de sódio ( $\text{Na}^+$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) a níveis prejudiciais, afetando negativamente o transporte de água dentro da planta ao aumentar a resistência hidráulica do xilema na raiz, no caule e nas folhas (Stiller et al., 2009; Abdalla et al., 2022; Rady et al., 2023). Além disso, ocasiona o estresse oxidativo que comumente ocorre devido uma mudança no equilíbrio entre a luz recebida pelas folhas e a eficiência da absorção de luz durante a fotossíntese, um fenômeno associado à formação de EROs e aumento do vazamento de elétrons para as células (Karimi et al., 2019; Latef et al., 2019). A glutathiona reduzida – GSH, por sua vez, pode reagir diretamente com EROs para desintoxicá-las, ou então pode agir como um cofator nas glutathiona peroxidases (GPXs) para eliminar peróxidos, combatendo a superprodução de EROs (Barbosa et al., 2014; Gill & Tuteja, 2010; Sachdev et al., 2021). Sendo assim, se mostra importante o desenvolvimento de pesquisas em busca de elicitores de estresses abióticos na cultura do maracujazeiro sob condições de semiárido paraibano. Ante o exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da aplicação foliar de glutathiona reduzida na fluorescência da clorofila a do maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*) sob irrigação com águas salobras em área semiárida.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de abril a dezembro de 2023, conduzido em casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola – UAEEA da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, em Campina Grande – PB. O trabalho foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial  $5 \times 4$ , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,4; 1,2; 2,0; 2,8 e 3,6 dS  $\text{m}^{-1}$ ) e quatro concentrações de glutathiona reduzida – GSH (0; 40; 80 e 120 mg  $\text{L}^{-1}$ ), com três repetições e uma planta por parcela, totalizando 60 unidades experimentais. Foram utilizadas sementes de maracujazeiro-azedo cv. BRS Gigante Amarelo (BRS GA1). Para o desenvolvimento do experimento foram utilizados recipientes plásticos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 200 L, sendo preenchidos com 250 kg de solo, classificado como Neossolo Regolítico, coletado na profundidade de 0-30 cm, advindo do município de Lagoa Seca – PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme a metodologia de Teixeira et al. (2017).

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Características químicas								
pH H <sub>2</sub> O	MO	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>
(1:2,5)	dag kg <sup>-1</sup>	(mg kg <sup>-1</sup> )	.....cmolc kg <sup>-1</sup> .....					
5,40	17,62	2,92	0,28	0,04	1,87	1,70	0,20	2,85
.....Características químicas.....				.....Características físicas.....				
CE <sub>es</sub>	CTC	RAS <sub>es</sub>	PST	Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Umidade (dag kg <sup>-1</sup> )	
(dS m <sup>-1</sup> )	cmolc kg <sup>-1</sup>	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa <sup>1</sup>	1519,5 kPa <sup>2</sup>
0,72	6,94	1,86	0,57	675,2	221,1	103,7	12,94	5,32
0,72	6,94	1,86	0,57	675,2	221,1	103,7	12,94	5,32

pH – Potencial hidrogeniônico, MO – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1M pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 M pH 7,0; Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup> extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE<sub>es</sub> - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS<sub>es</sub> - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; 1,2 referindo a capacidade de campo e ponto de murchamento permanente, respectivamente.

As águas utilizadas para irrigação foram preparadas dissolvendo-se os 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 de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 0,4 dS m<sup>-1</sup>), considerando a relação entre CEa e a concentração de sais (Richards, 1954). A adubação foi realizada conforme recomendação de Costa et al. (2008). As concentrações de glutathione reduzida foram preparadas a partir da dissolução da Glutathione-L Reduzida (GSH) em água destilada, de acordo com cada tratamento, sendo adicionado, o espalhante adesivo não iônico Wil Fix® na concentração de 0,5 ml L<sup>-1</sup> em todos os tratamentos, com o propósito promover uma maior absorção foliar. Nas plantas referentes ao tratamento testemunha (0 mg L<sup>-1</sup>), foi aplicado apenas água destilada com espalhante adesivo. Aos 118 dias após o transplante foi avaliada a fluorescência da clorofila a, na terceira folha do ramo produtivo, contada a partir do ápice do ramo, com início às 08:00 horas, utilizando-se um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science para a determinação das variáveis: fluorescência inicial (F<sub>0</sub>), máxima (F<sub>m</sub>), variável (F<sub>v</sub>) e eficiência quântica do fotossistema II (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>).

Os dados coletados, foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) e, quando não normais foram transformados em  $\sqrt{x}$ . Posteriormente foi realizada análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão 1 polinomial, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2019). A escolha do modelo de regressão (linear ou quadrática) foi feita pela significância dos coeficientes de determinação. Em caso de significância da interação entre fatores, foi utilizado o software SigmaPlot 12.5 para a elaboração das superfícies de resposta.

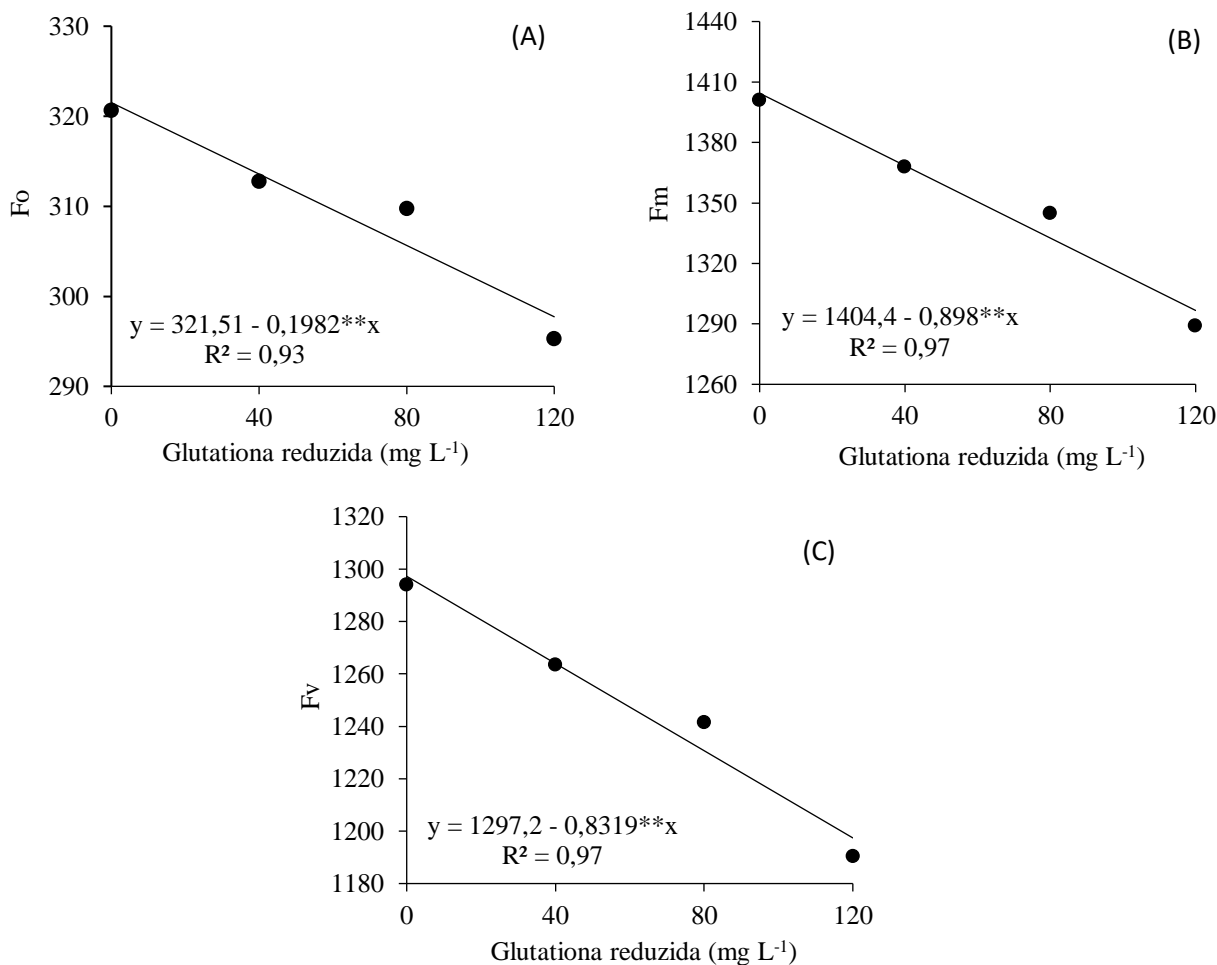
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se através do resumo da análise de variância (Tabela 2), efeito significativo da glutaciona reduzida sobre a fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ) e fluorescência variável ( $F_v$ ) do maracujazeiro-azedo. A salinidade da água de irrigação e a interação entre os fatores ( $CEa \times GSH$ ), não afetou significativamente nenhuma das variáveis estudadas.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente a fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) e rendimento quântico potencial do PSII ( $F_v/F_m$ ) de plantas de maracujazeiro-azedo cultivadas sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de Glutaciona reduzida, aos 118 dias após o transplante.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		$F_0$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$
Níveis salinos (NS)	4	577,61 <sup>ns</sup>	8457,90 <sup>ns</sup>	7054,56 <sup>ns</sup>	0,000027 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	2167,5 <sup>ns</sup>	30688,01 <sup>ns</sup>	25491,79 <sup>ns</sup>	0,000062 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	42,00 <sup>ns</sup>	334,34 <sup>ns</sup>	260,01 <sup>ns</sup>	0,000024 <sup>ns</sup>
Glutaciona reduzida (Glut)	3	1690,86*	33369,64*	28570,40*	0,000244 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	4712,40**	96768,48**	83055,76**	0,00032 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	163,35 <sup>ns</sup>	1949,40 <sup>ns</sup>	1591,35 <sup>ns</sup>	0,000385 <sup>ns</sup>
Interação ( $CEa \times Glut$ )	12	60,26 <sup>ns</sup>	1924,53 <sup>ns</sup>	1966,01 <sup>ns</sup>	0,000090 <sup>ns</sup>
Blocos	2	3836,72**	74036,07**	111211,58**	0,39**
Resíduo	38	480,43	9648,68	9499,84	0,000101
CV (%)		7,08	7,27	7,81	1,09

O aumento das concentrações de GSH proporcionou decréscimo linear fluorescência inicial (Figura 1A), máxima (Figura 1B) e variável (Figura 1C) de 0,061, 0,063 e 0,064%, respectivamente, por incremento de 40 mg L<sup>-1</sup>. Ao comparar as plantas de maracujazeiro-azedo que receberam a aplicação foliar de 120 mg L<sup>-1</sup> em relação as cultivadas sob 0 mg L<sup>-1</sup> de GSH, verifica-se diminuição na  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  de 7,99, 8,31 e 8,33%, respectivamente. O estresse osmótico, advindo de altas concentrações de sais dissolvidos na água e/ou no solo, pode causar desestruturação das proteínas do PSII, reduzindo a eficiência da captação e conversão de energia luminosa. Essas reduções podem estar associadas ao desbalanço na atividade metabólica da planta, fato que limita a atividade energética dos pigmentos fotossintéticos (Saddhe et al., 2021). Este comportamento pode ser devido limitações na ativação da cadeia transportadora de elétron provocado pelos efeitos da salinidade na absorção de água e solutos, afetando a geração de energia para a formação de ATP e NADPH (Lotfi et al., 2020).



**Figura 1.** Fluorescência inicial – F<sub>0</sub> (A), máxima - F<sub>m</sub> (B) e variável - F<sub>v</sub> (C) do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, em função das concentrações de glutathiona reduzida – GSH, aos 118 dias após o transplântio.

## CONCLUSÕES

A salinidade da água até 3,6 dS m<sup>-1</sup> não afeta de forma significativa a fluorescência inicial, máxima e variável das plantas de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*), aos 118 dias após o transplântio. A aplicação foliar de glutathiona reduzida reduz a eficiência fotoquímica do maracujazeiro-azedo aos 118 dias após o transplântio.

## AGRADECIMENTOS

Ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical-INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes), processos 406570/2022-1 (CNPq) e Processo INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel Latef, A. A. H.; Mostofa, M. G.; Rahman, M.; Abdel-Farid, I. B.; Tran, L. S. P. Extracts from yeast and carrot roots enhance maize performance under seawater induced salt stress by altering physio-biochemical characteristics of stressed plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 38, p. 966-979, 2019.

Abdalla, M; Ahmed, M, A; Cai, G, Zarebanadkauri, M; Carminati, A. Coupled effects of soil drying and salinity on soil plant hydraulics. **Plant Physiology**, v.190, p.1228-1241, 2022.

Barbosa M. R., Silva M. M. D. A., Willadino L., Ulisses C., Câmara T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, p. 453-460, 2014.

Costa, A. de F. S. da; Costa, A. N. da; Ventura, J. A.; Fanton, C. J.; Lima, I. de M.; Caetano, L. C. S.; Santana, E. N. de. **Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro**. Vitória, Es: Incaper, 2008. 56 p.

Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V.; Junghans, O. N. de J.; Miranda, D.; Otoni, W. C. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.41, p.1-17, e155, 2019.

Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535,2019.

Gill, S.; Tuteja, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, p. 909-930, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**, 2023. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/al>> Acesso em: Maio, 2025.

Karimi, R.; Mohammadparast, B.; Minazadeh, R. Phytochemical responses and antioxidante activity of potassium-treated grapevines (*Vitis vinifera* L.) in salinity stress condition. **Journal of Plant Process and Function**, v. 8, p. 245-260, 2019.

Latef, A. A. H. A.; Mostofa, M. G.; Rahman, M.; Abdel-Farid, I. B.; Tran, L. S. P. Extracts from yeast and carrot roots enhance maize performance under seawater induced salt stress by altering physio-biochemical characteristics of stressed plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 38, p. 966-979, 2019.

Lima, G. S. de; Soares, M. G. S.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, J. B. Potassium and irrigation water salinity on the formation of sour passion fruit seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 395-403, 2021.

Lotfi, R.; Ghassemi-Golezani, K.; Pessarakli, M. Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.26, e101635, 2020.

Rady, M. M.; Mossa, A.H.; Youssef, A. M. A.; Osman, A. S.; Ahmed, S. M. A.; Mohamed, I.A.A. Exploring the reinforcing effect of nano potassium on the antioxidant defense system reflecting the increased yield and quality of salt stressed squash plants. **Scientia Horticulturae** v.308, p.1–18, 2023.

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

Sachdev S.; Ansari S. A.; Ansari M. I., Fujita M.; Hasanuzzaman M. Abiotic stress and reactive oxygen species: generation, signaling, and defense mechanisms. **Antioxidants**, v. 10, e277, 2021.

Saddhe, A. A.; Manuka, R.; Penna, S. Plant sugars: Homeostasis and transport under abiotic stress in plants. **Physiologia Plantarum**, v. 171, p. 739-755, 2021.

Stiller, V. Soil salinity and drought alter wood density and vulnerability to xylem cavitation of baldcypress (*Taxodium distichum* (L.) Rich.) seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, p.164–171, 2009.

Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.