

**PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DO MARACUJAZEIRO-AZEDO SOB
ESTRESSE SALINO NAS FASES FENOLÓGICAS E ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

**GEOVANI SOARES DE LIMA¹, FRANCISCO WESLEY ALVES PINHEIRO²,
LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES³, MARCOS DENILSON MELO
SOARES⁴, HANS RAJ GHEYI¹, SMYTH TROTSK DE ARAÚJO SILVA⁴**

RESUMO: Desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar conteúdo relativo de água e os pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’ em função da irrigação com águas salinas variando-se as fases fenológicas e adubação potássica sob condições de campo em São Domingos, PB, Brasil. A pesquisa foi desenvolvida utilizando-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 3×2 , sendo os tratamentos constituídos de três estratégias de irrigação com águas salinas (irrigação com água de alta salinidade na fase vegetativa - VE; floração – FL e de frutificação - FR) e duas doses de potássio (60 e 100% da recomendação), com quatro repetições e três plantas por parcela. A dose de 100% correspondeu 345 g de K₂O por planta por ano. Foram utilizados dois níveis de salinidade da água (1,3 e 4,0 dS m⁻¹), em diferentes fases fenológicas da cultura. O estresse salino em maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’ durante as fases vegetativas e de floração reduziu o conteúdo relativo de água no limbo foliar. A irrigação com água de condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ na fase vegetativa inibiu a biossíntese de clorofila *a* e *b* e aumentou os teores de carotenoides, aos 200 dias após o transplântio.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora Edulis Sims*, águas salinas, potássio

**PASSION FRUIT PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS UNDER SALINE STRESS IN
THE PHENOLOGICAL PHASES AND POTASSIUM FERTILIZATION**

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the relative water content and photosynthetic pigments of the passion fruit ‘BRS GA1’ as a function of irrigation with saline

¹Prof. 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.

² 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: wesley.ce@hotmail.com.

³ Profa Doutora, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58840-000, Pombal, PB. E-mail: lauriane.soares@pq.cnpq.br.

⁴Discente do Curso de Agronomia, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58840-000, Pombal, PB. E-mail: marquinhosigt078@gmail.com; smythtrotsk18@gmail.com.

water, varying the phenological phases and potassium fertilization under field conditions in São Domingos, PB, Brazil. . The research was developed using a randomized block design in a 3 × 2 factorial scheme, with the treatments consisting of three irrigation strategies with saline water (high salinity water irrigation in the vegetative phase - VE; flowering - FL and fruiting - FR) and two doses of potassium (60 and 100% of the recommendation), with four replications and three plants per plot. The 100% dose corresponded to 345 g of K₂O per plant per year. Two levels of water salinity were used (1.3 and 4.0 dS m⁻¹), in different phenological stages of the crop. Salt stress in passion fruit ‘BRS GA1’ during the vegetative and flowering phases reduced the relative water content in the leaf blade. Irrigation with water with electrical conductivity of 4.0 dS m⁻¹ in the vegetative phase inhibited the biosynthesis of chlorophyll a and b and increased the carotenoid contents, at 200 days after transplanting.

KEYWORDS: *Passiflora Edulis Sims*, saline water, potassium

INTRODUÇÃO: A fruticultura é considerada uma das atividades mais dinâmicas, sendo responsável pela geração de emprego e renda e um importante mecanismo para o desenvolvimento rural através da agroindústria processadora de frutas, favorecendo a expansão de polos frutícolas no Brasil (SANTOS et al., 2017). Dentre as fruteiras de grande expressão econômica no Nordeste brasileiro destaca-se o maracujazeiro-azedo. Contudo, nesta região sua produção depende da utilização da irrigação, devido à escassez hídrica ocasionada pelo desbalanço climático. Além disso, a maioria das fontes de águas subterrâneas (poços) e superficiais (açudes de pequeno e médio portes e lagoas) possui elevados teores de sais, além de apresentar variabilidade quanto à composição iônica (LIMA et al., 2019). O excesso de sais na água promove alterações na biossíntese de pigmentos fotossintéticos (GUPTA et al., 2021). Entretanto, a intensidade do efeito do estresse salino depende do estágio de desenvolvimento, das condições climáticas, espécie ou cultivar, manejo de irrigação e adubação. A adubação com potássio é uma estratégia que pode amenizar os efeitos do estresse salino sobre as plantas, devido as suas funções na ativação de enzimas e osmorregulador, controlando a abertura e fechamento estomático (HEIDARI & JAMSHID, 2010). Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar conteúdo relativo de água e os pigmentos fotossintéticos do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’ em função da irrigação com águas salinas variando-se as fases fenológicas e adubação potássica sob condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado no período de agosto de 2019 a maio de 2020, na Fazenda Experimental 'Rolando Enrique Rivas Castellón', pertencente ao Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG em Santo Domingos (06°48'50"S; 37°56'31"W, 190 m), Paraíba, Brasil.

Foram estudadas três estratégias de irrigação com águas salinas (irrigação com água de alta salinidade na fase vegetativa - VE; floração – FL e de frutificação - FR) e duas doses de potássio (60 e 100% de K₂O da recomendação de Costa et al. (2008), distribuídos em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 × 2 com quatro repetições, perfazendo o total de 32 unidades experimentais, cada parcela foi constituída por 3 plantas uteis. A dose de 100% de potássio correspondeu a 345 g de K₂O por planta por ano.

No estabelecimento das estratégias de irrigação, foram utilizados dois níveis de condutividade elétrica (CEa), sendo de 1,3 dS m⁻¹ (baixa salinidade) e 4,0 dS m⁻¹ (alta salinidade), aplicados nas diferentes fases fenológicas da cultura: Irrigação com de alta salinidade nas fases VE – do início da emissão dos ramos secundários até o surgimento do primórdio floral (50-113 DAT); FL – do surgimento do primórdio floral e o total desenvolvimento do botão floral (antese) (114-198 DAT); FR – da fecundação do botão floral até o surgimento dos frutos com manchas amarelas entremeadas (199-253 DAT).

Foram utilizadas sementes de maracujazeiro-azedo 'BRS GA1'. Para formação das mudas foram semeadas duas sementes em sacolas plásticas de 500 mL com dimensões de 15× 20 cm, preenchidas com substrato, constituído de 84% de solo, 15% de areia autoclavada e 1% de esterco bovino curtido em base de volume. Aos 61 dias após o semeio (DAS), foi realizado o transplântio para a área no campo sendo irrigadas com água de baixa salinidade. Iniciou-se o manejo de irrigação com diferentes águas aos 50 DAT.

No preparo do solo foi realizada uma aração seguida de gradagem, visando o destorroamento e nivelamento da área. O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico de textura areia franca. Antes do transplântio das mudas em campo, fez-se coleta de amostras de solo na área experimental na camada de 0-40 cm que posteriormente foram misturadas para formar uma amostra composta, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme a metodologia propostas por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (camada 0-40 m) da área experimental

pH H ₂ O)	MO	P	Características químicas					
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
(1:2,5)	dag kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)cmolc kg ⁻¹					
7,82	0,81	10,60	0,30	0,81	2,44	1,81	0,00	0,00
.....Características químicas.....		Características físicas.....					

CE _{es} (dS m ⁻¹)	CTC cmol _c kg ⁻¹	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	PST %	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
				Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
1,52	5,36	6,67	15,11	820,90	170,10	9,00	12,87	5,29

pH – Potencial hidrogeniônico, MO – 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⁺ + H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ¹umidade do solo na capacidade de campo; ²umidade do solo no ponto de murchamento permanente.

As dimensões da cova foram de 40 × 40 × 40 cm. Após a abertura das covas, realizou a adubação com 20 L de esterco bovino e 50 g de superfosfato simples (18% de P₂O₅ e 20% de Ca²⁺), conforme recomendação de Costa et al. (2008). Já a adubação com nitrogênio e potássio foi realizada mensalmente, utilizando-se como fonte de nitrogênio a ureia (45 % de N) e como fonte de potássio o cloreto de potássio (60% de K₂O). Na fase de formação da cultura, utilizou-se 65 g de N por planta e nas fases de floração e frutificação foram aplicados 160 g de N por planta. Na dose de 100% de potássio foram aplicados 65 g de K₂O por planta na fase vegetativa e na fase de floração e frutificação 280 g de K₂O por planta.

A aplicação de micronutrientes foi realizada quinzenalmente aplicando-se um composto de Dripsol micro (Mg²⁺ = 1,1%; Boro = 0,85%; Cobre (Cu-EDTA) = 0,5%; Ferro (Fe-EDTA) = 3,4%; Manganês (Mn-EDTA) = 3,2%; Molibdênio = 0,05%; Zinco = 4,2%) na concentração de 1 g L⁻¹, via pulverização foliar nas faces adaxial e abaxial.

O espaçamento utilizado foi de 3 m entre fileiras e 3 m entre plantas, utilizando-se o sistema de espaldeira vertical com arame liso n° 14. Para a condução da planta até a espaldeira foi utilizado fio de barbante. Quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira foi efetuada a poda da gema apical, visando à emissão dos ramos secundários, onde foram conduzidos um para cada lado até o comprimento de 1,10 m. Após os ramos secundários atingirem tal comprimento, foi efetuada uma nova poda da gema apical destes, visando à emissão dos ramos terciários, os quais foram conduzidos até 30 cm do solo formando uma cortina. Ao longo da condução do experimento foi realizado à eliminação de gavinhas e de ramos ladrões, visando favorecer o desenvolvimento da cultura.

A água de irrigação do tratamento de menor nível de condutividade elétrica (1,3 dS m⁻¹) foi proveniente de um poço artesiano situado na área experimental; a água no nível de CE_a de 4,0 dS m⁻¹ foi preparado dissolvendo NaCl sem iodo na água de poço (CE_a de 1,3 dS m⁻¹). No preparo da água de irrigação do maior nível de salinidade, foi considerada a relação entre CE_a e concentração de sais: C (mmol_c L⁻¹) = 10 × CE_a (dS m⁻¹).

O sistema de irrigação adotado foi o localizada por gotejamento, utilizando-se tubos de PVC de 32 mm na linha principal e tubos de polietileno de baixa densidade, de 16 mm nas linhas laterais com gotejadores de vazão 10 L h⁻¹. Em cada planta foram instalados, dois gotejadores autocompensantes (modelo GA 10 Grapa), cada um a 15 cm do caule. As plantas foram irrigadas diariamente, às 07:00 horas da manhã, com fornecimento de água, conforme estratégia adotada, sendo a lâmina estimada com base na evapotranspiração da cultura, de acordo com (BERNARDO et al., 2013), conforme eq. 1:

$$ET_c = ETo \times Kc \dots \dots \dots (1)$$

Em que:

- ET_c - evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹;
- ETo - evapotranspiração de referência de Penman-Monteith, mm d⁻¹; e
- Kc - coeficiente de cultivo, adimensional.

A evapotranspiração de referência (ETo) foi determinada diariamente a partir de dados climáticos coletados na Estação Meteorológica de São Gonçalo, localizada no município de Sousa – PB, sendo os dados utilizados para determinação a ETo pelo método de Penman-Monteith. Utilizou-se o coeficiente de cultivo de 0,4 (de 50-113 DAT), 0,8 (de 114-198 DAT) e 1,2 (de 199-253 DAT), de acordo com Nunes et al. (2017).

Avaliaram-se aos 200 dias após o transplântio (DAT), o conteúdo relativo de água e os teores de pigmentos fotossintéticos (Clorofila *a*, *b* e carotenoides). Os teores de clorofila e carotenoides foram quantificados por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (ABS) 470, 646, e 663 nm, de acordo com a metodologia de Arnon (1949), utilizando-se as Eqs. 2, 3 e 4:

$$Cl\ a = 12,21\ ABS_{663} - 2,81\ ABS_{646} \dots \dots \dots (2)$$

$$Cl\ b = 20,13\ ABS_{646} - 5,03\ ABS_{663} \dots \dots \dots (3)$$

$$Car = (1000\ ABS_{470} - 1,82\ Cl\ a - 85,02\ Cl\ b) / 198 \dots \dots \dots (4)$$

Em que: Cl *a* - Clorofila *a*; Cl *b* - Clorofila *b*; e Car - Carotenoides totais. Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides nas folhas foram expressos em mg g⁻¹ de matéria fresca (MF).

A determinação do CRA foi feita de acordo com a Weatherley (1950), utilizando-se a Eq. 3:

$$CRA = \frac{(MF-MS)}{(MT-MS)} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

Em que:

CRA = Conteúdo relativo de água (%);

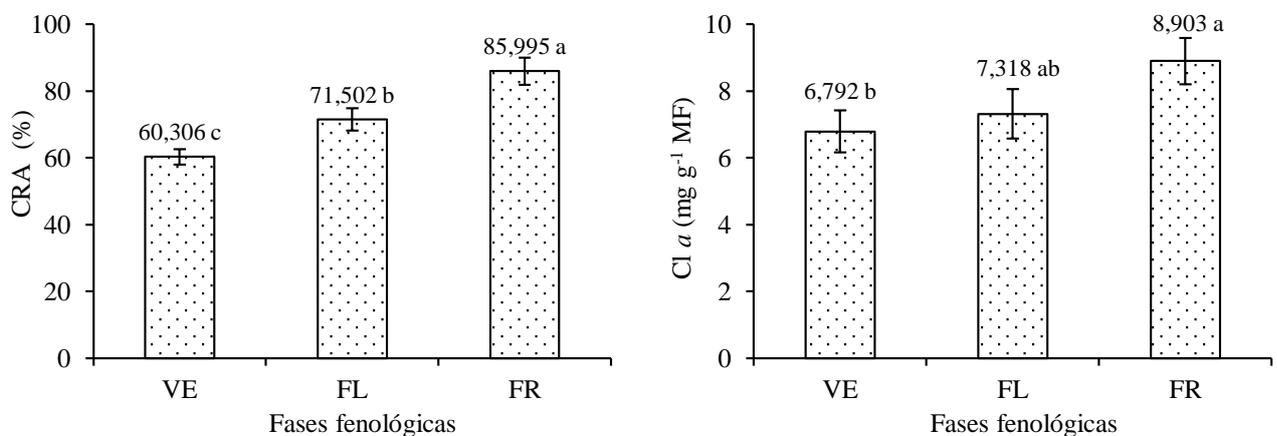
MF= massa fresca de folha (g);

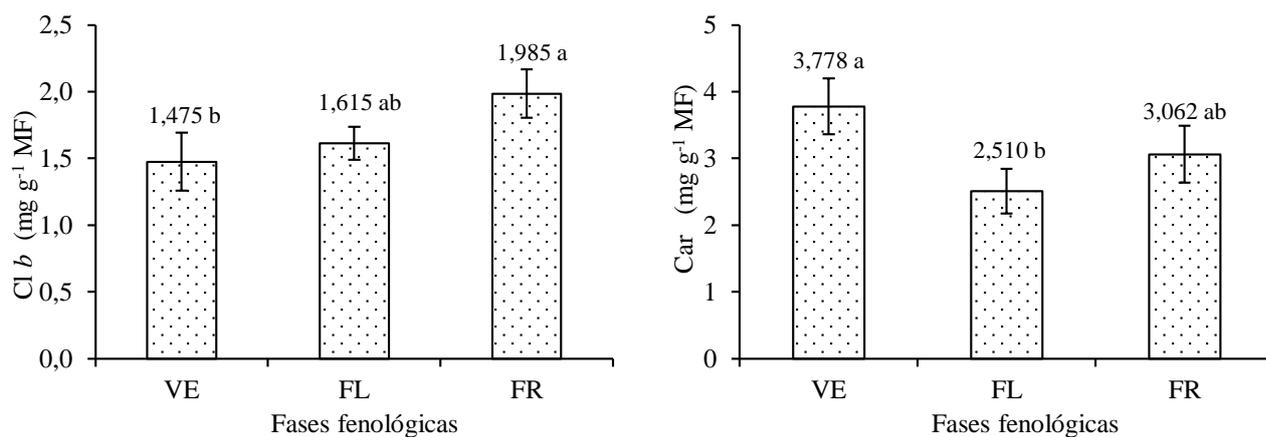
MT= massa túrgida (g);

MS = Massa seca (g);

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F' após teste de normalidade e homogeneidade dos dados. Nos casos de significância, usou-se o teste Tukey ($p < 0,05$) para as estratégias de irrigação com águas salinas e teste de F ($p < 0,05$) para as doses de potássio, utilizando-se do software estatístico SISVAR ESAL (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O conteúdo relativo de água no limbo foliar das plantas que receberam irrigação com água de elevada salinidade na fase vegetativa foi significativamente inferior ao das que foram cultivadas na fase de floração e frutificação. O uso de CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ na fase de frutificação resultou em maior CRA. O declínio no conteúdo relativo de água observado nas plantas sob estresse salino nas fases VE e FL é um indicativo de perda de turgor, que resulta em menos água disponível para expansão celular. A redução no CRA também pode ter ocorrido devido o aumento no extravasamento de eletrólitos induzidos pelo excesso de sais na água alterando a integridade da membrana (MENEZES et al., 2017). Os teores de clorofila *a* das plantas submetidas ao maior nível salino da água durante a fase de frutificação diferiu estatisticamente das que foram cultivadas sob estresse salino na fase vegetativa. Ao comparar as plantas irrigadas com água de elevada salinidade nas fases VE e FL constatou-se que não houve diferença significativa entre si. A redução nos teores de clorofila é um indicativo de estresse oxidativo e pode ser atribuída à inibição da síntese de clorofila, juntamente com a ativação de sua degradação pela enzima clorofilase (TAIBI et al., 2016).





Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Barras na vertical representam o erro padrão da média ($n=4$); VE - irrigação com água de elevada salinidade na fase vegetativa (50-113 DAT); FL = floração (114-198 DAT); FR = frutificação (199-253 DAT).

Figura 1. Conteúdo relativo de água – CRA (A), teores de clorofila *a* – Cl *a* (B), *b* – Cl *b* (C) e carotenoides – Car (D) do maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’ em função das estratégias de irrigação com águas salinas e adubação potássica.

De forma semelhante ao observado para Cl *a* (Figura 1B), os teores de Cl *b* das plantas cultivadas com água de CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ na fase de frutificação foram superiores estatisticamente ao das que receberam estresse salino na fase vegetativa. Não houve diferenças significativas entre as plantas irrigadas com água de elevada salinidade nas fases FL e FR. Os teores de carotenoides das plantas submetidas ao estresse salino na fase vegetativa foram superiores estatisticamente ao das que receberam o maior nível de CEa ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$) na fase de floração e frutificação. Sob condições de estresse salino, o aumento na síntese de carotenoides é importante devido a sua atuação como agentes antioxidantes, proteção dos lipídios da membrana plasmática do estresse oxidativo (GOMES et al., 2017),

CONCLUSÕES: O estresse salino em maracujazeiro-azedo ‘BRS GA1’ durante as fases vegetativas e de floração reduz o conteúdo relativo de água no limbo foliar. Irrigação com água de condutividade elétrica de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ na fase vegetativa inibiu a biossíntese de clorofila *a* e *b* e aumentou-se os teores de carotenoides, aos 200 dias após o transplante.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq pela concessão de auxílio financeiro (Proc. CNPq 429732/2018-0) e bolsa de produtividade em pesquisa (Proc. CNPq 309127/2018-1) ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8.ed. Viçosa: Ed. UFV. 2013. 625p.
- 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: Incaper, 2008. 56p. Incaper. Documentos, 162.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista Brasileira de Biometria, v.37, n.4, p.529-535, 2019.
- GUPTA, S.; SCHILLACI, M.; WALKER, R.; SMITH, P. M. C., WATT, M.; ROESSNER, U. Alleviation of salinity stress in plants by endophytic plant-fungal symbiosis: Current knowledge, perspectives and future directions. Plant and Soil, 461:219-244, 2021.
- HEIDARI, M.; JAMSHID, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, v.5, n.6, p.39-46, 2010.
- LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. dos A.; SANTOS, J. B. dos. Cell damage, water status and gas exchanges in castor bean as affected by cationic composition of water. Revista Caatinga, v.32, n.2, p.482-492, 2019.
- MENEZES, R. V.; AZEVEDO NETO, A. D. de; RIBEIRO, M. de O.; COVA, A. M. W. Growth and contents of organic and inorganic solutes in amaranth under salt stress. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.47, n.1, p.22-30, 2017.
- NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; SOUZA, J. T. A.; ALMEIDA, D. J. de; ORESCA, D.; FERNANDES, P. D. Gas exchange and productivity of yellow passion fruit irrigated with saline water and fertilized with potassium and biofertilizer. Ciencia e Investigación Agraria, v.44, n.2, p.168-183, 2017.
- SANTOS, V. A. dos; RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. dos R.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. Revista de Ciências Agroveterinárias, v.16, n.1, p.33-40, 2017.
- TAIBI, 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 defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. South African Journal of Botany, v.105, n.1, p.306-312, 2016.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (org.) Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573p.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I - The field measurements of water deficits in leaves. *New Phytologist*, v.49, n.1, 81-97, 1950.