

## PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DO MARACUJAZEIRO-AZEDO CULTIVADO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO FOLIAR DE GLUTATIONA REDUZIDA

WESLLEY BRUNO BELO DE SOUZA<sup>1</sup>, GEOVANI SOARES DE LIMA<sup>2</sup>, LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES<sup>2</sup>, VALÉRIA FERNANDES DE OLIVEIRA SOUSA<sup>3</sup>, THIAGO FILIPE DE LIMA ARRUDA<sup>1</sup>, VITOR MANOEL BEZERRA DA SILVA<sup>4</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se com a presente pesquisa, avaliar os efeitos da aplicação foliar de glutatona reduzida na mitigação dos efeitos do estresse salino sobre os teores de pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo, sob condições do semiárido paraibano. O experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, utilizando o 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  $\text{dS m}^{-1}$ ) e quatro concentrações de glutatona reduzida - GSH (0; 40; 80 e 120  $\text{mg L}^{-1}$ ) com 3 repetições. O aumento da condutividade elétrica a partir de 0,4  $\text{dS m}^{-1}$  reduziu os teores de clorofila *a*, *b* e total e aumentou os teores de carotenoides do maracujazeiro-azedo 'BRS GA1' aos 118 dias após o transplantio. A aplicação foliar de GSH na concentração de 67  $\text{mg L}^{-1}$  proporcionou incremento nos teores de clorofila *b* do maracujazeiro-azedo 'BRS GA1'. A aplicação foliar de GSH na concentração de 49  $\text{mg L}^{-1}$  proporcionou incremento nos teores de clorofila total e carotenoides do maracujazeiro-azedo 'BRS GA1'.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Passiflora edulis Sims*; semiárido paraibano; estratégias de mitigação.

<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;

<sup>4</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola (PPGEA), UFCG, Campus: Campina Grande-PB;

## PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS OF SOUR PASSION FRUIT GROWN UNDER SALINE STRESS AND FOLIAR APPLICATION OF REDUCED GLUTATHIONE

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the effects of foliar application of reduced glutathione in mitigating the effects of salt stress on the photosynthetic pigment content of sour passion fruit under semi-arid conditions in Paraíba. The experiment was conducted under greenhouse conditions at the Academic Unit of Agricultural Engineering of the Federal University of Campina Grande, using a randomized block design in a  $5 \times 4$  factorial scheme, with five levels of water electrical conductivity (ECa) (0.4, 1.2, 2.0, 2.8, 3.6  $\text{dS m}^{-1}$ ) and four concentrations of reduced glutathione - GSH (0; 40; 80 and 120  $\text{mg L}^{-1}$ ) with 3 replicates. The increase in electrical conductivity from 0.4  $\text{dS m}^{-1}$  reduced the levels of chlorophyll *a*, *b*, and total chlorophyll and increased the carotenoid levels of the sour passion fruit 'BRS GA1' 118 days after transplanting. Foliar application of GSH at a concentration of 67  $\text{mg L}^{-1}$  increased chlorophyll *b* levels in the sour passion fruit 'BRS GA1'. Foliar application of GSH at a concentration of 49  $\text{mg L}^{-1}$  increased total chlorophyll and carotenoid levels in the sour passion fruit 'BRS GA1'.

**KEYWORDS:** *Passiflora edulis Sims*; semi-arid region of Paraíba; mitigation strategies.

## INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*) é uma cultura de grande importância socioeconômica, sendo utilizado tanto in natura quanto para agroindústrias e fins medicinais, sendo amplamente produzida no Brasil. Na região Nordeste destaca-se principalmente entre os pequenos e médios produtores (Celestrino et al., 2020; Fonseca et al., 2022). Na safra de 2023 a produção brasileira de maracujá, foi de 711.278 t em uma área colhida de 45.761 ha. No Nordeste, a Bahia se destaca como o maior produtor, com produção de 253.857 t. A Paraíba foi responsável por 9.552 t, em área colhida de 1.003 ha, com rendimento de 9,523  $\text{t ha}^{-1}$  (IBGE, 2025). Devido às adversidades climáticas da região semiárida do Nordeste brasileiro, o cultivo dessa fruteira está condicionado ao manejo da irrigação. Porém, um dos fatores limitantes é a qualidade das fontes de água disponíveis, uma vez que, as fontes de água, tanto as superficiais quanto as subterrâneas, normalmente possuem altos teores de sais (Souza et al., 2016; Dias et al., 2021). Altos níveis de sais na água e/ou no solo altera o desenvolvimento das plantas, limitando a produção devido aos efeitos osmóticos e iônicos (Capitulino et al., 2022). A redução

do potencial osmótico do solo acarreta na diminuição da disponibilidade de água para as plantas, induzindo um gasto energético mais significativo para manter as atividades metabólicas (Andrade et al., 2019). O estresse salino também pode ocasionar o estresse oxidativo por meio da formação, em excesso, de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Isayenkov & Maathuis, 2019), que danificam importantes componentes celulares, degradam a clorofila e ocasionam peroxidação lipídica da membrana, como também, níveis alterados de reguladores de crescimento, inibição enzimática e disfunção metabólica, levando à morte das plantas (Astaneh et al., 2018; Kotagiri & Kolluru, 2017). Para evitar os danos oxidativos as plantas utilizam um sistema antioxidante de defesa, composto por componentes enzimáticos e não enzimáticos. A atuação conjunta destes compostos antioxidantes nos diferentes compartimentos celulares, proporciona um equilíbrio entre a taxa de formação e remoção dessas espécies reativas de oxigênio, mantendo os níveis de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ideais para sinalização celular. A Glutathione reduzida, composto não enzimáticos, pode reagir diretamente com EROs para desintoxicá-las, ou então pode agir como um cofator para eliminar peróxidos, combatendo a superprodução de EROs (Barbosa et al., 2014; Gill & Tuteja, 2010; Sachdev et al., 2021). Sendo assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar os efeitos da aplicação de glutathione reduzida nos teores de pigmentos fotossintéticos 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 – UA EA da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, em Campina Grande, Paraíba, Brasil. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 × 4, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,4; 1,2; 2,0; 2,8 e 3,6 dS m<sup>-1</sup>) e quatro concentrações de glutathione reduzida – GSH (0, 40, 80 e 120 mg L<sup>-1</sup>), com três repetições. 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) (1:2,5)	MO dag kg <sup>-1</sup>	P (mg kg <sup>-1</sup> )						H <sup>+</sup>
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</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> (dS m <sup>-1</sup> )	CTC cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	RAS <sub>es</sub> (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	PST %	Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Umidade (dag kg <sup>-1</sup> )	
0,72	6,94	1,86	0,57	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa <sup>1</sup>	1519,5 kPa <sup>2</sup>
				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 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 (CE<sub>a</sub> = 0,4 dS m<sup>-1</sup>), considerando a relação entre CE<sub>a</sub> e a concentração de sais (Richards, 1954). A adubação, foi realizada conforme recomendação de Costa et al. (2008). As concentrações de glutatona reduzidas foram preparadas a partir da dissolução da Glutaciona-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 avaliado os teores de pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b* e carotenoides) de acordo metodologia de Arnon (1949).

Os dados coletados, foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) e, quando não normais foram transformados em  $\sqrt{x}$ . Subsequente foi realizado análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão 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.

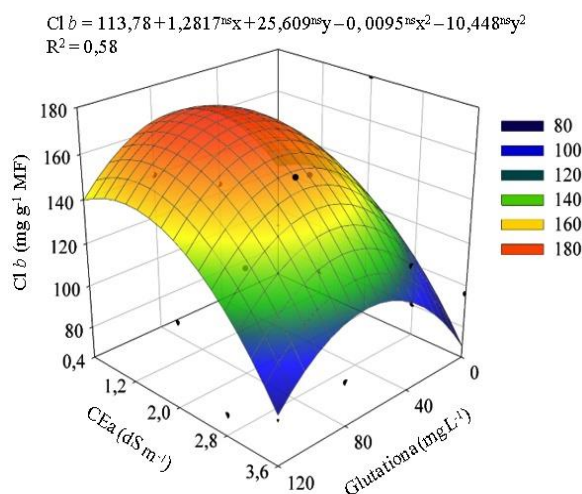
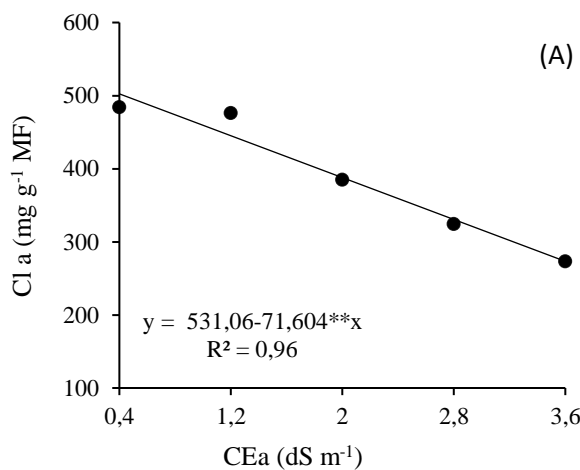
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

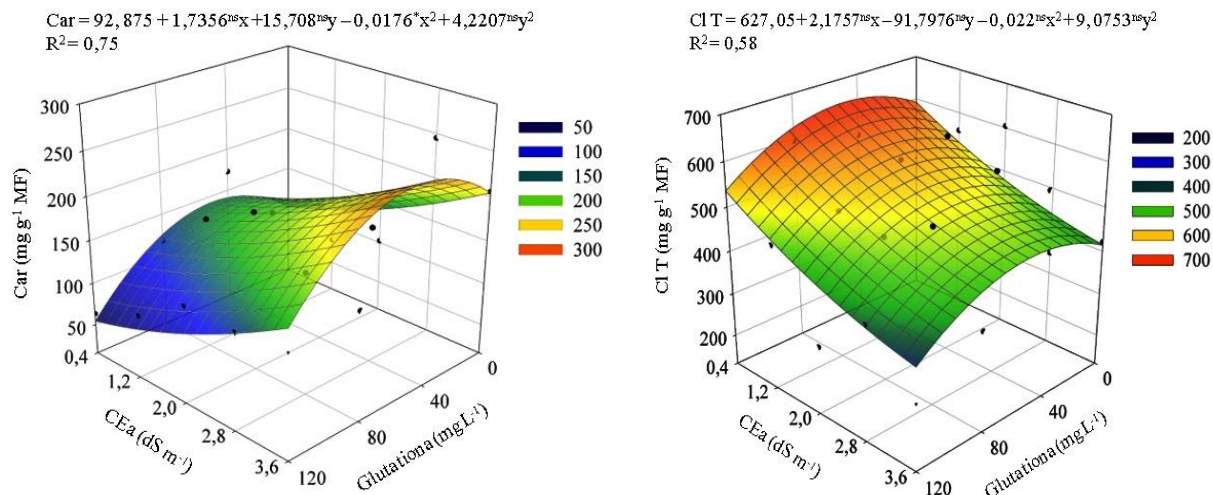
Verifica-se através do resumo da análise de variância (Tabela 2), efeito significativo da interação entre os fatores (CEa × GSH) para a clorofila *b* (Cl *b*), carotenoides (Car) e clorofila total (Cl T) das plantas de maracujazeiro-azedo. Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação afetaram de forma significativa apenas os teores de clorofila *a* (Cl *a*).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente a clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*), carotenoides (Car) e clorofila total (Cl T) de maracujazeiro-azedo cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de Glutathione reduzida, sob condições de semiárido paraibano, aos 118 dias após o transplante.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Cl <i>a</i> <sup>1</sup>	Cl <i>b</i> <sup>1</sup>	Car <sup>1</sup>	Cl T <sup>1</sup>
Níveis salinos (NS)	4	57,497*	13,936*	33,186**	31,605**
Regressão linear	1	224,707**	36,530**	132,369**	119,671**
Regressão quadrática	1	1,946ns	11,484ns	0,157ns	1,545ns
Glutathione reduzida (Glut)	3	11,966ns	15,788*	40,786**	29,352**
Regressão linear	1	5,893ns	4,074ns	25,144*	22,248*
Regressão quadrática	1	21,217ns	30,788*	86,421**	43,893**
Interação (CEa × Glut)	12	23,467ns	9,724*	11,519**	24,768**
Blocos	2	10,527ns	15,374*	0,061ns	13,038ns
Resíduo	38	16,117	4,345	4,021	5,403
CV (%)		20,91	18,48	16,75	10,54

GL - Grau de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; (\*) significativo a 0,05; (\*\*) significativo a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo; 1 Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .





X e Y - Condutividade elétrica da água – CEa e concentrações de glutatona reduzida – GSH; ns – Não significativo ( $p > 0,05$ ) e significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste F, respectivamente

**Figura 1.** Teores de clorofila *a* – Cl *a* (A) do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa; teores de clorofila *b* (B), carotenoides (C) e clorofila total (D), em função da interação entre os níveis de CEa e concentrações de glutatona reduzida - GSH,.

Os teores de clorofila *a* foram reduzidos com o incremento da CEa (Figura 1A), sendo os maiores valores ( $502,41 \text{ mg mL}^{-1}$ ) obtido nas plantas irrigadas com água de  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$  e os menores ( $273,28 \text{ mg mL}^{-1}$ ) foram alcançados sob o maior nível de CEa ( $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ ). Para os teores de clorofila *b* (Figura 1B) verifica-se que a CEa também afetou de forma negativa os teores, enquanto a aplicação de GSH foi benéfica até a concentração estimada de  $67 \text{ mg L}^{-1}$ , independente do nível de CEa. Por outro lado, os maiores valores ( $172,69 \text{ mg mL}^{-1}$ ) foram nas plantas sob CEa de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  e aplicação de GSH na concentração de  $67 \text{ mg L}^{-1}$  e os menores ( $70,56 \text{ mg mL}^{-1}$ ) nas plantas irrigadas com água de  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$  e sem aplicação de GSH. Para os teores de carotenoides (Figura 1C), nota-se que a aplicação foliar de GSH até a concentração de  $49 \text{ mg L}^{-1}$  proporcionou um aumento nos teores de Car com incremento nos níveis de CEa, cujos valores máximos ( $246,91 \text{ mg mL}^{-1}$ ) foram observados sob CEa de  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$  e aplicação foliar de  $49 \text{ mg L}^{-1}$  de GSH; Já os menores valores ( $54,66 \text{ mg mL}^{-1}$ ), foram obtidos sob CEa de  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$  e concentração de GSH de  $120 \text{ mg L}^{-1}$ . O aumento na síntese de carotenoides pode estar relacionado a sua ação como protetor, uma vez que têm o potencial de desintoxicar as plantas dos efeitos de espécies reativas de oxigênio. Além disso, eles dissipam o excesso de energia através do ciclo da xantofila e podem atuar como poderosos estabilizadores de membrana de cloroplasto que fazem a partição entre os complexos coletores de luz e a fase lipídica das membranas tilacóides, reduzindo a fluidez da membrana e a suscetibilidade à peroxidação lipídica (Taïbi et al., 2012).

Quanto a clorofila total (Figura 1D), verifica-se a redução com o aumento da CEa, sendo os valores máximos estimados ( $645,57 \text{ mg mL}^{-1}$ ) foram obtidos nas plantas que receberam GSH na concentração de  $49 \text{ mg L}^{-1}$  e irrigadas com água de  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ . Já os menores valores ( $358,47 \text{ mg mL}^{-1}$ ) foram alcançados sob CEa de  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$  e aplicação foliar de GSH na concentração de  $120 \text{ mg L}^{-1}$ . Esses efeitos podem ser atribuídos a inibição da síntese do ácido 5-aminolevulínico e a atividade das enzimas clorofilase, hidroxilase e dioxigenase, que causam a ruptura da camada envoltória dos cloroplastos nos tilacóides, resultando na inibição da formação de novas moléculas de clorofila, principalmente em condições de alta salinidade (Gomes et al., 2017; Oliveira et al., 2021).

## CONCLUSÕES

A salinidade da água a partir de  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$  inibe a síntese de teores de clorofila *a*, *b* e total e aumenta os teores de carotenoides do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, aos 118 dias após o transplântio. A aplicação foliar de glutatona reduzida na concentração de  $67 \text{ mg L}^{-1}$  proporciona incremento nos teores de clorofila *b* do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’. A aplicação foliar de glutatona reduzida na concentração de  $49 \text{ mg L}^{-1}$  proporciona incremento nos teores de clorofila total e carotenoides do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’, 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

- Andrade, E. M. G.; Lima, G. S. de; de Lima, V. L. A. de; Silva, S. S. da; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 945-951, 2019.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, p.1-15, 1949.
- Astaneh, R. K.; Bolandnazar, S.; Nahandi, F. Z.; Oustan, S. The effects of selenium on some physiological traits and K, Na concentration of garlic (*Allium sativum* L.) under NaCl stress. **Information Processing in Agriculture**, v.5, p.156-161, 2018.
- 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.
- Capitulino, J. D.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V.; Silva, A. A. R. da; Veloso, L. L. S. A.; Farias, M. S. S. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Lima, V. L. A. de. Gas exchange and growth of soursop under salt stress and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application methods. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e261312, 2022..
- Celestrino, R. B.; Cavichioli, J. C.; dos Santos Luppi, V. A.; Vitorino, R. A.; Contiero, L. A. F. Tipos de condução do maracujazeiro amarelo e suas influências sobre as características produtivas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.10, n.1, p.213-218, 2020.
- 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.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Furtado, G. de F.; Soares, L. A. dos A.; Nobre, R. G.; Moreira, R. C. L.; Fernandes, P. D. Chloroplast pigments and photochemical efficiency of West Indian cherry under salt stress and potassium-phosphorus fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v.42, p.87-104, 2021.
- 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.
- Fonseca, A.M.A.; Geraldi, M.V.; Maróstica Junior, M.R.; Silvestre, A.J.D.; Rocha, S.M. Purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*): A comprehensive review on the nutritional value,

phytochemical profile and associated health effects. **Food Research International**. v.160, e111665, 2022.

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.

Gomes, M. A. C.; Pestana, I. A.; Santa-Catarina, C.; Hauser-Davis, R. A.; Suzuki, M. S. Salinity effects on photosynthetic pigments, proline, biomass and nitric oxide in *Salvinia auriculata* Aubl. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 29, e9, 2017.

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.

Isayenkov, S. V.; Maathuis, F. J. M. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, e80, 2019.

Kotagiri, D.; Kolluru V. C. Effect of salinity stress on the morphology and physiology of five different coleus species. **Biomedical and Pharmacology Journal**, v.10, p.1639- 1649, 2017.

Oliveira, T. F.; Santos, H. O.; Vaz-Tostes, D. P.; Cavasin, P. Y.; Rocha, D. K.; Tirelli, G. V. Protective action of priming agents on *Urochloa brizantha* seeds under water restriction and salinity conditions. **Journal of Seed Science**, v. 43, e202143010, 2021.

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.

Souza, L. de P.; Nobre, R. G.; Silva, E. M. da; Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Almeida, L. L. de S. Formation of 'Crioula' guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, p.739-745, 2016.

Taïbi, K.; Taïbi, F.; Abderrahim, L. A.; Ennajah, A.; Belkhodja, M.; Mulet, J. M. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defense systems in *Phaseolus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, v.105, p. 306-312, 2012.

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.