



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA
TROPICAL**

GENILSON LIMA DINIZ

**ECOFISIOLOGIA DE MARACUJAZEIRO GIGANTE
AMARELO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E
ADUBAÇÃO SILICATADA**

POMBAL – PB

2020

GENILSON LIMA DINIZ

**ECOFISIOLOGIA DE MARACUJAZEIRO GIGANTE
AMARELO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E
ADUBAÇÃO SILICATADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre

Orientador: Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

POMBAL – PB

2020

D585e Diniz, Genilson Lima.
Ecofisiologia de maracujazeiro Gigante Amarelo cultivado com águas salinas e adubação silicatada / Genilson Lima Diniz. – Pombal, 2020.
80 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2020.

“Orientação: Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre”.

“Coorientação: Geovani Soares de Lima”

Referências.

1. *Passiflora edulis* f. 2. Cultivo irrigado. 3. Flavicarpa. 4. Salinidade. 5. Silício. I. Nobre, Reginaldo Gomes. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.


CDU 634.776.3 (043)


GENILSON LIMA DINIZ

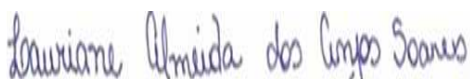
**ECOFISIOLOGIA DE MARACUJAZEIRO GIGANTE
AMARELO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E
ADUBAÇÃO SILICATADA**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Campina Grande, como parte das exigências do
programa de Pós-Graduação em Horticultura
Tropical, para obtenção do título de mestre.

Aprovada em: 20 de fevereiro de 2020


Prof. D.Sc. Reginaldo Gomes Nobre
DCT/UFERSA
Orientador


Prof. D.Sc. Geovani Soares de Lima
CCTA/UAGRA/UFCG
Orientador


Profa. D.Sc. Lauriane Almeida dos Anjos Soares
CCTA/UAGRA/UFCG
Examinadora


Prof. D.Sc. Hans Raj Gheyi
UAEAg/UFCG
Examinador

A Deus, meus pais e a minha noiva Gabriela

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade de lutar e conseguir realizar meu sonho.

Aos meus pais, Rubens Gomes Diniz e Janeilka de Oliveira Lima Diniz, que sempre lutaram e acreditaram que essa vitória seria possível, a vocês o meu muito obrigado, amo vocês.

A toda minha família que sempre acreditou e esteve ao meu lado em todos os momentos, em especial aos meus avôs Artidônio e Rita, Maria José e Genildo (*in memoriam*).

A minha noiva, Gabriela Karine, por sempre está presente em todos os momentos, sua força foi essencial para que eu pudesse seguir em frente vencendo todos os obstáculos da vida.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo, que foi fundamental para a conclusão dessa etapa.

Ao meu orientador, Reginaldo Gomes Nobre, pela orientação e confiança durante todo o período de mestrado, onde foi de grande importância para minha formação acadêmica, obrigado por tudo.

Ao meu orientador, Geovani Soares de Lima, pelas orientações, confiança e por acreditar em meu trabalho durante o desenvolvimento das atividades, obrigado por tudo.

A toda equipe SALINIDADE, que se fez presente durante a condução dos trabalhos.

Ao grande “irmão” Leandro Pádua, por toda ajuda e auxílio durante o período do mestrado, ajudando e auxiliando no andamento das atividades de pesquisa. Muito obrigado.

A todos os membros da banca pela contribuição com o trabalho.

A todos que fazem parte da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, (professores, técnicos, amigos e funcionários).

Aos meus amigos de moradia em Pombal, Mizael Nabor e Allysson Jonhny.

Reconheço que esse trabalho não é somente uma conquista minha, mas de todos aqueles que trilharam o meu caminho durante essa jornada.

LISTAS DE FIGURAS

CAPÍTULO I. Potencial osmótico e índices fisiológicos na produção de mudas do maracujazeiro amarelo sob estresse salino e adubação silicatada.

FIGURA 1. Potencial osmótico da seiva foliar – ψ_s (A) e teor de clorofila *a* (B) das plantas de maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e doses de adubação silicatada, aos 60 dias após a semeadura. UFCG/CCTA, Pombal – PB, 2020. 34

FIGURA 2. Teores de Clorofila *b* (A) e carotenoides (B) em plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. UFCG/CCTA, Pombal - PB, 2020. 35

FIGURA 3. Fluorescência inicial – F_o (A) e variável (B) das plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função da interação entre os níveis salinos da água - CEa e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. UFCG/CCTA, Pombal - PB, 2020. 37

FIGURA 4. Fluorescência máxima (A) e eficiência quântica do fotossistema II (B) das plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função da interação entre os níveis salinos da água – CEa e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. UFCG/CCTA, Pombal - PB, 2020. 38

CAPÍTULO II. Fitomassas e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo sob estresse salino e adubação silicatada.

FIGURA 1. Fitomassa seca de folha - FSF (A) seca de caule - FSC (B) em plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função dos níveis de salinidade da água – CEa e Fitomassa seca de caule - FSC (C) em função das doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCG, 2020. 51

FIGURA 2. Fitomassa seca de raiz FSR – (A) e da parte aérea – FSPA (B) em plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função dos níveis de salinidade da água – CEa, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCG, 2020. 53

FIGURA 3. Relação raiz/ parte aérea (R/PA) - (A) em função dos níveis de salinidade da água – CEa e das doses de silício (B), fitomassa seca total (FST) (C) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) - (D) em plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função dos níveis de salinidade da água – CEa, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCG, 2020. 55

CAPÍTULO III. Índices fisiológicos e crescimento do maracujazeiro amarelo sob estresse salino e adubação silicatada.

FIGURA 1. Vista experimental das mudas de maracujazeiro amarelo. UFCG, Pombal-PB, 2019. 66

FIGURA 2. Condutância estomática - g_s (A), transpiração - E (B), concentração intercelular C_i (C) e eficiência do uso da água - $EiUA$ (D) em maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ submetido a salinidade na água de irrigação e doses de silício. Pombal, CCTA/UFCG, 2020. 71

FIGURA 3. Clorofila *a* (A), carotenoides (B) e conteúdo protoplasmático (C) em maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 60 dias após o transplântio. Pombal, CCTA/UFCEG, 2020. 74

FIGURA 4. Diâmetro caulinar (A) e taxa de crescimento absoluto (B) em maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 60 dias após o transplântio. Pombal, CCTA/UFCEG, 2020. 76

LISTAS DE TABELAS

CAPÍTULO I. Potencial osmótico e índices fisiológicos na produção de mudas do maracujazeiro amarelo sob estresse salino e adubação silicatada.

TABELA 1: Características físicas e químicas do substrato utilizado para a produção de mudas de Maracujazeiro Amarelo, realizada pelo laboratório de irrigação e salinidade da UFCG – campus de Campina Grande-PB. Pombal-PB, 2020. 30

TABELA 2: Resumo da análise de variância para potencial osmótico (ψ_s), teores de clorofila *a* (CL *a*), *b* (CL *b*) e carotenoides (CAR) das plantas de maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCG, 2020. 33

TABELA 3. Resumo da análise de variância para referente a fluorescência inicial (F_o), variável (F_v), máxima (F_m) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) de plantas de maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. UFCG/CCTA, Pombal - PB, 2020. 36

CAPÍTULO II. Fitomassas e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo sob estresse salino e adubação silicatada.

TABELA 2: Características físicas e químicas do substrato utilizado para a produção de mudas de Maracujazeiro Amarelo, realizada pelo laboratório de irrigação e salinidade da UFCG – campus de Campina Grande-PB. Pombal-PB, 2020. 48

TABELA 2. Resumo da análise de variância para fitomassa seca de folha (FSF), de caule (FSC), de raiz (FSR) e da parte aérea (FSPA) das plantas de maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCG, 2020. 50

TABELA 3. Resumo da análise de variância para relação raiz/ seca parte aérea (R/PA), fitomassa seca total (FST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCG, 2020. 54

CAPÍTULO III. Índices fisiológicos e crescimento do maracujazeiro amarelo sob estresse salino e adubação silicatada.

TABELA 3: Características físicas e químicas do substrato utilizado para a produção de mudas de Maracujazeiro Amarelo, realizada pelo laboratório de irrigação e salinidade da UFCG – campus de Campina Grande-PB. Pombal-PB, 2020. 67

TABELA 2. Resumo da análise de variância para condutância estomática (*g_s*), concentração intercelular de CO₂ (*C_i*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), eficiência instantânea do uso da água (*E_iUA*) e eficiência da carboxilação instantânea (*E_iC_i*) em maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de

irrigação e doses de silício, aos 60 dias após o transplântio. Pombal, CCTA/UFMG, 2020. 70

TABELA 3. Resumo da análise de variância para clorofila *a* (CL *a*), clorofila *b* (CL *b*), carotenoides (CAR) e o conteúdo protoplasmático (CP) em maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após o transplântio. Pombal, CCTA/UFMG, 2020. 73

TABELA 4. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), taxa de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo do diâmetro do caule (TCRdc) em maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ submetido a salinidade na água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após o transplântio. Pombal, CCTA/UFMG, 2020. 75

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	05
LISTA DE TABELAS	07
RESUMO GERAL	11
GENERAL ABSTRAT	12
1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 A cultura do maracujazeiro amarelo	14
2.2 Águas salinas como alternativa para o cultivo irrigado no semiárido	16
2.3 Tolerância do maracujazeiro a salinidade	17
2.4 Silício como atenuador do estresse salino	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	20
CAPÍTULO I Potencial osmótico e índices fisiológicos na produção de mudas do maracujazeiro amarelo sob estresse salino e adubação silicatada	25
RESUMO	26
ABSTRACT	27
1 INTRODUÇÃO	28
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1 Local de condução do experimento	29
2.2 Procedimento experimental	29
2.3 Variáveis analisadas.....	31
2.4 Análise dos dados	32
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	39
CAPÍTULO II Fitomassas e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo sob estresse salino e adubação silicatada.....	43
RESUMO	44
ABSTRACT	45
1 INTRODUÇÃO	46
2 MATERIAL E MÉTODOS	47
2.1 Local de condução do experimento	47
2.2 Procedimento Experimental.....	47
2.3 Variáveis Analisadas.....	49
2.4 Análise estatística	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4 CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
CAPÍTULO III Índices fisiológicos e crescimento do maracujazeiro amarelo sob estresse salino e adubação silicatada.....	61
RESUMO	62
ABSTRACT	63
1 INTRODUÇÃO	64
2 MATERIAL E MÉTODOS	62
2.1 Local de condução do experimento	65
2.2 Procedimento Experimental.....	65
2.3 Variáveis analisadas.....	68

2.4	Análise estatística	69
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4	CONCLUSÕES.....	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

RESUMO GERAL

DINIZ, Genilson Lima. **Ecofisiologia de maracujazeiro Gigante amarelo cultivado com águas salinas e adubação silicatada**. 2020. 80 p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB¹.

O maracujazeiro amarelo é considerado uma das principais frutíferas com alto valor de mercado, o que vem despertando interesse principalmente para o pequeno e médio produtor, no semiárido nordestino. Entretanto, nessas regiões se faz necessário muitas vezes a utilização de águas com elevadas concentrações de sais para a irrigação. Para a utilização destas águas, muitas vezes requer estratégias de manejo, a adubação silicatada que se apresenta como uma alternativa de atenuação a essa condição de estresse para as plantas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o cultivo do maracujazeiro amarelo irrigado com águas de distintas salinidades associado à adubação silicatada. O experimento foi realizado em 2 etapas na Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB. Na primeira etapa foi realizada em ambiente de casa de vegetação, onde foram testados diferentes níveis de salinidades e doses de silício na produção de mudas de maracujazeiro amarelo, com delineamento de blocos ao acaso, com esquema fatorial 5 x 5, cujos tratamentos foram constituídos de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e cinco doses de adubação silicatada (0; 25; 50; 75 e 100g de silicato de potássio/planta) com quatro repetições e duas plantas por parcela, totalizando duzentas unidades experimentais. A salinidade na água de irrigação reduziu os pigmentos fotossintéticos e rendimento no fotossistema II em plantas de maracujazeiro amarelo. A adubação silicatada na dose de 75g planta⁻¹ atenuou o efeito deletério do estresse salino para o potencial osmótico, clorofila b e carotenoides. O estresse salino proporcionado pela condutividade da água a partir de 0,3 dS m⁻¹ ocasionou diminuição na produção de fitomassas do maracujazeiro aos 60 dias após o semeio, destacando-se a fitomassa seca de folha como a variável mais sensível. A produção de mudas de maracujazeiro com salinidade da água de até 3,1 dS m⁻¹ obteve índice de qualidade de Dickson aceitável. As doses de adubação silicatada amenizaram o efeito do estresse salino apenas para a relação raiz/parte aérea das plantas de maracujazeiro Gigante amarelo. No segundo ensaio, o experimento foi desenvolvido em condições de campo. Onde se utilizou o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial 5 x 2, cujos tratamentos foram constituídos de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) associado as duas doses de adubação silicatada (150 e 300 g planta⁻¹ de silicato de potássio) com quatro repetições. O estresse salino proporcionou diminuição na condutância estomática, concentração intercelular de CO₂, transpiração, eficiência instantânea do uso da água e no crescimento das plantas de maracujazeiro. A síntese de *clorofila a* foi inibida, pelo aumento da CEa a partir de 0,3 dS m⁻¹, contudo, a salinidade da água ocasionou incremento nos teores de carotenoides e conteúdo protoplasmático; o silício apresentou efeito significativo na condutância, fotossíntese, eficiência do uso da água, clorofila b, carotenoides e taxa de crescimento relativo do diâmetro.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, salinidade, silício.

GENERAL ABSTRACT

DINIZ, Genilson Lima. **Ecophysiology of yellow giant passion fruit cultivated with saline water and silicate fertilization.** 2020. 80 p. Dissertation (Master in Tropical Horticulture) - Federal University of Campina Grande, Pombal-PB¹.

The yellow passion fruit is considered one of the main fruit plants with high market value, which has aroused interest mainly for small and medium producers in the northeastern semiarid. However, in those regions it is often necessary to use waters with high concentrations of salts for irrigation. For the use of these waters, management strategies are often required, silicate fertilization, which presents itself as an alternative to mitigate this stress condition for plants. In this context, the objective was to evaluate the cultivation of yellow passion fruit irrigated with waters of different salinity associated to silicate fertilization. The experiment was carried out in 2 stages at Federal University of Campina Grande, Pombal - PB. The first stage was carried out in a greenhouse environment, where different levels of salinity and doses of silicon were tested in the production of yellow passion fruit seedlings, with a randomized block design, with a 5 x 5 factorial scheme, whose treatments consisted of five levels of electrical conductivity of irrigation water (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3.1 dS m⁻¹) and five doses of silicate fertilization (0; 25; 50; 75 and 100g of potassium silicate / plant), with four replications and two plants per plot, totalizing two hundred experimental units. The salinity in the irrigation water reduced the photosynthetic pigments and the yield in photosystem II in yellow passion fruit plants. The silicate fertilization in the 75g plant⁻¹ dose attenuated the deleterious effect of salt stress for the osmotic potential, chlorophyll b and carotenoids. The salt stress caused by the conductivity of water from 0.3 dS m⁻¹ caused a decrease in the production of phytomass of passion fruit at 60 days after sowing, being the dry leaf phytomass highlighted as the most sensitive variable. The production of passion fruit seedlings with water salinity up to 3.1 dS m⁻¹ obtained an acceptable Dickson quality index. The doses of silicate fertilizer softened the effect of saline stress only for the root / shoot ratio of giant yellow passion fruit plants. In the second trial, the experiment was carried out under field conditions. The experimental design was used in randomized blocks in a 5 x 2 factorial scheme, whose treatments consisted of five levels of electrical conductivity of irrigation water (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3.1 dS m⁻¹) associated with two doses of silicate fertilization (150 and 300 g plant⁻¹ of potassium silicate) with four replications. Saline stress provided a decrease in stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration, transpiration, instant water use efficiency and in the growth of passion fruit plants. The synthesis of chlorophyll a was inhibited by the increase in CEa from 0.3 dS m⁻¹, however, the salinity of the water caused an increase in the levels of carotenoids and protoplasmic content; silicon had a significant effect on conductance, photosynthesis, water use efficiency, chlorophyll b, carotenoids and relative diameter growth rate.

Keywords: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, salinity, silicon.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) é cultivado em quase todo território brasileiro, onde o Brasil se destaca como maior produtor e consumidor sendo o suco desta fruteira o terceiro mais produzido pelas agroindústrias brasileiras (FREIRE et al., 2014). De acordo com dados do IBGE (2018) no ano de 2017 a produção nacional foi de 293.699,535 toneladas em uma área de 34.672 estabelecimentos, destacando a Bahia como o principal produtor a nível nacional com 110.470,062 toneladas, o Ceará em quarto lugar com 19.559,205 toneladas e o Pernambuco ocupando a sexta colocação com 8.168,605 toneladas.

No estado da Paraíba, a produção no ano de 2017 foi 5.334,137 toneladas com 1.138 estabelecimentos. Os principais municípios produtores foram Santa Rita, Nova Floresta, Picuí, Pitimbu, Araruna, Cuité e Conde (BRASIL, 2017a).

Para que se tenha bons índices de produtividade a produção de mudas torna-se uma estratégia muito importante, uma vez que mudas de baixa qualidade influenciará negativamente na produção da cultura (DINIZ; GUIMARÃES; LUZ, 2006). Desta forma o plantio de mudas de boa qualidade influencia no sucesso da implantação do cultivo, proporcionando o controle do estande inicial das plantas. Com isto ocorre a redução de alguns tratos culturais iniciais como desbaste, capinas, irrigações e pulverizações, proporcionando maior homogeneidade entre as plantas que estão sendo cultivadas (SALATA et al., 2011).

Apesar dos bons índices de produtividade do maracujazeiro na região Nordeste, a sua produção depende da utilização da irrigação, devido à estiagem de chuvas, alta evapotranspiração e temperaturas elevadas. Em diversos casos a produção é afetada pelo altos teores de sais presentes nas águas superficiais e subterrâneas desta região. A salinidade afeta a disponibilidade de água para as plantas em decorrência das alterações no potencial osmótico da solução do solo reduzindo a mesma ao ponto que a planta não consegue extrair a água com facilidade (GHEYI; DIAS; LACERDA, 2010).

Ribeiro et al. (2014) utilizando níveis CEa variando de 0,27 a 4,5 dS m⁻¹ constataram que quando foi utilizado níveis de salinidade superior a 1,5 dS m⁻¹ houve reduções no crescimento e desenvolvimento do maracujazeiro.

Entretanto, a tolerância das culturas em relação a salinidade pode ser determinada como a habilidade da planta em tolerar determinados níveis de sais, que é variável em relação ao genótipo, fase de desenvolvimento, natureza catiônica da água, intensidade do estresse e práticas de manejo do solo e da água (SÁ et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015).

Entre as estratégias que podem favorecer a exploração agrícola utilizando águas salinas na irrigação, destaca-se o manejo de água e de adubos onde entre eles cita-se o silício. Apesar do silício não ser considerado um elemento essencial ao crescimento das plantas tem apresentado vários benefícios para as culturas, dentre eles: aumento da taxa fotossintética, diminuição do efeito tóxico de alguns metais pesados, associado ao aumento da capacidade de defesa antioxidante diante de deficiência hídrica (GONG et al., 2005; HATTORI et al., 2005).

Com o intuito de amenizar os efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento das culturas, vários estudos vem sendo realizado utilizando o silício (Si) como atenuador do estresse salino. Ashraf et al. (2010) em pesquisa realizada com cana de açúcar sob estresse salino observaram que a adição do Si reduziu a absorção e o transporte do Na^+ para a parte aérea e aumentou a absorção de K^+ , melhorando o crescimento e conseqüentemente a sua produção. Moussa e Galad (2015) em pesquisa com cultivares de milho com tratamento de 0 a 150 nM de NaCl e 2,5 nM de Si, constaram efeitos benéficos na adição de Si, sendo a absorção de Na^+ inibida pelo Si no fluxo de transpiração. A aplicação de Si aumentou os teores de N, P e K nas plantas de milho fazendo com que elas obtivessem um melhor rendimento.

Embora o Si seja um elemento importante para inibição de estresses abióticos e bióticos são incipientes os relatos na literatura sobre a utilização no crescimento, na fisiologia produção e qualidade pós-colheita do maracujazeiro. Considerando a importância que a cultura do maracujazeiro amarelo exerce sobre a região Nordeste e a grande necessidade de utilização de águas com altos teores de sais nessa região, o desenvolvimento de pesquisas voltadas a identificação de uma técnica capaz de amenizar o estresse salino é de extrema importância para a produção do maracujazeiro em escala comercial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do maracujazeiro amarelo

O maracujazeiro amarelo pertence à classe Magnoliopsida, ordem Malpigiales, família Passifloraceae e ao gênero Passiflora, é uma planta trepadeira semiperene com centro de origem a América Tropical, podendo atingir de 5 a 10 m de comprimento, com mais de 150 espécies nativas do Brasil, sendo cultivada em maior frequência em países que apresentam clima tropical e subtropical (FALEIRO; FARIAS NETO; RIBEIRO JÚNIOR, 2008)

ganhando destaque como uma das mais importantes frutíferas representantes da cadeia produtivas de frutas a níveis de pequeno e médio produtor.

O sistema radicular das plantas é axial ou pivotante, onde 70% a 85% das raízes secundárias são distribuídas até os primeiros 40 cm de profundidade do solo (SOUSA et al., 2002). O seu caule apresenta característica circular, lenhoso e bastante lignificado, diminuindo o teor de lignina à medida que se aproxima do ápice da planta (GRECO, 2014).

As suas flores são hermafroditas, isoladas ou em pares situadas nas axilas das folhas e agrupadas em inflorescências racemosas ou fasciculadas, onde ganham muito destaque por ser flores bonitas e vigorosas que chamam atenção das pessoas. O seu fruto é uma baga que está fixado através de um pedúnculo com a casca as vezes lignificado (GRECO, 2014).

Destaca-se pela sua grande importância, devido as características sensoriais, fármaco-terapêuticos dos frutos e boa aceitação no mercado interno, representando assim uma alternativa econômica com rápido retorno do capital que foi investido, uma vez que é muito cultivado em pequenas e médias propriedades (GONDIM et al., 2006; PIRES; MATA, 2004; PIRES, 2008).

O maracujazeiro no Brasil está em expansão no mercado das frutas, apresentando perspectivas promissoras para os produtores das mais diversas regiões que utilizam esse fruto para produção (MENDONÇA, 2011). Está espécie apresenta boa aceitação na agricultura familiar do sertão Paraibano em virtude das condições edafoclimáticas da região serem favoráveis para o seu desenvolvimento.

Onde o fruto do maracujazeiro é utilizado principalmente para o consumo *in natura* e fabricação de sucos podendo ser vendido no mercado interno e também exportado. Em 2017 o Brasil obteve uma produção de 293.699,535 toneladas com 34.672 estabelecimentos, entre os principais estados produtores do maracujazeiro amarelo podemos destacar a Bahia como sendo o principal produtor, seguido por Minas Gerais, Santa Catarina, Ceará e Goiás (BRASIL, 2017b).

A fase de produção de mudas de frutíferas em geral constituiu uma das fases mais limitantes para implantação das lavouras, uma vez que mudas de boa qualidade influenciaram no crescimento inicial, nos aspectos fisiológicos e desenvolvimento da cultura (LENZA, 2009). O maracujazeiro por possuir um ciclo curto, com início de produção entre os 6 e 9 meses após o plantio (SILVA, 2012) e ciclo cultural em torno de dois anos, em regiões produtoras esta cultura ordena uma demanda por parte do produtor na renovação constante das áreas plantadas, obrigando-o à produção ou aquisição de mudas de alta qualidade para que se tenha bons índices de produtividade.

2.2 Águas salinas como alternativa para o cultivo irrigado no semiárido

A produção de alimentos pode ser reduzida devido a vários estresses abióticos, dentre esses estresses a salinidade da água e/ou do solo possibilita os maiores índices de redução da produção de alimentos. Cerca de 20% das terras agrícolas no mundo são afetadas por problemas com salinidade (RASSOL et al., 2013). Esses estresses podem ter origem de forma natural relacionada a pedogênese ou pela ação antropogênica onde causa maior impacto econômico (JAYAKANNAN et al., 2015).

Sendo a salinização de origem antropogênica relacionado ao manejo inadequado da irrigação em áreas agrícolas, principalmente em decorrência da utilização de águas de poços artesianos onde em sua grande maioria apresenta altos teores de sais em média de 11,802 dS m⁻¹ (QADOS; MOFTAH, 2015).

O termo salinidade pode ser definido como a existência de sais solúveis no solo que podem vir a prejudicar o desenvolvimento e a produção da culturas. Como principais íons relacionados a salinidade podemos destacar os cátions sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺) e o ânions cloreto (Cl⁻), sulfato (SO₄²⁻) bicarbonato (HCO₃⁻), carbonato (CO₃²⁻) e nitrato (NO₃⁻) (YADAV et al., 2011).

A escassez de água em todo o mundo faz com que o manejo da irrigação ganhe importância, na área agrônômica. A crescente demanda por alimentos e a pouca oferta de áreas agrícolas possibilita a utilização de solos com problemas de salinidade para a exploração agrícola. Os solos salinos podem ser encontrados geralmente em regiões Áridas e Semiáridas e apresentam condutividade elétrica (CE) com valores iguais ou superiores a 4,0 dS m⁻¹ (MUNNS; TESTER, 2008).

A região Nordeste apresenta como característica baixa pluviosidade, chuvas mal distribuídas e elevadas perdas de água por evaporação, apresentando mais de 60% de áreas de climas áridos (MEDEIROS et al., 2012), contribuindo para o aumento da concentração de sais nos lençóis freáticos e em poços artesianos comprometendo assim a qualidade da água de irrigação.

A utilização de águas salinas podem contribuir para o aumento de renda de algumas famílias através da agricultura, fazendo com que áreas que não tinha o desenvolvimento agrícola como principal fonte de renda possam ser reativadas. A disponibilidade de água para irrigação pode ser aumentada por meio de criterioso uso de águas salinas e reciclagem de águas de drenagem; águas atualmente consideradas como inadequadas para a irrigação podem

ser utilizadas, sem maiores consequências a longo prazo para culturas e solos, desde que sejam adotadas práticas de manejo culturais adequadas e culturas tolerantes à salinidade (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992; STEPPUHN, 2001).

Em situações de estresse salino os efeitos osmóticos e iônicos influenciam promovendo alterações nas atividades metabólicas das células e no processo de alongamento celular, afetando diretamente o crescimento da planta, e dependendo da intensidade do estresse levar à morte da planta (SAÍRAM; TYAGI, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2013). O excesso de sais nas plantas podem induzir danos nas proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, ocorrendo também alterações nos processos de fotossíntese e respiração afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas (BALAKHNINA; BORKOWSKA, 2013; MANAI et al., 2014).

2.3 Tolerância do maracujazeiro a salinidade

As plantas cultivadas possuem uma classificação de acordo com a ação degenerativa dos sais na germinação, crescimento e produção. Sendo assim classificadas como sensíveis onde não ocorre germinação, crescimento e produção adequadamente quando a condutividade elétrica do estrato de saturação do solo for superior a $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, as moderadamente sensíveis quando a salinidade for superior a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, as moderadamente tolerantes quando a salinidade for superior a $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ e as tolerantes ou resistentes quando a salinidade atingir níveis superiores a $10,0 \text{ dS m}^{-1}$. Sendo o maracujazeiro amarelo sensível a salinidade (AYERS; WESTCOT, 1999).

Sousa et al. (2006) avaliando o maracujazeiro submetido a irrigação com água salina superior a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, constataram que houve inibição no processo germinativo, no crescimento inicial pela altura, número de folhas, área foliar e produção de biomassa das raízes e parte aérea das plantas.

Estudo realizado por Araújo et al. (2013) constataram que o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu a percentagem de emergência em plantas de maracujazeiro amarelo. Em pesquisa desenvolvida por Oliveira et al. (2015) avaliando os efeitos da salinidade da água (CEa variando de $0,8$ a $3,6 \text{ dS m}^{-1}$) constataram que a partir de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ ocorreu um aumento da concentração de sais de sódio no substrato exercendo fitotoxicidade as plantas de maracujá, ocorrendo alterações hormonais e iônicas afetando o crescimento das plantas.

Freire et al. (2014) estudando as trocas gasosas do maracujazeiro irrigado com água salina ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$) constataram que o estresse salino inibe a atividade fotoquímica do fotossistema II e fotossíntese líquida das plantas. Estudo realizado por Dias et al. (2011)

avaliando a produção do maracujazeiro amarelo, cultivado com biofertilizante irrigado com água de condutividade elétrica crescente, observaram que o aumento da concentração de sais na água de irrigação reduz drasticamente a produção e o número de frutos por planta de maracujazeiro amarelo.

Viana et al. (2012) estudando o efeito da salinidade na produção de maracujazeiro amarelo, concluíram que água de condutividade elétrica maior que $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ afeta significativamente a produção do maracujazeiro-amarelo. Dias et al. (2012) verificaram que o aumento da concentração salina da água de irrigação provocou perdas da produção e das qualidades físicas dos frutos do maracujazeiro amarelo, sendo mais drástico na condutividade superior a $2,5 \text{ dS m}^{-1}$.

2.4 Silício como atenuador do estresse salino

Embora o silício (Si) não seja considerado um elemento essencial para plantas, o mesmo apresenta vários benefícios para várias espécies cultivadas de forma agrícola, dentre eles: aumento e manutenção da taxa fotossintética, aumento da condutância estomática das plantas, diminuição do efeito tóxico de Mn, Fe e outros metais pesados, além de minimizar os efeitos negativos que a salinidade promove sobre as plantas, com isto a utilização do Si é uma das estratégias que vem se expandindo nas últimas décadas (SIVANESAN et al., 2011).

O Si é absorvido pelas raízes na forma de ácido monossilícico, é transportado via xilema, por fluxo de transpiração, ou de forma ativa, utilizando proteínas transportadoras específicas, isso acontece quando a planta é submetida a estresse ou condições de ataque por pragas e doenças (OLIVEIRA et al., 2009). O Si é depositado nas paredes celulares, no lúmen celular e nos espaços intercelulares da raiz e do caule (SANGSTER; HODSON; PARRY, 2001).

As plantas de modo geral contêm Si em seus tecidos, sendo que essa concentração na parte aérea varia muito de acordo com cada espécie (0,1 a 10% de Si no peso seco), mostrando uma distribuição desigual nos vegetais (LIANG et al., 2015). Sendo dividido em três grupos levando em consideração a sua capacidade de absorção e acúmulo do Si nos órgãos da plantas.

As espécies que são acumuladoras de silício, de forma geral, as monocotiledôneas (Gramíneas), têm o processo ativo de absorção do silício, possuindo teor acima de $10,0 \text{ Kg}^{-1}$ de Si na matéria seca, as espécies que são consideradas não acumuladoras (leguminosas), que absorvem a favor de um fluxo de transpiração de forma mais lenta que a absorção de água

apresentando um teor menor que $5,0 \text{ Kg}^{-1}$ na matéria seca e as espécies intermediárias onde a acumulação do silício apresenta absorção via simplasto, na mesma velocidade que absorção de água, com um teor menor de 10 g Kg^{-1} (CORNELIS et al., 2011).

O fornecimento do Si para as plantas vem sendo estudada, recentemente, a partir da liberação do uso do silicato de potássio (K_2SiO_3) como fertilizante, onde o mesmo é uma fonte para o fornecimento desse elemento, atualmente já vem sendo utilizado na agricultura, com a finalidade de amenizar os efeitos deletérios ocasionados pelo estresse, tanto de ordem biótico como abiótico (FREITAS, 2011).

Vários estudos estão sendo desenvolvidos para esclarecer todos os mecanismos pelos quais o Silício contribui para a tolerância da plantas quando submetidas a estresse salino. Desta forma algumas proposições tem ganhando mais aceitabilidade por parte da comunidade científica, a primeira delas é que o Si diminui a concentração de sais na planta devido à diminuição da transpiração pelo acúmulo do elemento na folha, a segunda é que o Si diminui o transporte de (Na^+) na raízes e a terceira proposição é que o elemento tem funções fisiológicas que fazem com que aumente o metabolismo antioxidante (SHI et al., 2013).

Ferraz et al. (2015) em estudo realizado com mamona submetida a estresse salino e adubação com silício, concluiu que o aumento nas concentrações de Si elevaram os valores de clorofila total independente dos níveis salinos.

Estudos recentes evidenciaram efeitos benéficos do Si no crescimento de muitas espécies de plantas (canola, soja, trigo, sorgo, tomate e milho) submetidas a condições de estresse salino, aumentando a área foliar, o teor de clorofila e melhorias na estrutura dos cloroplastos, o que proporcionou aumento da atividade fotossintética (HASHEMI; ABDOLZADEH; SADEGHIPOUR, 2010; LEE et al., 2010; TAHIR et al., 2012; BAE et al., 2012; HAGHIGHI; PESSARAKLI, 2013; ROHANIPOOR et al., 2013).

Entretanto, não há relatos na literatura sobre a utilização de silício na cultura do maracujazeiro, sendo de fundamental importância a realização de estudos, no intuito de viabilizar alternativas que contribuam para atenuação dos problemas ocasionados pela salinidade na cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAF, M; RAHMAUTULLAH, M; AFZAL, R; AHMED, F; MUJEEB, A; SARWAR L. Alleviation of detrimental effects of NaCl by silicon nutrition in salt-sensitive and salt-tolerant genotypes of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Plant and Soil**, v. 326, n. 2 p. 326-381, 2010.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p.

ARAÚJO, W. L. et al. Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo irrigadas com água salina. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n.4, p. 15-19, 2013.

BAE E. J.; LEE, K. S.; HUTH, M. R.; LIM, C. S. Silicon significantly alleviates the growth inhibitory effects of NaCl in salt-sensitive 'Perfection' and 'Midnight' Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 53, n. 6, p. 477-483, 2012.

BALAKHNINA, T.; BORKOWSKA, A. Effects of silicon on plant resistance to environmental stresses: review. **Institute of Agrophysics**, v. 27, n. 2, p. 225-232, 2013.

CORNELIS, J.T.; DELVAUX, B.; GEORG, R.B. Tracing the origin of dissolved silicon transferred from various soil-plant systems towards rivers: a review. **Biogeosciences**, v. 8, n. 4, p. 89-112, 2011.

COSTA, A. F. S.; ALVES, F. L.; COSTA, A. N. **Plantio, formação e manejo da cultura do maracujá**. In: COSTA, A. F. S.; COSTA, A. N. (Ed). Tecnologia para a produção do maracujá, p. 23- 53, 2005.

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; LEON, M. J.; FREIRE, J. L. O.; MESQUITA, F. O.; SANTOS, G. P.; ALBUQUERQUE, R. P. F. Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, p. 644-651, 2011.

DINIZ, K.A.; GUIMARÃES, S.T.M.R.; LUZ, J.M.Q. Húmus como substrato para a produção de mudas de tomate, pimentão e alface. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 3, p. 63-70, 2006.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTI, L. F.; NETO, P. D.; LIMA, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

FERRAZ, R. L. S.; MAGALHÃES, I. D.; BELTRÃO, N. E. M.; MELO, A. S.; NETO, J. F. B.; ROCHA, M. S. Photosynthetic pigments, cell extrusion and relative leaf water content of the castor bean under silicon and salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 9, p. 841-848, 2015.

FREITAS, L. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 58, p. 262-267. 2011.

FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. E RIBEIRO JÚNIOR, W. Q. **Pré-melhoramento, melhoramento e pós melhoramento: estratégias e desafios**. 1ª ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2008, p. 183.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

GRECO, S. M. L. **Caracterização físico-química e molecular de genótipos de maracujá azedo cultivados no Distrito Federal**. 2014. 149f. Tese - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2014.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472p.

GONDIM, S.C.; LIMA, E.M.; MACEDO, J.P.S.; SANTOS, J.B.; SANTOS, C.J.O. **Maracujá-Amarelo e a Salinidade Algumas frutíferas tropicais e a salinidade**. In: CAVALCANTE, L.F.; LIMA, E.M. (Org.). Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 91-115.

GONG, H.; ZHU, X.; CHEN, K.; WANG, S.; ZHANG, C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, v. 169, n. 2, p. 313-321, 2005.

HASHEMI, A.; ABDOLZADEH, A.; SADEGHIPOUR, H. R. Beneficial effects of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 56, n. 2, p. 244-253, 2010.

HAGHIGHI, M.; PESSARAKLI, M. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherrytomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. **Horticultural Science**, v. 161, n. p. 111-117, 2013.

HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; MORITA, S.; LUXOVÁ, M.; LUX, A. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. **Physiologia Plantarum**, v. 123, n. 4, p. 459-466, 2005.

____IBGE. Censo Agro, Paraíba, 2017a. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=25&tema=76346>. Acesso em : 8 nov 2018.

____IBGE. Censo Agro, Brasil, 2017b. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76346>. Acesso em 8 nov 2018.

JAYAKANNAN, M.; BOSE, J.; BABORINA, O.; SHABALA, S.; MASSART, A.; POSCHENRIEDER, C.; RENGEL, Z. The NPR1-dependent salicylic acid signalling pathway is pivotal for enhanced salt and oxidative stress tolerance in Arabidopsis. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 7, p. 1865- 1875, 2015.

LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BÉLANGER, R. Silicon in Agriculture. In: Silicon Uptake and Transport in Plants: Physiological and Molecular Aspects. **Springer Science**, p.69-82, 2015.

LEE, S.K; SOHN, E. Y; HAMAYUN, M.; YOON, J.Y.; LEE, I. J.; Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. **Agroforestry Systems**, v. 80, n. 3, p. 333-340, 2010.

LENZA, J. B.; VALENTE, J. P.; RONCATTO, G.; ABREU, J. Al. Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro propagadas por enxertia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.4, p. 1135-1140, 2009.

MANAI, J.; KALAI, T.; GOUIA, H.; CORPAS, F. J. Exogenous nitric oxide (NO) ameliorates salinity-induced oxidative stress in tomato (*Solanum lycopersicum*) plants. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.14, n. 2, p.433-446, 2014.

MOUSSA, H.R.; GALAD, M.A.R. Comparative Response of salt Tolerant and salt Sensitive Maize (*Zea mays* L.) Cultivars to Silicon. **European Journal of Academic Essays**, v.2, n.1, p.1-5, 2015.

MEDEIROS, S.S.; CAVALCANTE, A.M.B.; MARIN, A.M.P.; TINÔCO, L.B.M.; SALCEDO, I.H. & Pinto, T.F. **Sinopse do senso demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012. 103p.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, s.n., p.651-681, 2008.

OLIVEIRA, L.A. **Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio**, USP, 2009. 157p. Tese (Doutorado) – Centro de energia nuclear na agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

OLIVEIRA, F. A.; LOPES, M. A. C.; SÁ, F. V. S.; NOBRE, R. G.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A. S.; PAIVA, E. P. Interação salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 471-478, 2015.

PIRES, M.M.; MATA, H.T.C. **Uma abordagem econômica e mercadológica para a cultura do maracujá no Brasil**. In: Maracujá: produção e qualidade na passicultura. LIMA, A.A.; CUNHA, W.A.P. (editores). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.323-343.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 1997-2005, 2008.

QADOS, A. M. S. A.; MOFTAH, A. E. Influence of Silicon and Nano Silicon on Germination, Growth and Yield of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Under Salt Stress Conditions. **American Journal of Experimental Agriculture**, v.6, n.5, p.509-524, 2015.

RASOOL, S.; HAMEED, A.; AZOOZ, M.M. et al. **Salt Stress: Causes, Types and Responses of Plants**. In: AHMAD, P. et al. (eds.), *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. 2013. p.1-24.

RIBEIRO, A. A.; FILHO, M. S.; MOREIRA, F. J. C.; MENEZES, A. S.; BARBOSA, M. C. Efeito da salinidade no crescimento inicial do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* sims. f. *flavicarpa* deg.). **Revista Agrogeambiental**, v. 6, n. 3, 37-44, 2014.

ROHANIPOOR, A.; NOROUZI, M.; MOEZZI, .; HASSIBI, P. Effect of Silicon on Some Physiological Properties of Maize (*Zea mays*) under Salt Stress. **Journal Biodiversity and Environmental Sciences**, v. 7, p.71-79, 2013.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133 p.

SÁ, F.V.S.; BRITO, M.E.B.; MELO, A.S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I.B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

SALATA, A.C.; HIGUTI, A.R.O.; GODOY, A.R.; MAGRO, F.O.; CARDOSO, A.I.I. Produção de abobrinha em função da idade das mudas. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 511-515, 2011.

SILVA, R.M. **Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo com diferentes tipos de enxertia e uso de câmara úmida**, UFERSA, 2012. 59p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN.

ROHANIPOOR, A.; NOROUZI, M.; MOEZZI,.; HASSIBI, P. Effect of Silicon on Some Physiological Properties of Maize (*Zea mays*) under Salt Stress. **Journal Biodiversity and Environmental Sciences**, v. 7, p.71-79, 2013.

RIBEIRO, A. A.; FILHO, M. S.; MOREIRA, F. J. C.; MENEZES, A. S.; BARBOSA, M. C. Efeito da salinidade no crescimento inicial do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* sims. f. *flavicarpa* deg.). **Revista Agrogeambiental**, v. 6, n. 3, 37-44, 2014.

SANGSTER, A.G.; HODSON, M.J.; PARRY, D.W. Silicon deposition and anatomical studies in the inflorescence bracts of four *Phalaris* species with their possible relevance to carcinogenesis. **New Phytologist**, v.93, n. 1, p.105-122, 2001.

SAIRAM, R. K.; TYAGY, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, v. 86, n. 3, p. 407-421, 2004.

STEPPUHN, H. Pre-irrigation of a severely-saline soil with in situ water to establish dry land forages. **Transactions of the ASAE**, v. 44, n. 6, p. 1543- 1551, 2001.

SIVANESAN, I.; SON, M. S.; LIM, C. S.; JEONG, B. R. Effect of soaking of seeds in potassium silicate and uniconazole on germination and seedling growth of tomato cultivars, Seogeon and Seokwang. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 35, p. 6743-6749, 2011.

SOUSA, V. F.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO, M. A.; FRIZZONE, J. A. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicados por fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n.1, p. 51-56, 2002.

SOUSA, G. B. et al. Crescimento inicial do maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina em substrato com biofertilizante bovino. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 19., 2006, Cabo Frio. Palestra e Resumos. Cabo Frio: SBF, UENF, UFRuralRJ, 2006. p. 411.

SHI, Y.; WANG, Y.; FLOWERS, T.J.; GONG, H. Silicon decreases chloride transport in rice (*Oryza sativa* L.) in saline conditions. **Journal of Plant Physiology**, v.170, p. 847-853, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAHIR, M. A.; AZIZ, T.; FAROOQ, M.; SARWAR, G. Silicon-induced changes in growth, ionic composition, water relations, chlorophyll contents and membrane permeability in two salt-stressed wheat genotypes. **Archives Agronomy Soil Science**, v. 58, n. 3, p. 247-56, 2012.

YIN, L. Application of silicon improves salt tolerance through ameliorating osmotic and ionic stresses in the seedling of Sorghum bicolor. **Acta Physiol Plant**, v. 35, n. 11, p. 1-9, 2013.

YADAV, K.S.; NASEERUDDIN, S.; PRASHANTHI, G.S.; SATEESH, L.; RAO, L.V. Bioethanol fermentation of concentrated rice straw hydrolysate using co-culture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia stipitis*. **Bioresourse Technology**, v. 102, n. 11, p. 6473-6478, 2011.

VIANA, P. C.; LIMA, J. G. A.; ALVINO, F. C. G.; JUNIOR, J. R. S.; GOMES, E. C.; VIANA, K. C. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de maracujazeiro-amarelo. **Agropecuária científica no semiárido**. v. 8, n. 1, p. 45-50, 2012.

CAPÍTULO I

POTENCIAL OSMÓTICO E ÍNDICES FISIOLÓGICOS DE MUDAS DO MARACUJAZEIRO SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO SILICATADA

RESUMO

O Nordeste Brasileiro sofre com alguns estresses abióticos que são responsáveis pela perda de produção agrícola, especialmente na parte semiáridas, que apresentam longos períodos de estiagem e elevada evapotranspiração o que induz ao uso de águas salinas como alternativa para expansão das áreas irrigadas, com isto a adubação silicatada exerce papel importante na atenuação do estresse salino para as condições de semiárido Nordestino. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial osmótico e os índices fisiológicos do maracujazeiro amarelo em função da salinidade da água de irrigação e da adubação silicatada. O experimento foi desenvolvido em condições de casa de vegetação no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, no município de Pombal-PB. A cultivar estudada foi o maracujazeiro gigante amarelo. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial 5 x 5, cujos tratamentos foram constituídos de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e cinco doses de adubação silicatada (0; 25; 50; 75 e 100 de silicato de potássio planta⁻¹) com quatro repetições e duas plantas por parcela, totalizando duzentas unidades experimentais. Onde foram analisados os pigmentos fotossintéticos (Clorofila *a*, *b* e carotenoides), eficiência fotoquímica (fluorescência inicial, fluorescência máxima, variável e eficiência quântica do fotossistema II) e o potencial osmótico foliar. Os dados obtidos foram submetidos ao teste F a 0,01% e 0,05% de probabilidade, quando houve efeito significativo dos tratamentos, as médias foram submetidos a regressão polinomial para os níveis salinos e para as doses de silício. A salinidade na água de irrigação reduziu os pigmentos fotossintéticos e rendimento no fotossistema II em plantas de maracujazeiro amarelo. A adubação silicatada na dose de 75 g planta⁻¹ atenuou o efeito deletério do estresse salino para o potencial osmótico, clorofila *b* e carotenoides.

Palavras chaves: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, salinidade, silício.

ABSTRACT

Brazilian Northeast suffers from some abiotic stresses that are responsible for the loss of agricultural production, especially in the semiarid areas, which are exposed to long periods of drought and high evapotranspiration, which induces the use of saline water as an alternative for the expansion of irrigated areas. Silicate fertilization plays an important role in attenuating saline stress for Northeastern semiarid conditions. In this sense, this work aims to evaluate the osmotic potential and the physiological indices of yellow passion fruit in function of the salinity of the irrigation water and the silicate fertilization. The experiment was carried out under greenhouse conditions at the Center for Science and Agri-Food Technology, in the municipality of Pombal-PB. The studied cultivar was the giant yellow passion fruit. The experimental design was a randomized blocks 5 x 5 factorial scheme, whose treatments consisted of five levels of electrical conductivity of the irrigation water (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3, 1 dS m⁻¹) and five doses of silicate fertilizer (0; 25; 50; 75 and 100 of potassium silicate plant⁻¹) with four replications and two plants per plot, totalizing two hundred experimental units. Photosynthetic pigments (Chlorophyll a, b and carotenoids), photochemical efficiency (initial fluorescence, maximum fluorescence, variable and quantum efficiency of photosystem II) and leaf osmotic potential were analyzed. The obtained data were submitted to the F test at 0.01% and 0.05% probability. When there was a significant effect of the treatments, the averages were submitted to polynomial regression for the saline levels and for the doses of silicon. Salinity in irrigation water reduced photosynthetic pigments and yield in photosystem II in yellow passion fruit plants. Silicate fertilization at a 75 g plant⁻¹ dose attenuated the deleterious effect of salt stress on osmotic potential, chlorophyll b and carotenoids.

Keywords: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, salinity, silicon.

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro (*Passiflora* spp.) é cultivado em quase todo o território brasileiro, por pequenos, médios e grandes produtores e principalmente na agricultura familiar, gerando emprego e renda para os agricultores, possuindo grande expressão socioeconômica por possuir mercado consumidor interno e externo, com diversos produtos na forma de sucos, doces e geleias (MELETTI, 2011).

O maracujazeiro amarelo é considerada uma planta de ciclo curto, com início de produção entre os 6 e 9 meses após o plantio (SILVA, 2012), possuindo ciclo cultural de dois anos, nas regiões produtoras do Brasil. Com isso, esta cultura exige do produtor um maior investimento na aquisição de mudas de alta qualidade. Segundo Leitão et al. (2009) a produção de mudas é uma fase crucial no desenvolvimento das plantas para que se possa obter bons rendimento produtivo na região Nordeste, onde a disponibilidade e a qualidade de água são fatores limitantes para o cultivo agrícola.

Além disso, a região Nordeste apresenta baixa pluviosidade e elevadas perdas de água por evaporação, apresentando mais de 60% de áreas de climas áridos (MEDEIROS et al., 2012), o que origina elevadas concentrações de sais nos lençóis freáticos, em poços artesianos, rios e açudes, afetando a qualidade da água que é destinada entre outros fins, para irrigação.

Em situações de estresse salino, os efeitos osmótico e iônico influenciam no desenvolvimento das plantas, causando alterações nas atividades metabólicas das células e no processo de alongamento celular, comprometendo o crescimento da planta e podendo levar até à morte (SAÍRAM E TYAGI, 2004; TAIZ E ZEIGER, 2013).

Com a finalidade de amenizar os efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento das culturas, algumas pesquisas vem sendo desenvolvidas utilizando o silício (Si) como atenuador do estresse salino. O silício possui vários benefícios para as culturas na tolerância ao estresse salino como aumento da taxa fotossintética, e na da capacidade de defesa antioxidante diante de deficiência hídrica (HATTORI et al., 2005). Estudos realizados evidenciaram efeitos benéficos do Si em várias culturas (soja, tomate, milho) quando submetidas a condições de estresse salino, onde foi observado aumento da área foliar, teor de clorofila e melhoria da estrutura de cloroplastos, o que proporcionou aumento da atividade fotossintética (HASHEMI et al., 2010; LEE et al., 2010; TAHIR et al., 2012)

Neste contexto, objetivou-se avaliar o potencial osmótico, os pigmentos fotossintéticos e a eficiência fotoquímica do maracujazeiro amarelo em função da irrigação com água de distintas salinidades e adubação silicatada em condições do semiárido Paraibano.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação, nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Pombal-PB, situada a 6°47'3" S, 37°49'15" W e altitude de 193 m.

2.2 Procedimento experimental

Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso, com disposição dos tratamentos em esquema fatorial 5 x 5 relativos a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e cinco doses de adubação silicatada (0; 25; 50; 75 e 100 g de silicato de potássio por planta) com duas plantas por parcela e quatro repetições, totalizando 200 unidades experimentais. Os níveis de salinidade da água foram determinados com base em pesquisa desenvolvida por Andrade (2018). Os níveis de CEa foram obtidos a partir da adição de cloreto de sódio (NaCl) na água de abastecimento da cidade de Pombal-PB (0,3 dS m⁻¹) obedecendo-se à relação entre CEa e a concentração dos sais (mg L⁻¹ = 640 x CEa) (RICHARDS, 1954).

Já para as doses de adubação foi utilizado o silicato de potássio, sendo um composto de multiminerais: Selênio, vanádio, cálcio, zinco, fósforo entre vários oligoelementos, com 50% de SiO₂ e 4% de K₂O.

A cultura a qual foi estudada foi o maracujazeiro Gigante Amarelo, híbrido adaptado a altitudes que variam entre 376 a 1100m, podendo ser plantado em qualquer época do ano. Destinados ao mercado de frutas e indústria. Possuindo Frutos amarelos brilhantes, com peso variando entre 120 e 350 gramas. A polpa representa 40% da fruta, de cor amarela forte com alto percentual de vitamina C. °Brix entre 13 e 15 graus.

A pesquisa foi iniciada com a semeadura em sacolas plásticas com dimensões de 15 x 20 cm com capacidade de 1250 ml, preenchidas com substrato 2:1:1 em base de volume (solo, areia e esterco bovino curtido). O teor de umidade do solo foi elevado a capacidade de campo com água de menor nível salino (0,3 dS m⁻¹), onde foi colocado água nas sacolas até que

ocorresse a livre drenagem. Foram semeadas duas sementes por sacola, após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste deixando apenas uma planta por recipiente, quando estas estavam com 10 cm de altura.

A irrigação foi realizada diariamente de forma manual aplicando-se água do respectivo tratamento e baseando-se no processo de lisimetria de drenagem (BERNARDO et al., 2006). Sendo o volume aplicado em cada irrigação determinado pela diferença entre volume aplicado e volume drenado do dia anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 15% aplicada a cada 20 dias. A aplicação dos níveis salinos tiveram início 30 DAS sendo realizadas diariamente até os 60 DAS.

As doses de silício foram aplicadas diluídas via água de irrigação e teve início aos 30 DAS e foram realizadas semanalmente, totalizando 4 aplicações até os 60 DAS, conforme os tratamentos, onde semanalmente foram aplicados (0; 6,25; 12,5; 18,75 e 25g) por planta.

As características físicas e químicas do solo utilizado para a produção de mudas foram analisadas pelo laboratório de irrigação e salinidade da UFCG, conforme demonstra os resultados da (Tabela 1).

Tabela 4: Características físicas e químicas do solo utilizado para a produção de mudas de Maracujazeiro Amarelo, realizada pelo laboratório de irrigação e salinidade da UFCG – campus de Campina Grande-PB. Pombal-PB.

..... Atributos químicos								
Ph		P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al ³⁺
CaCl ₂ 1:2,5	CE _{es} (dS m ⁻¹)	mg dm ⁻³cmolc dm ⁻³					
7,00	0,20	0,21	0,38	0,09	2,50	3,75	0	0
..... Atributos Físicos								
Areia		Silte	Argila	Ds	Dp	Porosidade	UD	Classe textural
		g kg ⁻¹		kg dm ⁻³		%	%	
85,30		13,07	1,63	1,50	2,69	47,23	0,55	Areia Franca

pH_{es} = pH do extrato de saturação do substrato; CE_{es} = Condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25 °C. Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; H⁺ e Al³⁺ extraídos com CaoAc 0,5 M pH 7,0; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível. Ds densidade do solo, Dp densidade da partícula. UD – Umidade (base de solo seco).

A adubação com nitrogênio e potássio foi realizada semanalmente 20 DAS, para a adubação com potássio levou-se em consideração o teor do elemento já existente no silicato de potássio. A adubação com fósforo foi aplicado em fundação conforme Santos (2001). Onde foi utilizando como fonte de nitrogênio a ureia, como fonte de fósforo o MAP e como fonte de potássio o cloreto de potássio.

Descrição de adubação: A adubação com NPK foi realizada utilizando-se 100 mg de N kg⁻¹ de solo, 150 mg de K₂O kg⁻¹ de solo e 300 mg de P₂O₅ kg⁻¹ de solo. Foram aplicados por planta: 0,217 g de ureia, 1,4 g de monoamônio fosfato e 0,56 g de cloreto de potássio, parceladas em 4 vezes, sendo fornecidas via fertirrigação, aos 20 dias após o semeio.

As aplicações de micronutrientes foram realizadas de forma semanal, 30 DAS com a utilização do produto Quimifol (água, solução nitrogenada, ácido bórico, lignossulfonados, aminoácidos, polissacarídeos, leonardita e conservante) aplicando 0,5 g por litro (Cavalcanti, 2008). Durante a condução do experimento foram efetuados os tratos culturais e fitossanitários recomendadas para a cultura, como controle de pragas e retirada de gavinhas.

2.3 Variáveis analisadas

Os efeitos dos tratamentos sobre as mudas de maracujazeiro foram analisadas aos 60 dias após o semeio (DAS) período em que as mudas já estariam aptas a irem ao campo, sendo avaliados o potencial osmótico foliar, pigmentos fotossintéticos (Clorofila *a*, *b* e Carotenoides) e eficiência fotoquímica (fluorescência inicial - Fo, máxima – Fm, variável – Fv e eficiência quântica do fotossistema II – Fv/Fm).

Para a determinação do potencial osmótico da seiva foliar foi realizada a extração da seiva foliar, colocaram-se folhas dentro de um tubo de Eppendorf previamente perfurado na base, o qual funcionou como minifiltro. Com um bastão de vidro fez-se a prensagem do tecido foliar ocasionando a extração da seiva que foi coletada em outro tubo de Eppendorf; em seguida, o extrato foi centrifugado a 10.000 g durante 10 min a 4 °C. Uma alíquota de 10 µL do sobrenadante foi utilizada para determinação da osmolalidade do tecido foliar do maracujá através de um osmômetro de pressão de vapor, modelo Wescor® 5520. Os valores de potencial osmótico foram obtidos a partir da osmolalidade (mmol kg⁻¹) da seiva do tecido foliar, mediante o uso da equação de Van't Hoff (SOUZA et al., 2012) sendo, em seguida, convertidos em Mpa, conforme eq. 1:

$$\psi_s \text{ (MPa)} = -C \left(\frac{mOsmol}{kg} \right) \times 2,58 \times 10^{-3} \quad (1)$$

em que:

ψ_s (MPa) = potencial osmótico foliar

C= osmolalidade da amostra, encontrada na leitura do osmômetro.

Os teores de clorofila *a* e *b* e carotenoides foram determinados conforme metodologia desenvolvida por Arnon (1949), por meio de amostras de 5 discos do limbo da terceira folha

madura a partir do ápice. A partir dos extratos, foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenoides nas soluções por meio do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (ABS) (470, 646, e 663 nm), por meio das equações:

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

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

$$\text{Carotenoides totais (Car)} = (1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Cl } a - 85,02 \text{ Cl } b) / 198.$$

Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides nas folhas foram expressos em mg g^{-1} de matéria fresca (mg g^{-1} MF).

A eficiência fotoquímica do maracujazeiro foi determinada através da fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v), eficiência quântica do FSII (F_v/F_m), em folhas pré-adaptadas ao escuro mediante uso de pinças foliares durante 30 minutos, entre as 7:00 e 8:00 horas da manhã, na folha mediana do ramo produtivo intermediário da planta, utilizando-se fluorômetro modulado modelo OS5p da Opti Science.

2.4 Análise dos dados

Os dados obtidos nesta pesquisa foram submetidos ao teste F a 0,01 e 0,05% de probabilidade, para a realização de análise de variância. Quando houve efeito significativo dos tratamentos, as médias das variáveis foram submetidas a regressão polinomial para as doses de silício e níveis salinos. As análises estatísticas foram realizadas no software SISVAR Versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Há interação significativa entre os fatores níveis salinos e doses de silício (NS x DS) sobre o ψ_s e os pigmentos fotossintéticos (Cl *a*, Cl *b* e CAR), demonstrando que ambos os fatores atuam de forma conjunta nessas variáveis. Rezende et al. (2017) ao estudarem a interação entre doses de silício e estresse salino em plantas de *Physalis peruviana*, também constataram efeito interativo nos pigmentos fotossintéticos (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo da análise de variância para os teores de clorofila *a* (CL *a*), *b* (CL *b*) e carotenoides (CAR) e potencial osmótico (ψ_s), das plantas de maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCG, 2020.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		CL <i>a</i>	CL <i>b</i>	CAR	Ψ_s
Níveis salinos (NS)	4	10,90*	1,05*	0,18 ^{ns}	0,19**
Reg. Linear	1	16,59*	1,52 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,71**
Reg. Quadrática	1	0,44 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Doses silício (DS)	4	1,20 ^{ns}	1,45*	0,64*	0,022 ^{ns}
Reg. Linear	1	9,05 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,022 ^{ns}
Reg. Quadrática	1	0,49 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,046 ^{ns}
Interação (NSxDS)	16	8,47*	1,68**	0,44*	0,026*
Blocos	3	10,19*	1,80**	0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo	72	4,30	0,41	0,24	0,01
CV (%)		19,25	16,23	20,61	-11,10

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

Quanto ao potencial osmótico (Figura 1A) observa-se comportamento linear decrescente com redução de 26,7%, 27,7% e 22,4 % por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação nas plantas adubadas com doses de 0, 25 e 75 g de silício planta⁻¹, respectivamente. Verifica-se pela equação de regressão (Figura 1A) que o incremento da salinidade da água reduziu o potencial osmótico da seiva foliar obtendo-se os valores mínimos estimados de -1,07 e -1,16 Mpa nas plantas irrigadas com água de condutividade de 1,7 e 1,8 dS m⁻¹ e adubadas com dose de 50 g e 100 g de silício planta⁻¹, respectivamente.

A redução do potencial osmótico em função do incremento de sais na água de irrigação é uma resposta da planta, com intuito de favorecer o gradiente potencial e contribuir para absorção de água e nutrientes (CRUZ et al., 2018). Observa-se que as plantas adubadas com silício nas doses de 50, 75 e 100 g planta⁻¹ tiveram menor redução do potencial osmótico, em função da deposição do silício na parede foliar aumentar a resistência e dureza das paredes celulares, reduzindo a transpiração cuticular e consequentemente crescendo a eficiência do uso da água, sendo ponto positivo para aclimatização da planta em condições salinas (JESUS et al., 2018).

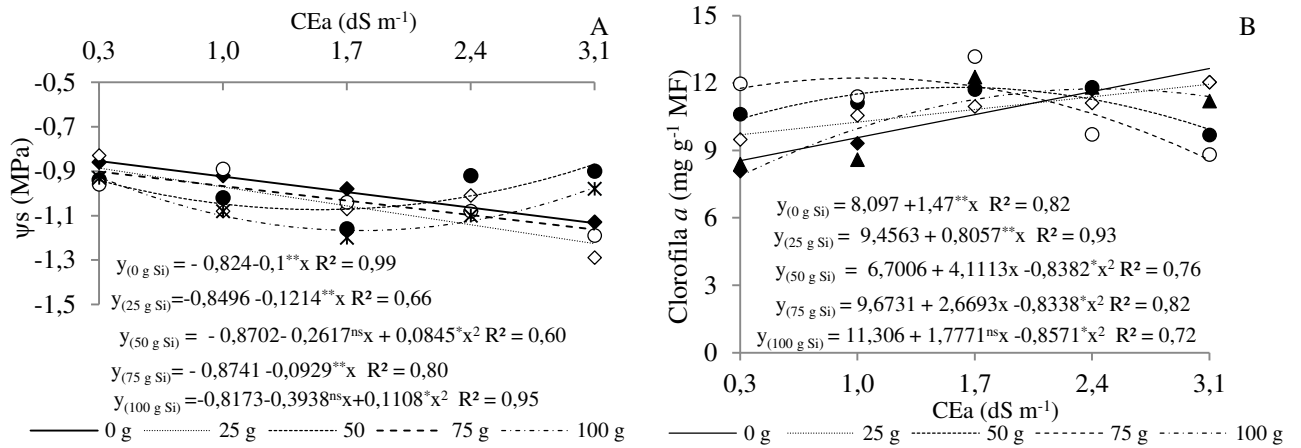


Figura 1. Potencial osmótico da seiva foliar – ψ_s (A) e teor de clorofila *a* (B) das plantas de maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ em função da interação entre os níveis de salinidade da água – CEA e doses de adubação silicatada, aos 60 dias após a semeadura. UFCG/CCTA, Pombal – PB, 2020.

Analisando a clorofila *a* (Figura 1B) das plantas de maracujazeiro amarelo, verificou-se comportamento linear crescente, com aumento de 18,15% e 8,52% por aumento unitário da CEA, para as plantas submetidas as doses de silício de 0 e 25 g planta⁻¹, respectivamente. Enquanto que as demais doses (50, 75 e 100g de silício) apresentaram comportamento quadrático com máximo estimado de 11,80, 12,22 e 11,74 mg g⁻¹, nos níveis salinos 1,6, 1,0 e 2,5 dS m⁻¹, respectivamente, com posterior tendência de decréscimo.

O estresse salino ocasiona redução do potencial osmótico, diminuindo absorção de água e nutrientes, o que favorece o fechamento dos estômatos, com finalidade de mitigar perda de água por transpiração, reduzindo assim a atividade fotossintética (REIS et al., 2016). De acordo com Ávila et al. (2010), Ferraz et al. (2014) e Costa et al. (2018) o silício atenua estes efeitos e ao se acumular nas paredes celulares dos vegetais reduz a perda de água através dos estômatos e aumentam a taxa fotossintética, bem como o conteúdo de pigmentos fotossintéticos.

Os teores de clorofila *b* (Figura 2A) das plantas de maracujazeiro também foi afetado de forma significativa pela interação entre os fatores (NS x DS) e através das equações de regressão verifica-se que os dados obtiveram um melhor ajuste ao modelo quadrático, sendo os valores máximos estimados para os teores de clorofila *b* (4,41; 4,18; 4,53; 4,58 e 3,96 mg g⁻¹) com tendência de decréscimo a partir dos níveis de CEA de 0,7; 1,7; 0,8 e 1,6 dS m⁻¹, nas doses de silício de 25, 50, 75 e 100 g de silício planta⁻¹, respectivamente, demonstrando que o excesso de sais pode afetar no teor de clorofila *b* em folhas de maracujazeiro independentemente da concentração de silício, no entanto, a aplicação de silício na dose 50 e 75g em concentrações salinas menores (1,7 dS m⁻¹) favoreceram maiores incrementos no

conteúdo de clorofila *b*. Conforme dados vemos que nas doses de 50 e 75 g proporciona teores adequados de clorofila usando água de CEa de 1,7 dS m⁻¹ em média.

De acordo com Munns e Tester (2008) a redução nos conteúdos de clorofila está relacionada aos efeitos deletérios causados pelo excesso de sais na água de irrigação, devido aos desequilíbrios nas atividades fisiológicas e bioquímicas e estímulo da atividade da enzima clorofilase que degrada as moléculas do pigmento fotossintetizante, induzindo a destruição dos cloroplastos e favorece um desbalanceamento como também perda da atividade das proteínas de pigmentação. Cavalcante et al. (2011) ao avaliarem os teores de clorofilas e carotenoides em maracujazeiro amarelo irrigado com água salina (0,5; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹) constataram que o aumento da salinidade das águas de irrigação até 2,5 dS m⁻¹ não comprometeu a biossíntese desses pigmentos, contudo, níveis de CEa superior a 2,5 dS m⁻¹ diminuiu a eficiência fotossintética das plantas.

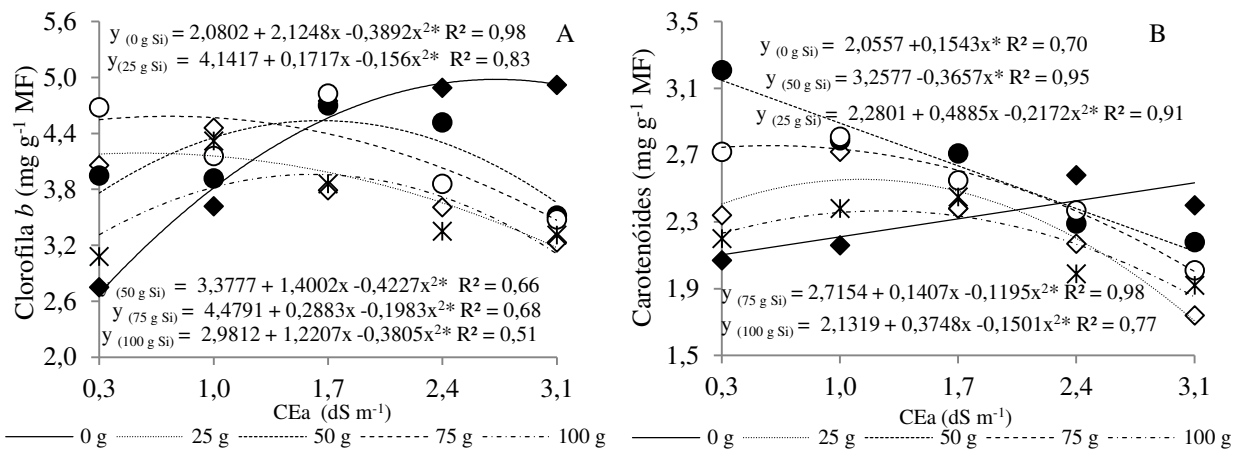


Figura 2. Teores de Clorofila *b* (A) e carotenoides (B) em plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função interação entre os níveis de salinidade da água – CEa e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. UFCEG/CCTA, Pombal - PB, 2020.

Com relação aos teores de carotenoides (Figura 2B), verifica-se conforme equações de regressão que as plantas adubadas com doses de 0 e 50 g de Si planta⁻¹ os dados se ajustaram ao modelo linear crescente e decrescente, respectivamente. Quando as plantas de maracujazeiro não receberam doses de silício (0 g planta⁻¹) houve um incremento dos teores de carotenoides de 7,50% por aumento unitário da CEa. Já as plantas que receberam 50 g de Si planta⁻¹ obtiveram diminuição de carotenoides 11,22% por incremento unitário da salinidade da água. Por outro lado, as plantas adubadas com doses de 25, 75 e 100 g de Si planta⁻¹ apresentaram comportamento quadrático com tendência de aumento gradativo na síntese de carotenoides em função do aumento da salinidade, atingindo os valores máximos

estimados de 2,55; 2,75 e 2,36 mg g⁻¹, nas plantas submetidas a salinidade da água de 1,2, 0,8 e 1,4 dS m⁻¹.

O aumento observado nos teores de carotenoides nas plantas de maracujazeiro adubadas com doses de 25, 75 e 100 g de Si pode estar relacionado ao fato deste elemento aumentar a ação antioxidante a partir de compostos não enzimáticos como os carotenoides, reduzindo significativamente a degradação da clorofila bem como o estresse oxidativo que é consequente do excesso de sais (KIM et al., 2017). Resultados divergentes foram encontrados por Wanderley et al. (2018) em pesquisa com a cultura do maracujazeiro sob condições de campo ou casa de vegetação irrigado com águas salinas (CEa variando de 0,3 a 3,1 dS m⁻¹) onde observaram que o incremento da salinidade da água não influenciou de forma significativa os teores de carotenoides.

De acordo com o resumo da análise de variância para as variáveis fluorescência inicial, variável, máxima e eficiência quântica do fotossistema II (Tabela 3). Houve efeito interativo dos fatores níveis salinos da água e doses de silício sobre todas as variáveis analisadas, aos 60 dias após a semeadura, demonstrando que ambos os fatores atuam de forma conjunta nessas variáveis.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a fluorescência inicial (Fo), variável (Fv), máxima (Fm) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. UFCG/CCTA, Pombal - PB, 2020.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médios			
		Fo	Fv	Fm	Fv/Fm
Níveis salinos (NS)	4	115798,46**	1322463,39**	541627,30**	0,036**
Reg. Linear	1	893,23 ^{ns}	452390,71**	7248,08 ^{ns}	0,11**
Reg. Quadrática	1	37955,71*	1082611,83**	132428,50 ^{ns}	0,021 ^{ns}
Doses silício(DS)	4	12445,84 ^{ns}	417603,48**	53218,72 ^{ns}	0,028**
Reg. Linear		121734,44**	3871328,40**	1139287,50**	0,13**
Reg. Quadrática		5414,88 ^{ns}	88007,14 ^{ns}	38622,50 ^{ns}	0,0054 ^{ns}
Interação (NSxDS)	16	33716,82**	342333,67**	112588,21**	0,037**
Blocos	3	4878,83 ^{ns}	22033,46 ^{ns}	33810,92 ^{ns}	0,0053 ^{ns}
Resíduo	72	6566,30	51111,19	42206,78	0,0061
CV (%)		9,42	8,78	5,77	10,83

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

Para a fluorescência inicial do maracujazeiro (Figura 3A) verifica-se através das equações de regressão que as plantas que receberam doses de silício de 0, 25 e 50 g planta⁻¹ obtiveram os valores máximos estimados de 998,24, 942 e 955,7 quando foram submetidas a irrigação com água de condutividade de 1,1, 0,8 e 0,3 dS m⁻¹, com redução a partir destes níveis de CEa. Por outro lado, nota-se que as plantas de maracujazeiro que receberam as doses

de 75 e 100 g de silício planta⁻¹ houve comportamento linear decrescente com redução de 2,76% e 7,82% por incremento unitário da CEa.

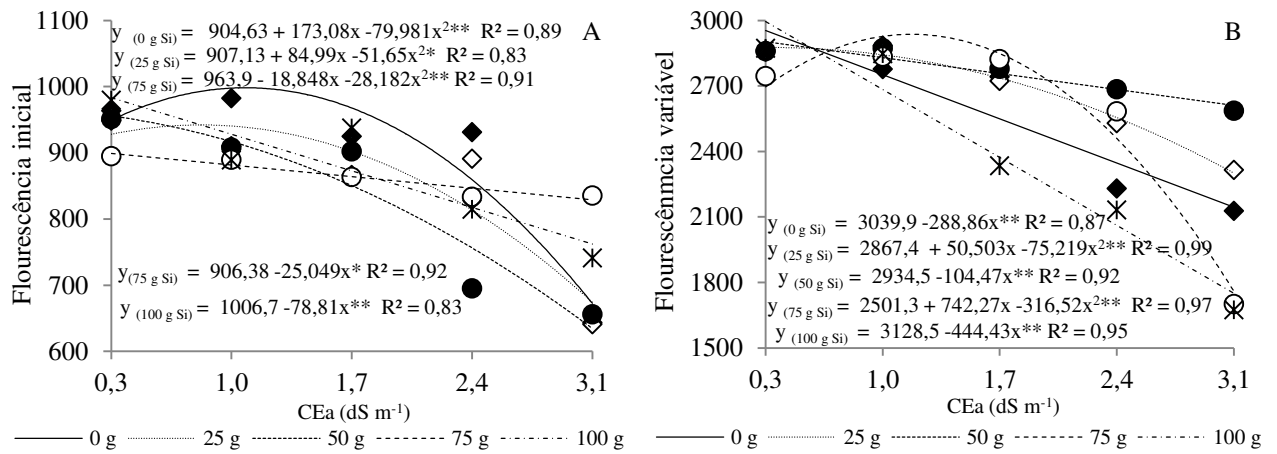


Figura 3. Fluorescência inicial – Fo (A) e variável (B) das plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função da interação entre os níveis salinos da água - CEa e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. UFCG/CCTA, Pombal - PB, 2020.

A redução na fluorescência nas plantas cultivadas sob condições de estresse salino é acarretada pelas alterações no estado das membranas tilacóides dos cloroplastos, desencadeando assim, alterações nas características dos sinais de fluorescência (LIMA et al., 2018). Provavelmente, as concentrações de silício superiores a 25g propiciaram maiores reduções na captação de carbono com aumento da salinidade da água de irrigação, acarretando mitigação na capacidade fotoquímica do maracujazeiro (TAIZ et al., 2017). Em virtude talvez de um estresse oxidativo.

De acordo com Lucena et al. (2012) a fluorescência inicial possui relação intrínseca com a fluorescência quando a quinona, que é a receptora primária de elétrons do fotossistema II apresenta-se completamente oxidada, enquanto que o centro de reações encontra-se aberto, indicando assim a ativação das reações fotoquímicas nas células. Logo, denota-se que níveis salinos acima de 1,1 dS m⁻¹ afeta o desempenho do fotossistema II das plantas de maracujazeiro indicando ainda a presença deste estresse.

No que se refere à fluorescência variável do maracujazeiro (Figura 3B) constatou-se que as plantas sob adubação com doses de 0, 50 e 100 g de Si planta⁻¹ ajustaram ao modelo de regressão linear, cujos decréscimos foram de 27,38%; 10,07% e 41,54 %, respectivamente, por aumento unitário da CEa. Já as plantas submetidas a adubação com 25 e 75 g de Si planta⁻¹ apresentaram comportamento quadrático, sendo os valores máximos estimados de 2871 e 2936 obtidos nas plantas sob CEa de 0,6 e 1,2 dS m⁻¹, respectivamente

Com relação fluorescência máxima (Figura 4A) observa-se tendência linear decrescente para as plantas que receberam as doses de 0, 25, 50 e 100 g de Si planta⁻¹, cuja redução foi de 3,45%; 2,5%; 2,8% e 4,35% por aumento unitário da CEa, equivalente a uma redução de 13,8%; 10,0%; 11,2% e 17,4%, respectivamente, entre as que estavam sob irrigação com água de condutividade de 0,3 e 3,1 dS m⁻¹. As plantas adubadas com a dose de 75 g Si planta⁻¹ apresentaram comportamento quadrático, tendo obtido o valor máximo estimado de 3682,2 quando receberam salinidade da água de 1,3 dS m⁻¹.

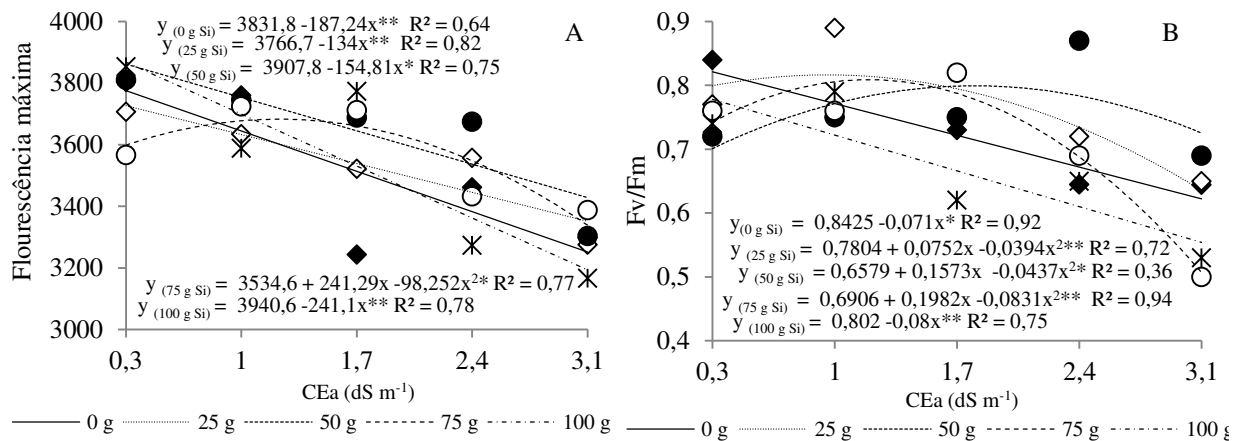


Figura 4. Fluorescência máxima (A) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (B) das plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função da interação entre os níveis salinos da água – CEa e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. UFCG/CCTA, Pombal - PB, 2020.

De forma semelhante ao observado para fluorescência variável (Figura 3B), a dose de 75 g de Si planta⁻¹ também proporcionou maior Fm na cultura do maracujazeiro cultivado com água salina de até 1,3 dS m⁻¹. De acordo com Kim et al. (2017) a aplicação de silício favorece a eliminação das ERO e como consequência ativa os componentes responsáveis pelo sistema de defesa dos vegetais, que são as enzimas catalase e a ascorbato peroxidase, envolvidas na conversão de peróxido de hidrogênio em água. Esta aplicação também induz a segunda forma de defesa usado pelas plantas que são através dos carotenoides.

Para a eficiência quântica do fotossistema II das plantas de maracujazeiro (Figura 4B) verifica-se comportamento linear para plantas submetidas as doses de 0 e 100 g de Si planta⁻¹, cuja redução foi de 24,2% e 28,7%, respectivamente, entre o maior e menor nível salino estudado, entretanto as doses de 25, 50 e 75 g de silício apresentaram comportamento quadrático com valores máximos estimados de 0,81, 0,79 e 0,80 nas plantas que receberam a água de condutividade de 1,3, 1,8 e 1,5 dS m⁻¹.

A redução na eficiência quântica do fotossistema II foi observada nas plantas de maracujazeiro em todas as doses até a máxima de silício (100 g) em função de diferentes

níveis salinos pode ser explicada pelas consequências dos acúmulos de Na^+ e Cl^- nos cloroplastos, o que afeta diretamente no processo fotossintético, causando alterações no conteúdo total de pigmentos com a clorofila, reduzindo o desempenho das enzimas fotossintéticas e também limita o transporte de elétrons nos cloroplastos, refletindo em decréscimos na eficiência fotoquímica do fotossistema II (HUANG et al., 2012).

Freire et al. (2014) avaliando o rendimento quântico e as trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilizante e cobertura morta, verificaram que o estresse salino inibiu a atividade fotoquímica do fotossistema II e fotossíntese líquida das plantas. Ainda de acordo com estes autores a salinidade promove danos no aparelho fotossintético das plantas de maracujazeiro, comprometendo o fotossistema II em função do tempo de exposição das plantas ao estresse abiótico.

4 CONCLUSÕES

Plantas adubadas com silício nas doses de 50, 75 e 100 g planta⁻¹ apresentam menor redução do potencial osmótico; aplicação de silício nas doses de 50 e 75g.

Concentrações salinas menores que (1,3 dS m⁻¹) favorece maiores incrementos no conteúdo de clorofila b; aumento nos teores de carotenoides é verificado nas plantas adubadas com a doses de 25 e 100g de silício;

Níveis salinos acima de 1,1 dS m⁻¹ afeta o desempenho do fotossistema II das plantas de maracujazeiro quando submetidas as doses de silício;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J.R.; SOUSA, A.; JÚNIOR, M.; OLIVEIRA, S.; PAULA; REZENDE, L. P.; ARAÚJO NETO, J. C. Germination and morphophysiology of passion fruit seedlings under salt water irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 229-236, 2018.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated cloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, p.1-15, 1949.

ÁVILA, F.W.; BALIZA, D.P.; FAQUIN, V.; ARAÚJO, J.L.; RAMOS, S.J. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.184-190, 2010.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO, R. FREIRE, J. L. O. Clorofila e Carotenóides em Maracujazeiro-Amarelo Irrigado com Águas Salinas no Solo com Biofertilizante Bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume especial, p.699-705, 2011.

CAVALCANTI, J. C. P. **Recomendações de adubação para o estado Pernambuco (2ª aproximação)**. 3.ed. Recife: Instituto agrônômico do Pernambuco – IPA, 2008. 212p.

COSTA, B. N. S.; COSTA, I. J. S.; DIAS, G. M. G.; ASSIS, F. A.; PIO, L. A. S.; SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M. Modificações Morfoanatômicas e Fisiológicas de Maracujazeiro fertilizado com silício. **Revista Agropecuária Brasileira**, v.53, n. 2, p.163-171, 2018.

CROCHEMORE, M. L.; MOLINARI, H. B.; STENZEL, N. M. C. Caracterização agromorfológica do maracujazeiro (*Passiflora* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 5-10, 2003.

CRUZ, A.F.S.; SILVA, G.F.; SILVA, E.F.F.; SOARES, H.R.; SANTOS, J.S.G.; LIRA, R.M. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.9, p.622-627, 2018.

FERRAZ, R.L. de S.; BELTRÃO, N.E. de M.; MELO, A. S. de; MAGALHÃES, I.D.; FERNANDES, P.D.; ROCHA, M. do S. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n. 2, p.735-748, 2014.

FERRAZ, R. L. S.; MAGALHÃES, I. D.; BELTRÃO, N. E. M.; MELO, A. S.; BRITO N. J. F.; Rocha, M. S. Photosynthetic pigments, cell extrusion and relative leaf water content of the castor bean under silicon and salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.841–848, 2015.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039 – 1042, 2011.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento Quântico e Trocas Gasosas em Maracujazeiro Amarelo sob Salinidade Hídrica, Biofertilizante e Cobertura Morta. **Revista Ciência Agrônômica** v.45, n.1, p.82-91, 2014.

HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; AN, P.; MORITA, S.; LUXOVÁ, M.; LUX, A. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. **Physiologia Plantarum**, v. 123, n. 4, p. 459-466, 2005.

HUANG, Z.; LONG, X.; WANG, L.; KANG, J.; ZHANG, Z.; ZED, R.; LIU, Z. Growth, photosynthesis and H⁺ ATPase activity in two Jerusalem artichoke varieties under NaCl-induced stress. **Process Biochem**, v.47, n. 4, p. 591-596, 2012.

HASHEMI A, ABDOLZADEH A, SADEGHIPOUR HR. Beneficial effects of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.56, n. 2, p.244-253, 2010.

HUANG, Z.; LONGA, X.; WANGAL, L.; Growth, photosynthesis and H⁺-ATPase activity in two Jerusalem artichoke varieties under NaCl-induced stress. **Process Biochem**, istry, v.47, n.4, p.591-596, 2012.

JESUS, E.G.; FATIMA, R.T.; GUERRERO, A.C.; ARAUJO, J.L.; BRITO, M.E.B. Growth and gas exchanges of arugula plants under silicon fertilization and water restriction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.2, p.119-124, 2018.

KIM YH.; KHAN AL.; WAQAS M.; LEE IJ. Silicon regulates antioxidant activities of crop plants under abiotic-induced oxidative stress: a review. **Frontiers in Plant Science**, n. 8, p. 1-7, 2017.

LEITÃO, T. E. M. F. S.; TAVARES, J. C.; RODRIGUES, G. S. O.; GUIMARÃES, A. A.; DEMARTELAERE, A. C. F. Avaliação de mudas de mamão submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 160-165, 2009.

LEE, S.K.; SOHN, E.Y.; HAMAYUN, M.; YOON, J. Y.; LEE, I. J. Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. **Agroforest Syst**, v.80, p.333-340, 2010.

LIMA, G. S. de; DIAS, A. S.; SOUZA, L. de P.; SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian Cherry. **Revista Ambiente & Água**, v.13, n.3, p.1-12, 2018.

LUCENA, C. C.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R.; Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p.1245-1255, 2012.

MAHDIEH, M.; HABIBOLLAHI, N.; AMIRJANI, M.R.; ABNOSI, M.H.; GHORBANPOUR, M. Exogenous silicon nutrition ameliorates salt-induced stress by improving growth and efficiency of PSII in *Oryza sativa* L. cultivars. **Journal of soil science and plant nutrition**, v.15, n.4, p.15, n.4, 2015.

MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTI, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T.F. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande, INSA, 2012, 103 p.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 83-91, 2001.

MUNNS, R.; TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008.

REIS, M. V.; FIGUEIREDO, J. R. M.; PAIVA, R.; SILVA, D. P. C.; FARIA, C. V. N.; ROUHANA, L. V. Salinity in rose production. **Ornamental Horticulture**, v.22, n.2, p. 228-234, 2016.

REZENDE, R. A. L. S.; RODRIGUES, F. A.; SOARES, J. D. R.; SILVEIRA, H. R. O.; PASQUAL, M.; DIAS, G. M. G. Salt stress and exogenous silicon influence physiological

and anatomical features of in vitro-grown cape gooseberry. **Ciência Rural**, v.48, n.1, p.1-9, 2017.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Agriculture Handbook No. 60, Washington: USDA, Department of Agriculture, 1954. 160 p.

SÁ, F. V. S. **Ecofisiologia da aceroleira irrigada com água salina sob doses de nitrogênio e fósforo**, UFCG, 2018. 150p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

SAIRAM, R.K.; TYAGY, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, v. 86, n. 3, p. 407-421, 2004.

SANTOS, J. B. **Estudo das relações nitrogênio: potássio e cálcio: magnésio sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo do maracujazeiro amarelo** / João Batista Santos. – Areia, 2001. 88f. : il, color.

SILVA, R. M. **Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo com diferentes tipos de enxertia e uso de câmara úmida**, UFERSA, 2012. 59p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, RN.

SIVANESAN, I.; SON, M. S.; LIM, C. S.; JEONG, B. R. Effect of soaking of seeds in potassium silicate and uniconazole on germination and seedling growth of tomato cultivars, Seogeon and Seokwang. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 35, p. 6743-6749, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 918p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, Artmed, 2013. 918 p.

TAHIR, M.A.; AZIZ, T.; FAROOQ, M., SARWAR, G. Silicon-induced changes in growth, ionic composition, water relations, chlorophyll contents and membrane permeability in two salt-stressed wheat genotypes. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.58, n.3, p.247-56, 2012.

WANDERLEY, J.A.C.; AZEVEDO, C.A.V.; BRITO, M.E.B.; CORDÃO, M.A.; LIMA, R.F.; FERREIRA, F.N. Nitrogen fertilization to attenuate the damages caused by salinity on yellow passion fruit seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.8, p.541-546, 2018.

CAPÍTULO II

QUALIDADE DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO AMARELO SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO SILICATADA

RESUMO

Na região semiárida do Nordeste Brasileiro ocorre longos períodos de estiagem, destacando-se como fator limitante para produção agrícola e com a escassez qualitativa e quantitativa, o uso de águas salinas surge como alternativa para expansão das áreas irrigadas, associado a utilização destas águas a adubação silicatada surge como um importante atenuador do estresse salino provocado pela utilização de águas com elevadas CEa. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar a produção de fitomassas e o índice de qualidade de Dickson de maracujazeiro amarelo cultivadas sob salinidade crescente da água e adubação silicatada. O experimento foi desenvolvido em condições de casa de vegetação no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar no município de Pombal-PB. Onde utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial 5 x 5, referente a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e cinco doses de adubação silicatada (0; 25; 50; 75 e 100 g de silicato de potássio planta⁻¹) com quatro repetições e duas plantas por parcela, totalizando duzentas unidades experimentais. Foram avaliadas o acúmulo de fitomassas (folhas, caule e raiz), fitomassa seca total, fitomassa seca da parte aérea, relação raiz/parte aérea e o índice de qualidade de Dickson. Os dados obtidos foram submetidos ao teste F a 0,01% e 0,05% de probabilidade, quando houve efeito significativo dos tratamentos, as médias foram submetidos a regressão polinomial para os níveis salinos e para as doses de silício. A condutividade da água a partir de 0,3 dS m⁻¹ ocasionou diminuição na produção de fitomassas de mudas de maracujazeiro Gigante amarelo entretanto, conforme o resultado do índice de qualidade de Dickson é possível produzir mudas de qualidade de maracujazeiro com salinidade da água de até 3,1 dS m⁻¹. As doses de adubação silicatada amenizou o efeito do estresse salino para a relação raiz/parte aérea das plantas de maracujazeiro Gigante amarelo.

Palavras chaves: Águas salinas, atenuante, silício.

ABSTRACT

In the semiarid region of Brazilian Northeast, long periods of drought occur, standing out as a limiting factor for agricultural production and with the qualitative and quantitative scarcity, the use of saline water appears as an alternative for the expansion of irrigated areas. Associated to the use of those waters, silicate fertilization appears as an important attenuator of salt stress caused by the use of waters with high CEa. In this sense, this work aims to evaluate the production of phytomass and Dickson's quality index of yellow passion fruit cultivated under increasing salinity of the water and silicate fertilization. The experiment was carried out under greenhouse conditions at the Center for Science and Agri-Food Technology in the municipality of Pombal-PB. The experimental design was used in randomized blocks 5 x 5 factorial scheme, referring to five levels of electrical conductivity of the irrigation water (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3.1 dS m⁻¹) and five doses of silicate fertilization (0; 25; 50; 75 and 100 g of potassium silicate plant⁻¹) with four replications and two plants per plot, totalizing two hundred experimental units. The accumulation of phytomass (leaves, stem and root), total dry phytomass, dry shoot phytomass, root / shoot ratio and Dickson's quality index were evaluated. The obtained data were submitted to the F test at 0.01% and 0.05% probability. When there was a significant effect of the treatments, the averages were submitted to polynomial regression for the saline levels and for the doses of silicon. The conductivity of the water from 0.3 dS m⁻¹ caused a decrease in the production of phytomass of passion fruit seedlings. However, according to the result of the Dickson quality index, it is possible to produce seedlings of passion fruit quality with salinity of water up to 3.1 dS m⁻¹. The doses of silicate fertilizer mitigated the effect of saline stress on the root / shoot ratio of the giant yellow passion fruit plants.

Key words: saline water, attenuating, silicon.

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro tem origem na América Tropical, contendo mais de 150 espécies nativas do Brasil (GONÇALVES; SOUZA, 2006). Dentre as espécies mais conhecidas e com maior aplicação comercial podemos destacar o maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) sendo cultivada em 95% da área comercial, por apresentar um alto valor econômico e social, estando associado a alimentação humana (CANÇADO JUNIOR et al., 2000; MELETTI, 2003).

Espécies de *Passiflora* são cultivadas, principalmente pelas características nutricionais de seus frutos e propriedades farmacológicas (sedativa, diurética, antidiarreico, estimulante, tônico e no tratamento de hipertensão) e alimentares de seu suco, semente e casca, sendo rica em pectina, niacina, ferro, cálcio e fósforo. Contudo a principal importância do maracujá está na alimentação humana, podendo ser consumido *in natura* ou no processamento de sucos, refrescos, doces, geleia, sorvete e licores (COELHO et al., 2016).

Apesar da região Nordeste do Brasil se destacar como detentora da maior produção de maracujazeiro amarelo, o excesso de sais nos mananciais têm comprometido severamente a formação de mudas da cultura (AYERS; WESTCOT, 1999). Os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre as plantas se refletem em alterações no potencial osmótico, na toxicidade dos íons e desequilíbrio nutricional das plantas (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000; FERREIRA et al., 2007).

De acordo com Ayers & Westcot (1999) o maracujazeiro é uma cultura sensível ao estresse salino com salinidade limiar de 1,3 dS m⁻¹. A salinidade dificulta o crescimento das plantas, em função dos efeitos osmóticos, restringindo a sua disponibilidade e absorção de nutrientes; por toxicidade com acúmulo de íons específicos, principalmente Na⁺ e Cl⁻ e por distúrbios na nutrição das plantas, afetando diretamente no metabolismo e crescimento das plantas (FREIRE et al., 2010).

Existem vários trabalhos (OLIVEIRA et al., 2015; CAVALCANTI et al., 2009; MOURA et al., 2017) desenvolvidos com a cultura do maracujazeiro sob condições de salinidade, contudo são incipientes pesquisas avaliando a formação de mudas sob condições de estresse salino e adubação silicatada. Considerando a importância do silício para a manutenção da taxa fotossintética, aumento da condutância estomática da planta, diminuição da taxa de transpiração através do controle do mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, melhoria da arquitetura das plantas, entre outros. Além de estar associado ao aumento da capacidade de defesa antioxidante em várias espécies de plantas, aumentando a

atividade de enzimas associadas à defesa das plantas diante da deficiência hídrica e do estresse salino (GONG et al., 2005; HATTORI et al., 2005). A utilização do (Si) pode ser utilizada como uma alternativa para minimizar o efeito negativo dos sais nas culturas (LIMA et al., 2011).

Neste contexto, objetivou-se avaliar as fitomassas e o índice de qualidade de Dickson na formação de mudas do maracujazeiro amarelo em função da irrigação com águas salinas e adubação silicatada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Pombal-PB, situada a 6°47'3" S, 37°49'15" W e altitude de 193 m.

2.2 Procedimento Experimental

Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso, com disposição dos tratamentos em esquema fatorial 5 x 5 relativos a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) e cinco doses de adubação silicatada (0; 25; 50; 75 e 100 g de silicato de potássio por planta) com duas plantas por parcela e quatro repetições, totalizando duzentas unidades experimentais. Os níveis de salinidade da água foram determinados com base em pesquisa desenvolvida por Andrade (2018). Os níveis de CEa foram obtidos a partir da adição de cloreto de sódio (NaCl) na água de abastecimento da cidade de Pombal-PB (0,3 dS m⁻¹) obedecendo-se à relação entre CEa e a concentração dos sais (mg L⁻¹ = 640 x CEa) (RICHARDS, 2000).

Foi utilizado como fonte de silício o silicato de potássio, sendo um composto de multiminerais: Selênio, vanádio, cálcio, zinco, fósforo entre vários oligoelementos, com 50% de SiO₂ e 4% de K₂O.

A cultura a qual foi estudada foi o maracujazeiro Gigante Amarelo, híbrido adaptado a altitudes que variam entre 376 a 1100m, podendo ser plantado em qualquer época do ano. Destinados ao mercado fresco e indústria. Frutos amarelos brilhantes, com peso variando

entre 120 e 350 gramas. A polpa representa 40% da fruta, de cor amarela forte com alto percentual de vitamina C. °Brix entre 13 e 15 graus.

A pesquisa foi desenvolvida em sacolas plásticas com dimensões de 15 x 20 cm, com capacidade de 1250 ml, preenchidas com substrato 2:1:1 em base de volume (solo, areia e esterco bovino curtido). O teor de umidade do solo foi elevado a capacidade de campo com água de menor nível salino (0,3 dS m⁻¹), onde foi colocado água nas sacolas até que ocorresse a livre drenagem. Foram semeadas duas sementes por sacola, após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta por recipiente, quando estas estiveram com 10 cm de altura.

A irrigação foi realizada diariamente de forma manual usando água do respectivo tratamento e baseando-se no processo de lisimetria de drenagem (Bernardo et al., 2006). O volume aplicado em cada irrigação foi determinado pela diferença entre volume aplicado e volume drenado do dia anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 15% aplicada a cada 20 dias. Os níveis salinos foram aplicados diariamente 30 DAS sendo aplicados até os 60 DAS.

As doses de silício foram aplicadas diluídas via água de irrigação e teve início aos 30 DAS e foram realizadas semanalmente, totalizando 4 aplicações até os 60 DAS, conforme os tratamentos, onde semanalmente foram aplicados (0; 6,25; 12,5; 18,75 e 25g) por planta.

As características físicas e químicas do solo utilizado para a produção de mudas foram analisadas pelo laboratório de irrigação e salinidade da UFCG, conforme demonstra os resultados da (Tabela 1).

Tabela 5. Características físicas e químicas do solo utilizado para a produção de mudas de Maracujazeiro Amarelo, realizada pelo laboratório de irrigação e salinidade da UFCG campus de Campina Grande-PB. Pombal-PB, 2019.

..... Atributos químicos								
Ph		P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al ³⁺
CaCl ₂ 1:2,5	CE _{es} (dS m ⁻¹)	mg dm ⁻³cmol _c dm ⁻³					
7,00	0,20	0,21	0,38	0,09	2,50	3,75	0	0
..... Atributos Físicos								
Areia		Silte	Argila	Ds	Dp	Porosidade	UD	Classe textural
	g kg ⁻¹			kg dm ⁻³		%	%	
85,30		13,07	1,63	1,50	2,69	47,23	0,55	Areia Franca

pH_{es} = pH do extrato de saturação do substrato; CE_{es} = Condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25 °C. Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; H⁺ e Al³⁺ extraídos com CaoAc 0,5 M pH 7,0; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível. Ds densidade do solo, Dp densidade da partícula. UD – Umidade (base de solo seco).

A adubação com nitrogênio e potássio foi realizada semanalmente, para a adubação com potássio levou-se em consideração o teor do elemento já existente no silicato de potássio.

Já a adubação com fósforo foi aplicado em fundação conforme Santos (2001). Onde foi utilizando como fonte de nitrogênio a ureia, como fonte de fósforo o MAP e como fonte de potássio o cloreto de potássio.

Descrição de adubação: A adubação com NPK foi realizada utilizando-se 100 mg de N kg^{-1} de solo, 150 mg de K_2O kg^{-1} de solo e 300 mg de P_2O_5 kg^{-1} de solo. Foram aplicados por planta: 0,217 g de ureia, 1,4 g de monoamônio fosfato e 0,56 g de cloreto de potássio, parceladas em 4 vezes, sendo fornecidas via fertirrigação, aos 20 dias após o semeio.

As aplicações de micronutrientes foram realizadas de forma semanal, 30 DAS com a utilização do produto Quimifol (água, solução nitrogenada, ácido bórico, lignossulfonados, aminoácidos, polissacarídeos, leonardita e conservante) aplicando 0,5 g por litro (Cavalcanti, 2008). Durante a condução do experimento foram efetuados os tratos culturais e fitossanitários preconizados para a cultura, como controle de pragas e retirada de gavinhas.

2.3 Variáveis Analisadas

As variáveis foram analisadas aos 60 dias após o semeio (DAS) período em que as mudas já estariam aptas a irem ao campo, sendo avaliadas através do acúmulo de fitomassas seca (folhas, caule e raiz). As plantas foram cortadas rente ao solo, separadas em folhas, caule e raízes e acondicionadas separadamente em sacos de papel devidamente identificados e postos para secar em estufa de circulação forçada de ar, mantida na temperatura de 65°C até obtenção de massa constante, quando então foram pesadas em balança de precisão, sendo determinada a Fitomassa seca de folha (FSF), fitomassa seca de caule (FSC) e fitomassa seca de raiz (FSR), cujo somatório resultou na fitomassa seca total (FST).

Ainda foram determinadas fitomassa seca da parte aérea (FSPA), relação raiz/parte aérea (R/PA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). A FSPA foi obtida pela soma FSF + FSC. O índice de qualidade de Dickson (IQD) para mudas foi determinado por meio da fórmula de Dickson et al. (1960), descrita pela equação abaixo:

$$\text{IQD} = \frac{(\text{FST})}{(\text{AP/DC}) + (\text{FSPA/FSR})}$$

em que:

IQD = índice de qualidade de Dickson, AP = altura de planta (cm), DC = diâmetro do caule (mm), FST = fitomassa seca total de planta (g planta^{-1}), FSPA = fitomassa seca da parte aérea de planta (g planta^{-1}) e FSR = fitomassa seca de raiz de planta (g planta^{-1}).

2.4 Análise estatística

Os dados obtidos nesta pesquisa foram submetidos ao teste F a 0,01 e 0,05% de probabilidade, para a realização de análise de variância. Quando houve efeito significativo dos tratamentos, as médias das variáveis foram submetidas a regressão polinomial para as doses de silício e níveis salinos. As análises estatísticas foram realizadas no software SISVAR Versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme análise de variância, verifica-se efeito significativo dos níveis salinos (Tabela 2) sobre a fitomassa seca de folha (FSF), de caule (FSC), de raiz (FSR) e da parte aérea (FSPA) das plantas de maracujazeiro, aos 60 DAS. As doses de silício afetaram de forma significativa apenas a fitomassa seca de caule (FSC). Não houve interação dos fatores NS x DS para nenhuma das variáveis analisadas

Tabela 2. Resumo da análise de variância para fitomassa seca de folha (FSF), de caule (FSC), de raiz (FSR) e da parte aérea (FSPA) das plantas de maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCEG, 2020.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		FSF	FSC	FSR	FSPA
Níveis salinos (NS)	4	5,21*	1,30*	0,76**	11,02*
Reg. Linear	1	19,41*	4,63*	2,70*	42,94*
Reg. Quadrática	1	0,78 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Doses de silício (DS)	4	0,43 ^{ns}	0,63**	0,17 ^{ns}	0,72 ^{ns}
Reg. Linear	1	2,59**	0,87**	1,59*	6,46*
Reg. Quadrática	1	0,41 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Interação (NS x DS)	16	1,28 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,26 ^{ns}	2,55 ^{ns}
Blocos	3	0,31 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Resíduo	72	0,39	0,16	0,13	0,59
CV (%)		23,18	21,17	22,33	16,64

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

A fitomassa seca de folhas do maracujazeiro (Figura 1A) decresceu de forma linear com o aumento da salinidade da água, obtendo-se declínio de 12,90% por incremento unitário

da CEa. Comparando-se a fitomassa seca de folhas das plantas irrigadas com CEa de 3,1 dS m⁻¹ em relação as que estavam submetidas ao menor nível salino (0,3 dS m⁻¹) verifica-se redução na FSF de 36,13%. A diminuição na produção de fitomassa pode estar associada as alterações na taxa fotossintética, onde ocorre um desvio de energia que é destinado ao crescimento para a ativação e manutenção de atividade metabólica associada à mecanismos de tolerância a salinidade como a manutenção da integridade das membranas e a regulação do transporte e distribuição iônica em vários órgão no interior das células (SOUZA et al., 2016).

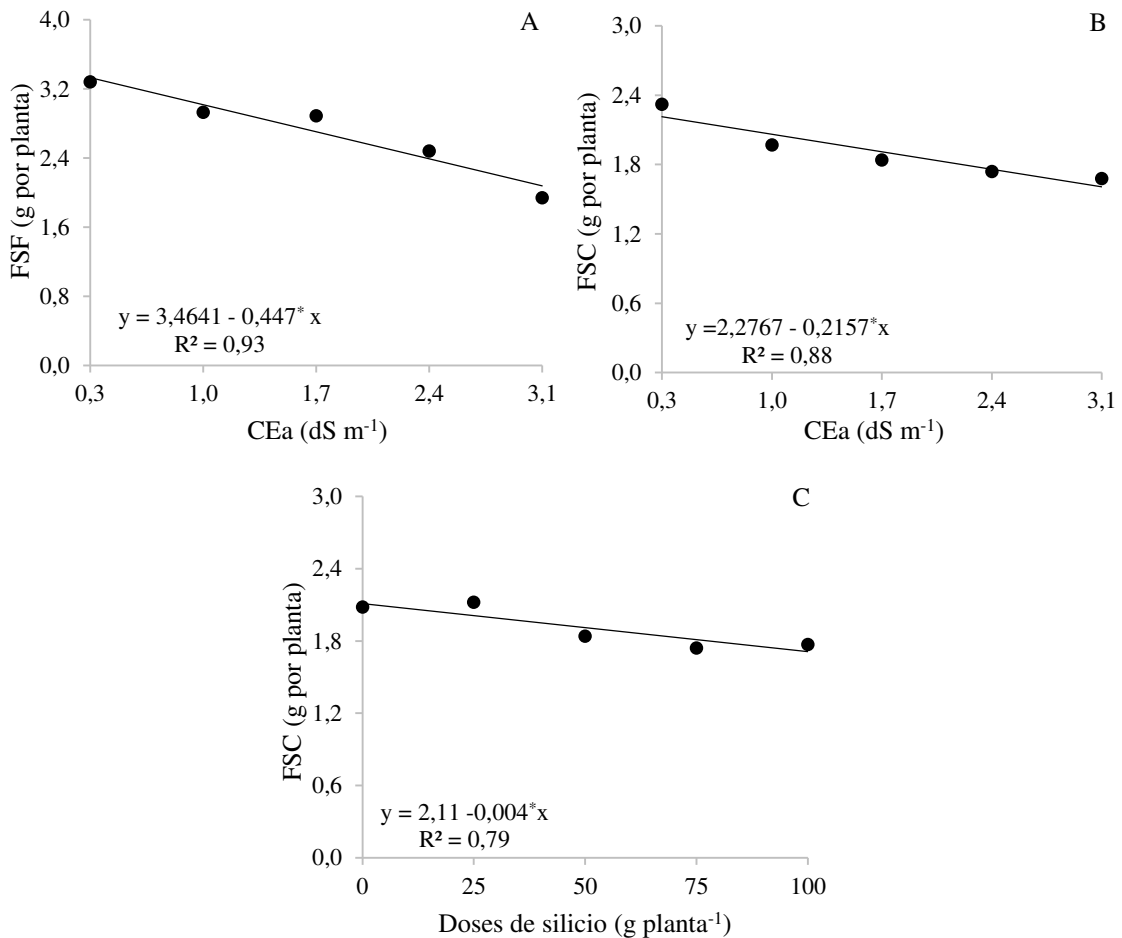


Figura 1. Fitomassa seca de folha - FSF (A) fitomassa seca de caule - FSC (B) em plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função dos níveis de salinidade da água – CEa e Fitomassa seca de caule - FSC (C) em função das doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCG, 2020.

De forma semelhante a fitomassa seca de caule (Figura 1B) teve comportamento linear decrescente, à medida que elevou-se os níveis de salinidade da água de irrigação, com diminuição de 9,47% por aumento unitário da CEa, ou seja, diminuição de 0,60 g planta⁻¹ nas plantas que receberam o maior nível salino (3,1 dS m⁻¹) em relação as que foram cultivadas sob o menor nível salino (0,3 dS m⁻¹). Resultados semelhantes foram encontrados em estudo

realizado por Nascimento et al. (2017) com a cultura do maracujá submetida a CEa de 0,43 e 4,5 dS m⁻¹, ao observarem redução na fitomassa seca caulinar de 0,7 g para 0,1 g, indicando redução de 86% ao se aumentar a condutividade elétrica da água de irrigação do menor para o maior nível salino. Cavalcanti et al. (2009b), em pesquisa com a cultura do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina, constataram que a fitomassa seca do caule foi reduzida com o incremento do teor salino das águas de irrigação.

As doses de silício influenciaram de forma negativa a fitomassa seca de caule (Figura 1C), sendo a redução de 4,73% para cada aumento de 25 g, ou seja, com o aumento nas doses de Si de 0 pra 100 g planta⁻¹ houve uma diminuição de 1,71 g planta⁻¹ na fitomassa seca de caule. Linhares (2019) estudando fontes de silício na cultura no maracujazeiro, constataram que as fontes de silício não proporcionaram incrementos para a massa seca do caule para *Passiflora edulis*. Tal situação pode estar relacionado a forma como o silício é acumulado, destacando-se pelo aporte principalmente na folha, por isso é encontrado em menor quantidade no caule da planta.

Analisando a fitomassa seca de raízes (Figura 2A) das plantas de maracujazeiro amarelo, verifica-se diminuição linear, ocorrendo decréscimo à medida que se aumentou a salinidade da água de irrigação, cuja redução foi de 10,72% por aumento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos, constata-se que as plantas cultivadas sob salinidade da água de 3,1 dS m⁻¹ tiveram um declínio na FSR de 0,47 g planta⁻¹ em relação as cultivadas sob o menor nível salino (0,3 dS m⁻¹). A diminuição na fitomassa seca das raízes pode estar relacionada a restrição ao alongamento das raízes, destacando-se como mecanismo de tolerância do próprio genótipo, reduzindo absorção de água e conseqüentemente dos sais, afim de amenizar a toxicidade (MOURA et al., 2017). De acordo com Azevedo et al. (2017) a deposição de sais solúveis, como o cloro e o sódio quando se encontra em excesso no solo ou na água de irrigação provocam distúrbios fisiológicos nas culturas.

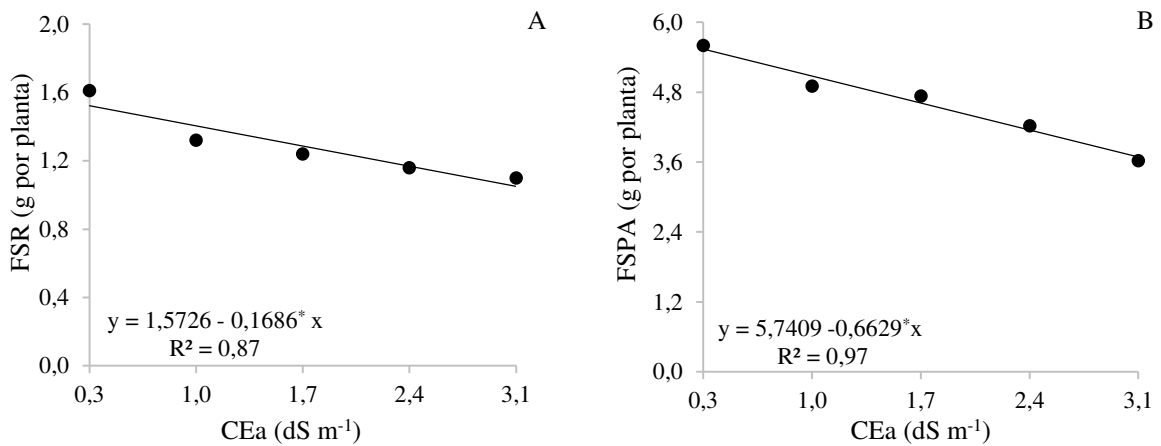


Figura 2. Fitomassa seca de raiz FSR – (A) e da parte aérea – FSPA (B) em plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função dos níveis de salinidade da água – CEa, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCEG, 2020.

A fitomassa seca da parte aérea das plantas de maracujazeiro também foi afetada de forma significativa pela salinidade da água, ocorrendo decréscimo linear de 11,54% por incremento unitário da CEa, com redução de 32,23% na FSPA das plantas irrigadas com CEa de 3,1 dS m⁻¹ em relação as que foram cultivadas sob salinidade da água de 0,3 dS m⁻¹. Santos et al. (2016) relatam que o efeito do aumento na concentração de sais provoca redução da parte aérea das plantas, em virtude de não apresentarem um ajuste osmótico como mecanismo de adaptação ao excesso de sais na solução do solo. Santos et al. (2013) relata que a redução na produção de fitomassa nas plantas pode estar associado aos componentes iônico e/ou osmótico do estresse salino, com a baixa disponibilidade de água ocorre o mecanismo de fechamento dos estômatos, reduzindo a assimilação de CO₂, fato este que afeta diretamente a produção de fitomassa das plantas.

De forma semelhante Andrade et al. (2018) em pesquisa com a cultura do maracujazeiro amarelo submetido a diferentes salinidades da água de irrigação (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹), constataram decréscimos por aumento da CEa na ordem de 17,86%; 14,10% e 16,10% para as variáveis fitomassa seca de folha, fitomassa seca de caule e fitomassa seca da parte aérea, aos 205 dias após o transplante.

Conforme análise de variância, verifica-se efeito significativo dos níveis salinos sobre a relação raiz/parte aérea (R/PA) a fitomassa seca total (FST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de maracujazeiro, aos 60 DAS. As doses de silício afetaram de forma significativa apenas a relação raiz/parte aérea (R/PA). Não houve interação entre os fatores (NS x DS) sobre nenhuma das variáveis analisadas, aos 60 dias após a semeadura. (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para relação raiz/ seca parte aérea (R/PA), fitomassa seca total (FST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCG, 2020.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios		
		R/PA	FST	IQD
Níveis salinos (NS)	4	0,16*	17,31*	0,03*
Reg. Linear	1	0,63*	67,33*	0,14*
Reg. Quadrática	1	0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
Doses de silício (DS)	4	0,07**	0,94 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,34*	14,49*	0,02**
Reg. Quadrática	1	0,04 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Interação (NS x DS)	16	0,03 ^{ns}	3,50 ^{ns}	0,006 ^{ns}
Blocos	3	0,41 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Resíduo	72	0,01	0,64	0,005
CV (%)		24,49	13,58	20,29

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

A relação raiz/parte aérea das plantas de maracujazeiro (Figura 3A) foi afetada de forma significativa pela salinidade da água, sendo o comportamento linear crescente, à medida que elevou-se os níveis de salinidades da água de irrigação, cujo aumento foi 36,08% por incremento unitário da CEa, ou seja, incremento de 101,02% (0,52 g planta⁻¹) nas plantas que receberam o maior nível salino (3,1 dS m⁻¹) em relação as que receberam o menor nível salino (0,3 dS m⁻¹).

Este resultado demonstra que a parte aérea das plantas possui maior sensibilidade ao aumento da salinidade em relação ao sistema radicular. Sendo importante para otimização do processo de absorção de água e nutrientes, uma vez que a salinidade ocasiona estresses limitando o crescimento e desenvolvimento das plantas. Uma vez que a redução dos parâmetros de crescimento é resultante de estratégias de defesa, como a redução da área foliar, caulinar e abscisão aérea (TAIZ; ZEIGER 2017).

Em estudo realizado por Cavalcante et al. (2009) com a cultura do maracujazeiro amarelo irrigados com água salina com concentrações de 0,4 a 4,0 dS m⁻¹, constatou-se que a relação R/PA diminuiu com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

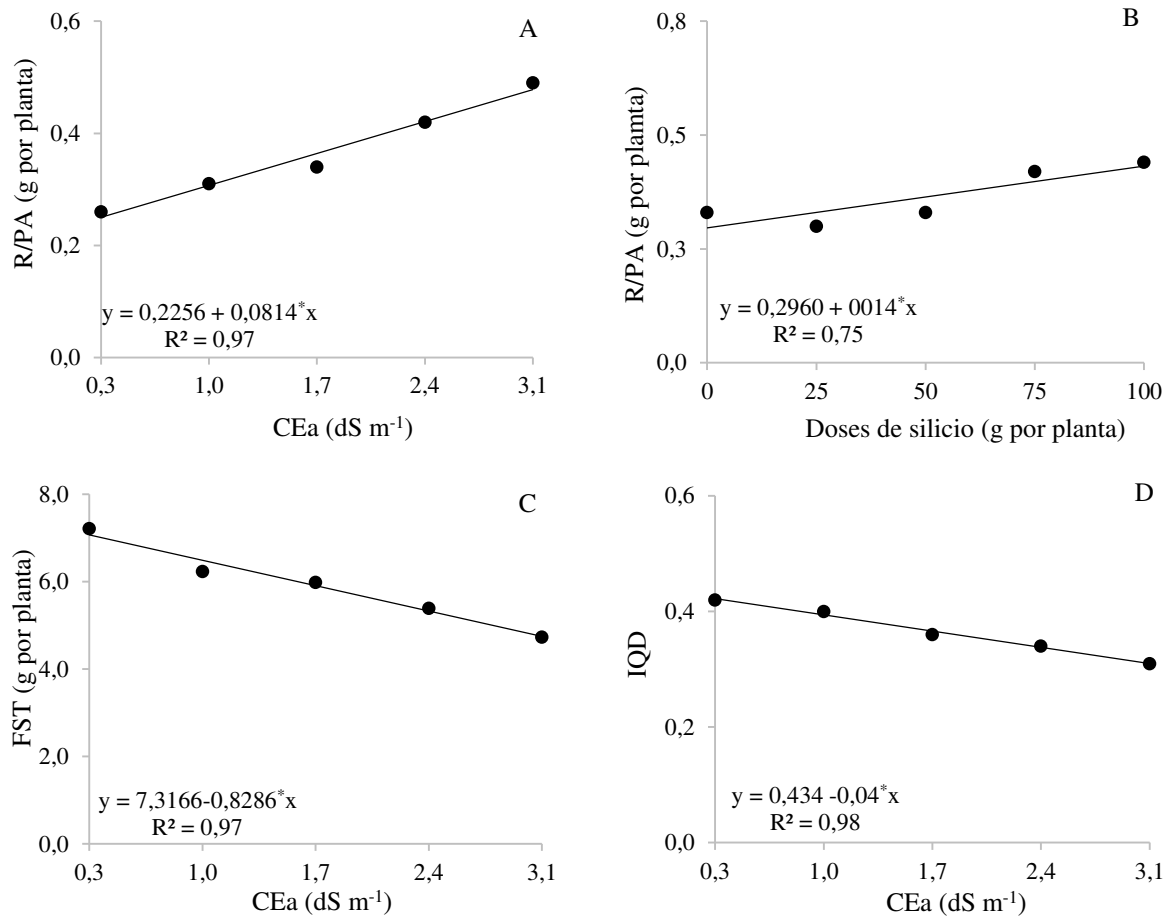


Figura 3. Relação raiz/ parte aérea (R/PA) - em função dos níveis de salinidade da água – CEa (A) e das doses de silício (B), fitomassa seca total (FST) (C) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) - (D) em plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função dos níveis de salinidade da água – CEa, aos 60 dias após a semeadura. Pombal, CCTA/UFCG, 2020.

Com relação ao efeito da adubação silicatada sobre a relação R/PA (Figura 3B), verifica-se comportamento linear crescente, com incremento de 11,82% para cada aumento de 25 g planta⁻¹ na dose de silício. O aumento da relação raiz/parte aérea apresenta-se como um estratégia de tolerância para planta, uma vez que quando são submetidas a estresses procuram aumentar suas raízes em busca de água e nutrientes (METHRABANJOUBANI et al., 2015) ao avaliar o efeito da aplicação de silício em mudas de algodão, canola e trigo e constataram que todas as plantas cultivadas na presença de Si, na dose de 1,5 mmol L⁻¹ Si, por 12 dias, apresentaram raízes mais longas quando comparadas com plantas na ausência de Si.

Fawe et al. (2001), indicam que o silício nas raízes desempenha papel na rede de sinalização, podendo induzir resistência sistêmica em outros órgãos. Estudo realizado por Souza (2015) com maracujazeiro, evidenciou que o maracujazeiro é acumulador de silício prioritariamente nas raízes, em vez de folhas e caule. Onde MA et al. (2001) relata que

valores acima de 1,0 as plantas são consideradas acumuladoras, entre 1,0 e 0,5 são consideradas intermediárias, e menor que 0,5 são consideradas não acumuladoras.

Para a fitomassa seca total das maracujazeiro (Figura 3C) verifica-se diminuição linear com o aumento dos níveis de salinidades da água, ocorrendo redução de 11,32% por aumento unitário da CEa, ou seja, declínio na FST de 31,70% (2,32 g planta⁻¹) nas plantas cultivadas sob o maior nível salino (3,1 dS m⁻¹) em relação as que receberam o menor nível salino (0,3 dS m⁻¹). A diminuição na fitomassa seca total sob condições de estresse salino, pode estar associado ao fato da tentativa de ajustamento osmótico da planta, ocorrendo um desprendimento de energia para a acumulação de açúcares, ácidos orgânicos e íons no vacúolo, energia essa que seria utilizada para acúmulo de fitomassa na planta (SANTOS et al., 2012). Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, Andrade et al. (2018) em estudo avaliando o crescimento do maracujazeiro amarelo em função da salinidade da água de irrigação CEa (0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 dS m⁻¹), verificaram diminuição linear no acúmulo de fitomassa seca de folhas, caule e total de 113,64; 78,78 e 192,41g planta⁻¹ quando submetidas ao maior nível salino.

Para o índice de qualidade de Dickson (Figura 3D), observa-se comportamento linear decrescente em função do aumento da salinidade da água, com redução de 9,21% por aumento unitário da CEa, ou seja, as plantas de maracujazeiro irrigadas com CEa de 3,1 dSm⁻¹ obtiveram redução no IQD de 25,80% plantas em comparação com as que receberam o menor nível (0,3 dS m⁻¹). Apesar da redução do IQD com o aumento da salinidade da água, as mudas de maracujazeiro quando submetidos a CEa de 3,1 dS m⁻¹ apresentaram um IQD de 0,31 fato este importante do ponto de vista que, mesmo sob condições de estresse salino as mudas de maracujazeiro possuíam o IQD superior a 0,2 sendo consideradas como de boa qualidade final para o estabelecimento no campo conforme critérios estabelecidos por GOMES et al. (2003). Corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho, Moura et al. (2017) em estudo realizado com formação de mudas de espécies do Gênero *Passiflora* sob estresse salino (0,3; 1,4; 2,5; 3,6 e 4,7 dS m⁻¹), obtiveram IQD com valor acima de 0,2 quando as plantas foram irrigadas com CEa de 2,5 dS m⁻¹.

4 CONCLUSÕES

O estresse salino a partir de 0,3 dS m⁻¹ ocasiona diminuição na produção de fitomassas do maracujazeiro aos 60 dias após o semeio, destacando-se a fitomassa seca de folha como a

variável mais sensível. Apesar da redução no acúmulo de fitomassas, é possível a produção mudas de maracujazeiro com salinidade da água de $3,1 \text{ dSm}^{-1}$ com índice de qualidade de Dickson de 0,31 sendo considerado aceitável.

As doses de adubação silicatada resultou na maior relação raiz/parte aérea das plantas de maracujazeiro Gigante amarelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F. A. L.; FERREIRA-SILVA, S. L.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^{+} e K^{+} em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p. 602-608, 2011.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29, Revisão).

ANDRADE, J.R.; SOUSA, A.; JÚNIOR, M.; OLIVEIRA, S.; PAULA; REZENDE, L. P.; ARAÚJO NETO, J. C. Germination and morphophysiology of passion fruit seedlings under salt water irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 229-236, 2018.

ANDRADE, E. M. G. **Águas salinas e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio no cultivo de maracujazeiro amarelo 2018**. UFCG, 2018, 104p. Tese (Doutorado) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB.

AZEVEDO NETO A. D.; TABOSA J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II - Distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.165-171, 2000.

AZEVEDO, P. R. L; BEZERRA, D. E. L; SOUTO, F. M; BITU, S. G; PEREIRA JUNIOR, E. D. Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 1, p. 01-12, 2017.

ANDRADE, E. M. G.; LIMA, G. S.; LIMA, V. L. A.; SILVA, S. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. R. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H_2O_2 application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 12, p. 945-951, 2019.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

CAVALCANTE, L. F.; SOUSA, G. G.; GONDIM, S. C.; FIGUEIREDO, F. L.; CAVALCANTE, Í. H. L.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do maracujazeiro amarelo manejado em dois substratos irrigados com água salina. **Irriga**, v. 14, n. 4, p.504- 517, 2009b.

CAVALCANTI, J. C. P. **Recomendações de adubação para o estado Pernambuco (2ª aproximação)**. 3.ed. Recife: Instituto agrônomo do Pernambuco – IPA, 2008. 212p.

CAVALCANTE, L.F.; SANTOS, G.D.; OLIVEIRA, F.A.; CAVALCANTE, I.H.L.; GONDIM, S.C.; CAVALCANTE, M.Z.B. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo em solo de baixa fertilidade tratado com biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.15-19, 2007b.

CAVALCANTE, L. F.; SOUSA, G. G.; GONDIM, S. C.; FIGUEIREDO, F. L.; CAVALCANTE, I. H. L.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do maracujazeiro amarelo manejado em dois substratos irrigados com água salina. **Irriga**, v. 14, n.4, p. 504-517, 2009.

CAVICHOLI, J. C.; MELETTI, L. M. M.; NARITA, N. Aspectos da Cultura do Maracujazeiro no Brasil. *TodaFruta*, Jaboticabal, 11 p. 2018. Disponível em: Acesso em: 20 dez. 2019.

Coelho, E.M.; Azêvedo, L.C.; Umsza-Guez, M. (2016) Fruto do maracujá: importância econômica e industrial, produção, subprodutos e prospecção tecnológica. *Cad. Prospec.* - Salvador - BA, 9 (3): 347-361.

CANÇADO JUNIOR, F. L. et al. de. Aspectos econômicos da cultura do maracujá. Informe **Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n. 206, p. 10-17, 2000.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forest Chronicle**, v. 36, n. 01, p. 10-13, 1960.

FAWE, A.; MENZIES, J.G.; CHERIF, M.; BELANGER, R.R. Silicon and disease resistance in dicotyledons. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. editors. **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science; p. 159-169, 2001.

FERREIRA, P. A.; et al. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.7-16, 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039 – 1042, 2011.

FIGUEREDO, L. F.; JÚNIOR, S. O. M.; FERRAZ, R. L. S.; DUTRA, A. F.; BEZERRA, J. D.; MELO, A. S. Crescimento e partição de massa seca de muda em mamoeiro sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p 2984- 2990, 2018.

FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrária**, v. 31, suplemento 1, p. 1133-1144, 2010.

GONÇALVES, J. S.; SOUZA, S.A.M. Fruta da paixão: panorama econômico do maracujá no Brasil. **Informações Econômicas**, v.36, n.12, 2006.

GONG, H.; ZHU, X.; CHEN, K.; WANG, S.; ZHANG, C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, v. 169, n. 2, p. 313-321, 2005.

GOMES, J. E. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v. 27, n.2, p. 113-127, 2003.

HATTORI, T.; INANAGAA, S.; ARAKI, H.; NA, P.; MORITA, S.; LUXOVA, M.; LUXE, A. Application of silicon enhanced drought tolerance in Sorghum bicolor. **Physiologia Plantarum**, v. 123, p. 459-466, 2005.

LINHARES, G. A. N. **Fontes de silício em mamoeiro e maracujazeiro: crescimento, fisiologia e indução de resistência 2019**. Tese (Doutorado em produção vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. p. 107. 2019.

LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; VIDAL, J. B. ENEASFILHO, J. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. (Ed.). **Silicon in agriculture**, New York: Elsevier Science, 2001. p. 17-39.

METHRABANJOUANI, P.; ABDOLZADEH, A.; SADEGHIPOUR, H.R.; AGHDASI, M. (2015) Silicon Affects Transcellular and Apoplastic Uptake of Some Nutrients in Plants. *Pedosphere*, 25 (2):192-201.

MELETTI, L. M. M. Comportamento de híbridos e seleção de maracujazeiro (passifloraceae). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, 6., 2003. Campos dos Goytacazes. **Anais**. Campos dos Goytacazes: Cluster Informática, 2003.

MOURA, R. S.; GHEYI, H. R.; FILHO, C. A.; JESUS, O. N.; LIMA, L. K.; CRUZ, C. S. Formation of seedlings of species from the genus *Passiflora* under saline stress. **Bioscience Journal**. V. 33, n.5, p. 1197-1207, 2017.

NASCIMENTO, E. S.; CAVALCANTI, L. F.; GONDIM, S. C.; SOUZA, J. T. A.; BEZERRA, F. T.; BEZERRA, M. A. F. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo irrigadas com águas salinas e biofertilizantes de esterco bovino. **Revista Agropecuária Técnica**. V. 38, n. 1, p. 1-8, 2017.

OLIVEIRA, F. A., LOPES, M. A. C., SÁ, F. V. S., NOBRE, R. G., MOREIRA, R. C. L. PAIVA, E. P. Interação salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 471- 478, 2015.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Agriculture Handbook No. 60, Washington: USDA, Department of Agriculture, 1954. 160 p.

SANTOS, D.; P.; SANTOS, C. S.; SILVA, P. F.; PINHEIRO, M. P. M. A.; SANTOS, J. C. Crescimento e fitomassa da beterraba sob irrigação suplementar com água de diferentes concentrações salinas. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 509-516, 2016.

SANTOS, L. A. A.; LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, F. H. F. Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e adubação

nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n.1, p.247-256, 2013.

SILVA, E. M., NOBRE, R. G., SOUZA, L. P., ARAÚJO, R. H. C. R., PINHEIRO, F. W. A., ALMEIDA, L. L. S. Morfofisiologia de portaenxerto de goiabeira irrigado com águas salinizadas sob doses de nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 32-42, 2017.

SOUZA, de P. S.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M de.;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**, Campina Grande. v.20, n.8, p.739-745, 2016.

SOUZA, B. N. **Silício no desenvolvimento morfofisiológico de mudas de maracujazeiro amarelo 2015**. Dissertação (Mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras. p. 79. 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

CAPÍTULO III

ÍNDICES FISIOLÓGICOS E CRESCIMENTO DO MARACUJAZEIRO AMARELO SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO SILICATADA

RESUMO

Os estresses abióticos são responsáveis pela perda de produção agrícola em distintas regiões no mundo, especialmente nas regiões semiáridas, que apresentam longos períodos de estiagem e elevada evapotranspiração o que induz ao uso de águas salinas como alternativa para expansão das áreas irrigadas, como forma de amenizar os estresses provocados por essas águas, a adubação silicatada torna-se um fator importante para atenuação do estresse salino. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar os índices fisiológicos e o crescimento do maracujazeiro amarelo em função da salinidade da água de irrigação e a adubação silicatada. O experimento foi desenvolvido em duas etapas, a primeira etapa consistiu na formação das mudas em ambiente de casa de vegetação, após sessenta dias as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade para 100 L, começando assim a segunda etapa em condições de campo no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar no município de Pombal-PB. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial 5 x 2, cujos tratamentos foram constituídos de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 e 3.1 dS m⁻¹) associado as duas doses de adubação silicatada (150 e 300 g planta⁻¹ de silicato de potássio) com quatro repetições e uma planta por parcela. O estresse salino proporcionou diminuição na condutância estomática, concentração intercelular de CO₂, transpiração, eficiência instantânea do uso da água e no crescimento das plantas de maracujazeiro 'Gigante Amarelo'. A síntese de clorofila *a* foi inibida, pelo aumento da CEa a partir de 0,3 dS m⁻¹. Contudo, a salinidade da água ocasionou incremento nos teores de carotenoides e conteúdo protoplasmático, o silício apresentou efeito significativo na condutância, fotossíntese, eficiência do uso da água, clorofila *b*, carotenoides e taxa de crescimento relativo do diâmetro.

Palavras chaves: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, salinidade, silício.

ABSTRACT

Abiotic stresses are responsible for the loss of agricultural production in different regions of the world, especially in semiarid regions, which are exposed to long periods of drought and high evapotranspiration, which induces the use of saline water as an alternative for the expansion of irrigated areas. To soften the stresses caused by those waters, silicate fertilization becomes an important factor to attenuate salt stress. In this sense, this work aims to evaluate the physiological indices and the growth of the yellow passion fruit in function of the salinity of the irrigation water and the silicate fertilization. The experiment was developed in two stages. The first stage consisted of the formation of seedlings in a greenhouse environment. After sixty days, the seedlings were transplanted to 100 L capacity pots, thus the second stage beginning in field conditions at the Center for Science and Agri-Food Technology, municipality of Pombal-PB. A randomized blocks 5 x 2 factorial scheme design was used, whose treatments consisted of five levels of electrical conductivity of the irrigation water (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3.1 dS m⁻¹) associated to two doses of silicate fertilization (150 and 300 g plant⁻¹ of potassium silicate) with four replications and one plant per plot. Saline stress caused a decrease in stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration, transpiration, instant water use efficiency and in the growth of “Giant Yellow” passion fruit plants. The synthesis of chlorophyll a was inhibited by the increase in CEa from 0.3 dS m⁻¹. However, the salinity of the water caused an increase in the levels of carotenoids and protoplasmic content; silicon showed a significant effect on conductance, photosynthesis, water use efficiency, chlorophyll b, carotenoids and relative diameter growth rate.

Keywords: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, salinity, silicon.

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) é cultivado em quase todo território brasileiro, destacando-se como maior produtor e consumidor, o suco desta fruteira é o terceiro mais produzido pelas agroindústrias brasileiras (FREIRE et al., 2014).

Apesar da região semiárida do Nordeste brasileiro possuir condições favoráveis para o cultivo de maracujazeiro, a sua produção depende da utilização da irrigação, devido à sazonalidade das precipitações, alta taxa de evapotranspiração e temperaturas elevadas favorecendo a escassez hídrica na maioria dos meses do ano. A salinidade afeta a disponibilidade de água em decorrência das alterações no potencial osmótico da solução do solo reduzindo a mesma ao ponto que a planta não consegue extrair a água com facilidade (GHEYI; DIAS; LACERDA, 2010).

Os efeitos dos sais sobre as plantas pode embaraçar funções fisiológicas e bioquímicas ocasionando distúrbios nas relações hídricas e alterações na absorção e utilização dos nutrientes disponíveis para as plantas (AMORIM et al., 2010), podendo retardar seu crescimento e reduzir a produção. Desta forma a salinidade reduz o crescimento das plantas devido aos efeitos osmóticos, tóxicos e prejuízos na absorção de nutrientes essenciais, afetando as trocas gasosas em resultado ao estresse hídrico causado pela diminuição do potencial osmóticos da solução do solo (DIAS et al., 2016).

Dentre os processos fisiológicos afetados temos como destaque a fotossíntese, podendo ser inibida pelo acúmulo de Na^+ e/ou Cl^- nos cloroplastos, afetando os processos bioquímicos e fotoquímicos que são envolvidos na fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2009). Quando a planta está sob condição de estresse salino ocorre redução na condutância estomática e transpiração, com intuito de diminuição da perda de água para evitar a desidratação (BERTOLLI; SOUZA; SOUZA, 2015). Com a diminuição destes parâmetros a fotossíntese é prejudicada (SILVA et al., 2010).

Com intuito de diminuir a ação causada pela salinidade, uma das estratégias adotadas é a utilização do silício como fonte de adubação para as plantas. Onde apresenta vários benefícios tais como: manutenção da taxa fotossintética, aumento da condutância estomática da planta, além de ter uma capacidade antioxidante diante da deficiência hídrica (GONG et al., 2005; HATTORI et al., 2005). Estudos vem demonstrando que a utilização do silício pode ser utilizada como uma alternativa para minimizar o efeito negativo dos sais nas culturas (LIMA et al., 2011).

Neste contexto, objetivou-se avaliar os índices fisiológicos e o crescimento do maracujazeiro amarelo, sob irrigação com água de distintas salinidades e adubação silicatada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido em condições de campo, nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Pombal-PB, situada a 6°47'3" S, 37°49'15" W e altitude de 193 m.

2.2 Procedimento Experimental

Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso, com disposição dos tratamentos em esquema fatorial 5 x 2 relativos a cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m⁻¹) associado a duas doses de adubação silicatada (150 e 300 g por planta de silicato de potássio) com quatro repetições. Os níveis de salinidade da água foram determinados com base em pesquisa desenvolvida por Andrade (2018). Sendo obtidos a partir da adição de cloreto de sódio (NaCl) na água de abastecimento da cidade de Pombal-PB (0,3 dS m⁻¹) obedecendo-se à relação entre CEa e a concentração dos sais (mg L⁻¹ = 640 x CEa) (RICHARDS, 2000).

Foi utilizado o silicato de potássio composto de multiminerais: Selênio, vanádio, cálcio, zinco, fósforo entre vários oligoelementos, com 50% de SiO₂ e 4% de K₂O como fonte de silício, onde foram aplicados 12,5 g por planta para a dose de 150 g, e 25,0 g por planta para a dose de 300 g. A cultura a qual foi estudada foi o maracujazeiro Gigante Amarelo.

A primeira etapa da pesquisa, foi iniciada com a semeadura em sacolas plásticas com dimensões de 15 x 20 cm, preenchidas com substrato 2:1:1 em base de volume (solo, areia e esterco bovino curtido). Foram semeadas duas sementes por sacola, após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste deixando apenas uma planta por recipiente, quando estas estiveram com 10 cm de altura. Aos 60 DAS foram transplantas para os vasos, começando assim a segunda etapa.

O teor de umidade do solo foi elevado a capacidade de campo com água de menor nível salino (0,3 dS m⁻¹). Com intuito de facilitar no processo de aclimação, após o

transplântio as plantas foram irrigadas com água de CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ até 29 dias após o transplântio (DAT), a aplicação das águas salinas teve início a partir de 30 DAT.

A irrigação foi realizada diariamente de forma manual usando água do respectivo tratamento e baseando-se no processo de lisimetria de drenagem (BERNARDO et al., 2006). O volume aplicado em cada irrigação foi determinado pela diferença entre volume aplicado e volume drenado do dia anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 15% aplicada a cada 20 dias e acompanhado os dados condutividade elétrica da água drenada.

A aplicação das doses de silício tiveram início aos 30 DAT e foram realizadas em intervalos de 10 dias, totalizando 4 aplicações até os 60 DAT conforme os tratamentos. As distintas doses de adubação silicatada foram diluídas separadamente em água do respectivo tratamento.



Figura 1. Vista experimental das mudas de maracujazeiro amarelo. UFCG, Pombal-PB, 2019.

As mudas foram transplantadas em lisímetros de drenagem (baldes de polietileno) com capacidade de 100 L; cada vaso foi perfurado na base para permitir a drenagem, e acoplada a um dreno transparente de 4 mm de diâmetro. A extremidade do dreno que ficou dentro do vaso foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução do material de solo.

Os vasos foram preenchidos, com uma camada de 0,5 kg de brita seguido de 100 kg de material de solo representativo da região semiárida do Estado da Paraíba (devidamente destorroado e homogeneizado). Abaixo de cada dreno foi acoplado uma garrafa plástica para a coleta de água drenada e estimativa do consumo de água pela planta. Antes de iniciar o experimento, o solo foi amostrado para determinação dos parâmetros químicos e físico-

hídrico no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do CTRN/UFCG, conforme metodologia proposta por Claessen (1997) (Tabela 1).

Tabela 6. Características físicas e químicas do solo utilizado para a produção de mudas de Maracujazeiro Amarelo, realizada pelo laboratório de irrigação e salinidade da UFCG – campus de Campina Grande-PB. Pombal-PB, 2019.

..... Atributos químicos								
Ph		P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al ³⁺
CaCl ₂ 1:2,5	CE _{es} (dS m ⁻¹)	mg dm ⁻³cmol _c dm ⁻³					
7,00	0,20	0,21	0,38	0,09	2,50	3,75	0	0
..... Atributos Físicos								
Areia	Silte	Argila	Ds	Dp	Porosidade	UD	Classe textural	
.....g kg ⁻¹g kg ⁻¹g kg ⁻¹ kg dm ⁻³ kg dm ⁻³	%	%		
85,30	13,07	1,63	1,50	2,69	47,23	0,55	Areia Franca	

pH_{es} = pH do extrato de saturação do substrato; CE_{es} = Condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25 °C. Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; H⁺ e Al³⁺ extraídos com CaOAc 0,5 M pH 7,0; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível. Ds densidade do solo, Dp densidade da partícula. UD – Umidade (base de solo seco).

Foi utilizado o espaçamento de 3 m entre fileiras e 2 m entre plantas, utilizando-se o sistema de espaldeira vertical com fio de arame liso nº 14. Para a condução da planta até a espaldeira foi utilizado fio de barbante. Quando as plantas atingiram 10 cm acima da espaldeira foi efetuado a poda da gema apical, visando a emissão dos ramos secundários onde foram selecionados apenas dois e conduzidos um para cada lado até o comprimento de 1,0 m.

Após os ramos secundários atingirem a metade (1,0 m) do espaçamento entre plantas, foi efetuada nova poda da gema apical destes, visando a emissão dos ramos terciários os quais formaram uma cortina. Ao longo da condução do experimento foi realizado a eliminação de gavinhas e de ramos ladrões, visando favorecer o desenvolvimento da cultura.

A adubação com nitrogênio e potássio foi realizada semanalmente, para a adubação com potássio levou-se em consideração o teor do elemento já existente no silicato de potássio. A adubação com fósforo foi aplicado em fundação conforme Santos (2001). Onde foi utilizando como fonte de nitrogênio o sulfato de amônio, como fonte de fósforo o MAP e como fonte de potássio o cloreto de potássio.

Sendo aplicados por planta: 12,5 g de sulfato de amônio, 20,83 g de MAP e 8,33 g de cloreto de potássio sendo fornecidas via fertirrigação.

As aplicações de micronutrientes foram realizadas de forma semanal, com a utilização do produto Quimifol aplicando 0,5 g por litro (CAVALCANTI, 2008). Durante a condução

do experimento foram efetuados os tratos culturais e fitossanitários preconizados para a cultura.

2.3 Variáveis analisadas

O crescimento do maracujazeiro foi avaliado aos 30 dias após início dos tratamentos, através da determinação do diâmetro do caule (DC), utilizando-se de um paquímetro. Obtendo-se, a partir destes dados as taxas de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo (TCRdc), adaptando-se procedimentos contidos em (BENINCASA, 2003), conforme Equação 1;2.

$$TCAdc = \frac{(DC_2 - DC_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (1) \quad TCRdc = \frac{(\ln DC_2 - \ln DC_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (2)$$

Em que: TCAdc = taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (mm dia⁻¹), DC₁ = diâmetro do caule (mm) no tempo t₁, DC₂ = diâmetro do caule (mm) no tempo t₂, TCRdc = Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (mm mm⁻¹ dia⁻¹), ln = logaritmo natural.

Na mesma data, foram avaliadas também, a taxa de assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂, a eficiência instantânea no uso da água, a eficiência instantânea da carboxilação, o teor de clorofila, a fluorescência quântica do fotossistema II, a transpiração e a fotossíntese, relacionada está à radiação fotossinteticamente ativa, nos diversos tratamentos.

Aos 60 dias após o transplante foram determinadas as trocas gasosas através da condutância estomática (*g_s*) (mol m⁻² s⁻¹), transpiração (*E*) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), taxa assimilação de CO₂ (*A*) (μmol m⁻² s⁻¹) e concentração intercelular de CO₂ (*C_i*) (μmol mol⁻¹). A partir desses dados foram determinadas a eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) (*A/E*) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e a eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) (*A/C_i*) [(μmol m⁻² s⁻¹) (μmol mol⁻¹)⁻¹] sob densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de 1.200 μmol m⁻² s⁻¹, utilizando-se um analisador de gás infravermelho - IRGA (Infra Red Gás Analyser, modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK).

Os teores de clorofila *a*, *b* e carotenóides (mg g⁻¹ de matéria fresca – MF) foram determinados, seguindo o método laboratorial desenvolvido por (ARNON, 1949), conforme:

Eq. 3, 4 e 5:

$$\text{Clorofila } a = (12,7 \times A663 - 2,69 \times A645) \quad (3)$$

$$\text{Clorofila } b = (22,9 \times A645 - 4,68 \times A663) \quad (4)$$

$$\text{Carotenoides} = (1000 \times A470 - 1,82 \text{ Chl } a - 85,02 \text{ Chl } b) / 198 \quad (5)$$

No sentido de avaliar a capacidade de disruptura da membrana celular sob condições de estresse salino, foi determinado o extravasamento de eletrólitos na membrana celular, desta forma, o conteúdo protoplasmático, foi obtido de acordo com Scotti Campos e Thu Pham Thi (1997), conforme Eq. 6:.

$$\text{CP} = \frac{\text{Ci} \times 100}{\text{Cf}} \quad (6)$$

em que:

CP = Conteúdo protoplasmático (%); Ci = condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹); Cf= condutividade elétrica final (dS m⁻¹)

2.4 Análise estatística

Os dados referentes às variáveis mensuradas foram submetidos ao teste F a 0,05% e 0,01% de significância, para a realização de análise de variância. Quando houve efeito significativo dos tratamentos, as médias das variáveis foram submetidas ao teste de Tukey 5%, para as doses de silício e regressão polinomial para os níveis salinos. As análises estatísticas foram realizadas no software SISVAR Versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na análise de variância, constata-se que houve efeito interativo entre os níveis salinos da água de irrigação e doses de silício nas variáveis de trocas gasosas não foi significativo, demonstrando que estes fatores não interferem de forma conjunta no maracujazeiro, porém houve significância nos fatores isolados, observando que a condutância estomática, concentração intercelular, transpiração e eficiência instantânea do uso da água foram significativos para os níveis salinos, ao tempo que, a condutância estomática, taxa de assimilação de CO₂ e eficiência instantânea do uso da água diferiram estatisticamente com uso do silício (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para condutância estomática (*gs*), concentração intercelular de CO₂ (*Ci*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), eficiência instantânea do uso da água (*EiUA*) e eficiência da carboxilação instantânea (*EiCi*) em maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após o transplântio. Pombal, CCTA/UFCG, 2020.

Tratamentos	GL	QM					
		<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Níveis salinos(NS)	4	0,003**	5365,14**	1,85**	49,24ns	2,61*	0,0001ns
Reg. Linear	1	0,009**	20779,32**	6,01**	25,02ns	9,43**	0,0001ns
Reg. Quadrática	1	0,002*	240,20ns	0,85ns	28,62ns	0,92ns	0,0001ns
Doses silício (DS)	1	0,002**	846,30ns	0,01ns	3483,44**	3,97*	0,0001ns
Interação (NSxDS)	4	0,0005ns	826,08ns	0,19ns	147,86ns	0,26ns	0,0003ns
Bloco	3	0,0013ns	604,66ns	0,85	356,14ns	2,50ns	0,0004ns
Residuo	27	0,00054	1125,46	0,27	364,67	0,90	0,00047
CV (%)		28,18	15,57	23,26	19,80	26,26	43,00
Médias							
Doses de silício							
150 g		0,09 a	220,13 a	2,28 a	87,11 b	3,28 b	0,04 a
300 g		0,07 b	210,93 a	2,25 a	105,78 a	3,92 a	0,05 a

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 5\%$).

Analisando isoladamente as doses de silício, constatou-se que na condutância estomática (*gs*) o uso da maior concentração de silicato de potássio (300 g) reduziu 22,22% a *gs* (Tabela 2), no entanto, proporcionou incremento na taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e eficiência instantânea do uso da água (*A/E*), correspondendo a 19,15% e 20,0%, respectivamente. O uso da adubação com silício promove alterações anatômicas no maracujazeiro, com o aumento da espessura da epiderme adaxial, parênquima paliçádico reduzido e aumento do diâmetro polar/diâmetro equatorial nas folhas, que está relacionado à funcionalidade dos estômatos (COSTA et al., 2016), logo essa pequena redução observada na *gs* pode ter relação com modificação da arquitetura foliar, no entanto não promoveu danos a assimilação de CO₂.

Por outro lado, o incremento obtido na taxa de assimilação de CO₂ e eficiência instantânea do uso da água pode ter relação com a deposição do silício na parede foliar, a qual aumenta a resistência e dureza das paredes celulares, reduzindo a transpiração cuticular e consequentemente aumentando a eficiência do uso da água e fotossintética (JESUS et al., 2018).

A *gs* declinou de forma linear em função do aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação, equivalente uma diminuição de 14,57% por incremento unitário da CEa, ou seja, as plantas cultivadas sob CEa de 3,1 dS m⁻¹ tiveram uma redução na *gs* de 42,67%, em

relação as que estavam sob o menor nível salino da água ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 1A). Provavelmente, em resposta ao excesso de sais na zona radicular, a planta pode ter reduzido a abertura estomática, na expectativa de reduzir a transpiração foliar e consequentemente a absorção de sais, especialmente o Na^+ e Cl^- (TAIZ et al., 2017). Resultados similares foram encontrados por (FREIRE et al., 2014) em maracujazeiro amarelo sob salinidade da água, sendo a pesquisa desenvolvida em pomar aberto no estado da Paraíba, constituindo o estudo com irrigação com águas de $0,50$ e $4,50 \text{ dS m}^{-1}$, onde o estresse salino inibiu a atividade fotoquímica do fotossistema II e fotossíntese líquida das plantas.

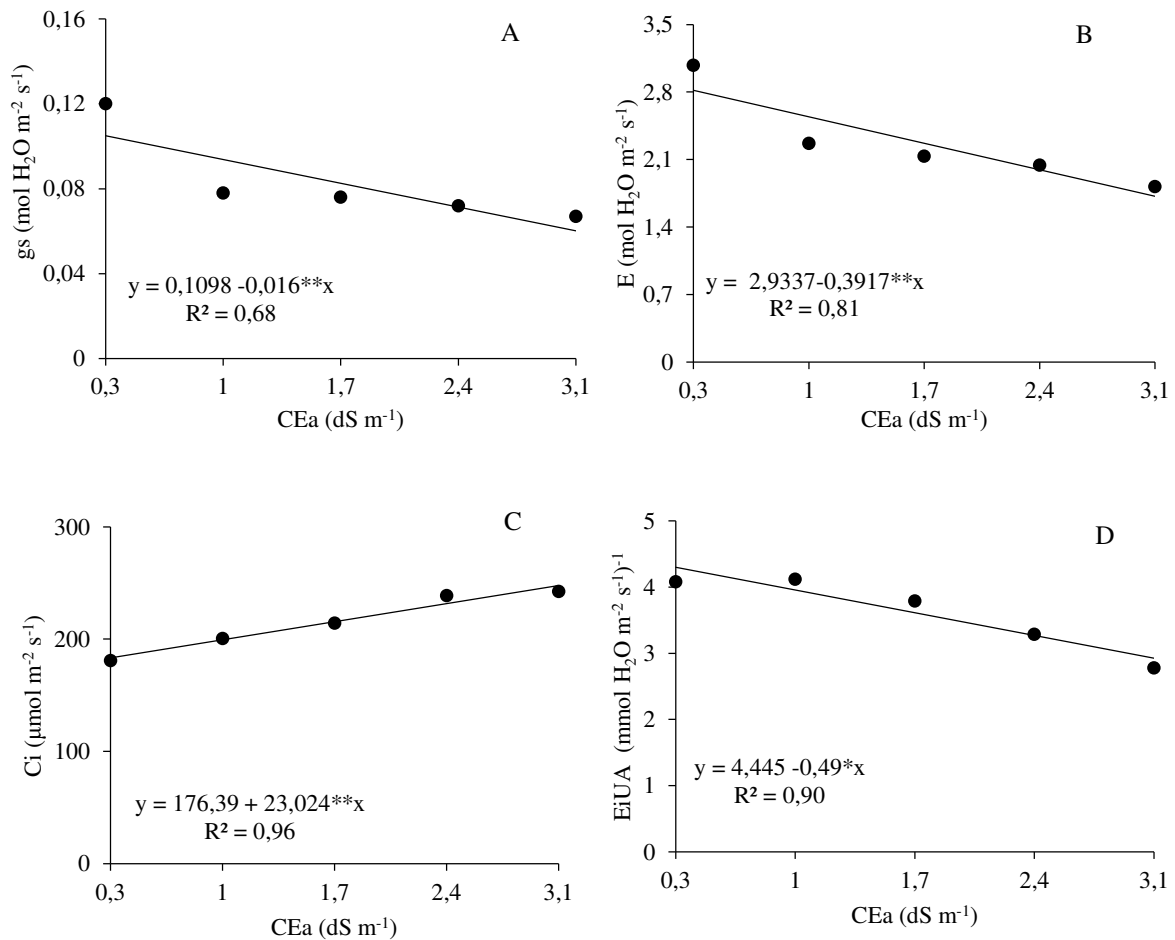


Figura 2. Condutância estomática - *gs* (A), transpiração - *E* - (B), concentração intercelular *Ci* (C) e eficiência do uso da água - *EiUA* (D) em maracujazeiro submetido a salinidade na água de irrigação e doses de silício. Pombal, CCTA/UFCG, 2020.

A salinidade na água de irrigação também ocasionou declino na taxa transpiratória, assim como, na eficiência instantânea do uso da água, com perdas unitárias de 13,35 e 11,02%, respectivamente (Figuras 1B e D). Provavelmente, as plantas de maracujazeiro sob condições de estresse salino reduziram a condutância estomática e transpiração, na perspectiva de aumentar a eficiência do uso da água, e com o propósito de evitar a

desidratação excessiva, porém também houve redução na A/E , talvez porque a planta mesmo em condições de estresse contínuo fotossintetizando normalmente, mantendo a produção de açúcares (SILVA et al., 2011; SOUSA et al., 2019).

A irrigação com águas salinas proporcionou incremento linear na C_i sendo de 13,06% por aumento unitário da CEa. Ao comparar as plantas submetidas a CEa de 0,3 dS m⁻¹ em relação as que receberam o maior nível de condutividade elétrica da água, verifica-se aumento de 247,76 mol H₂O m⁻² s⁻¹, correspondendo a um acréscimo de 35,17% (Figura 1C). Tal fato, reforça a limitação na abertura estomática, contudo não restringiu a entrada de CO₂ na célula, pois a redução na condutância, acarretou diminuição na absorção de água e sais da solução do solo, sem comprometer a atividade fotossintética, devido o acréscimo na concentração de CO₂ pode ser um indicativo de que o carbono que adentrou a célula não foi assimilado e não ter ocorrido efeito significativo na taxa de fotossíntese e eficiência da carboxilação instantânea com salinidade da água neste estudo (SILVA et al., 2011; DIAS et al., 2018).

Ao analisar os pigmentos fotossintéticos pela análise de variância, constatou-se que não houve efeito interativo, mas os níveis de salinidade da água influenciaram de forma significativa os teores de clorofila *a* e carotenoides e o conteúdo protoplasmático enquanto que o uso de silício influenciou significativamente a clorofila *b* e carotenoides (Tabela 3). Ferraz et al. (2015) em estudo realizado na Embrapa Algodão ao analisarem pigmentos fotossintéticos e extrusão celular em mamoneira sob silício e salinidade onde estudaram quatro níveis de salinidade da água (CEa 0, 2, 4 e 6 dS m⁻¹) e quatro níveis de silício (0, 100, 200, e 300 mg L⁻¹) constaram efeito interativo significativo, divergindo deste trabalho, na variável clorofila *a* e conteúdo protoplasmático.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para clorofila *a* (CL *a*), clorofila *b* (CL *b*), carotenoides (CAR) e o conteúdo protoplasmático (CP) em maracujazeiro ‘Gigante amarelo’ cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após o transplântio. Pombal, CCTA/UFCG, 2020.

Tratamentos	GL	QM			
		CL <i>a</i>	CL <i>b</i>	CAR	CP
Níveis salinos (NS)	4	2,32**	0,45ns	10031,23*	27,92**
Reg. Linear	1	8,77**	1,62ns	37791,94**	105,40**
Reg. Quadrática	1	0,06ns	0,06ns	2292,18ns	0,41ns
Doses de silício (DS)	1	0,01ns	4,11**	77494,56**	12,76ns
Interação (NS x DS)	4	0,41ns	1,41ns	14671,47ns	1,29ns
Bloco	3	0,25ns	1,49*	9098,16ns	4,21ns
Residuo	27	0,28	0,49	2675,35	3,98
CV (%)		14,97	15,22	10,98	18,07
Médias					
Doses de silício					
150 g		3,54 a	4,29 b	426,93 b	10,48 a
300 g		3,58 a	4,93 a	514,96 a	11,61 a

ns, **, *, respectivamente não significativos, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

A maior concentração de clorofila *b* e carotenoides do maracujazeiro foi observada nas plantas que foram adubadas com maior dose de silício (300 g), com incrementos nos teores de clorofila *b* e carotenoides, de 14,9% e 20,61%, respectivamente, nas plantas que receberam 300 g em relação a menor dose de Si (150 g).

Esse aumento nas concentrações de clorofila *b* e carotenoides, assim como, a taxa fotossintética das plantas (GUERRA et al., 2014). O silício absorvido pelas plantas é depositado abaixo da cutícula epidérmica, formando uma camada dupla de sílica nas células. Essa incorporação acarreta em mudanças na arquitetura dessas plantas, que mantêm as folhas mais eretas ocasionando melhoria na interceptação da luz solar, portanto, da fotossíntese.

A síntese de clorofila *a* (Figura 3A) teve comportamento linear decrescente à medida que aumentou os níveis de salinidade da água de irrigação, cujo o decréscimo foi de 10,87% por incremento unitário da CEa. Comparativamente, verifica-se redução de 4,22 para 2,89 mg g⁻¹ MF, no intervalo de 0,3 a 3,1 dS m⁻¹. A redução nos teores de clorofila *a* de acordo com Munns & Tester (2008) é resultado dos desequilíbrios nas atividades fisiológicas e bioquímicas promovidas pelo teor de sais na zona radicular, além do tolerado pela cultura, que estimula a atividade da clorofilase, enzima responsável pela degradação da clorofila, induzindo a destruição dos cloroplastos.

Resultados similares foram encontrados por Wanderley et al. (2018) ao avaliarem os teores de pigmentos fotossintéticos no maracujazeiro em função da salinidade da água na fase de formação de mudas, constataram diminuição no teor de clorofila *a* de 8,22% a cada acréscimo unitário da CEa.

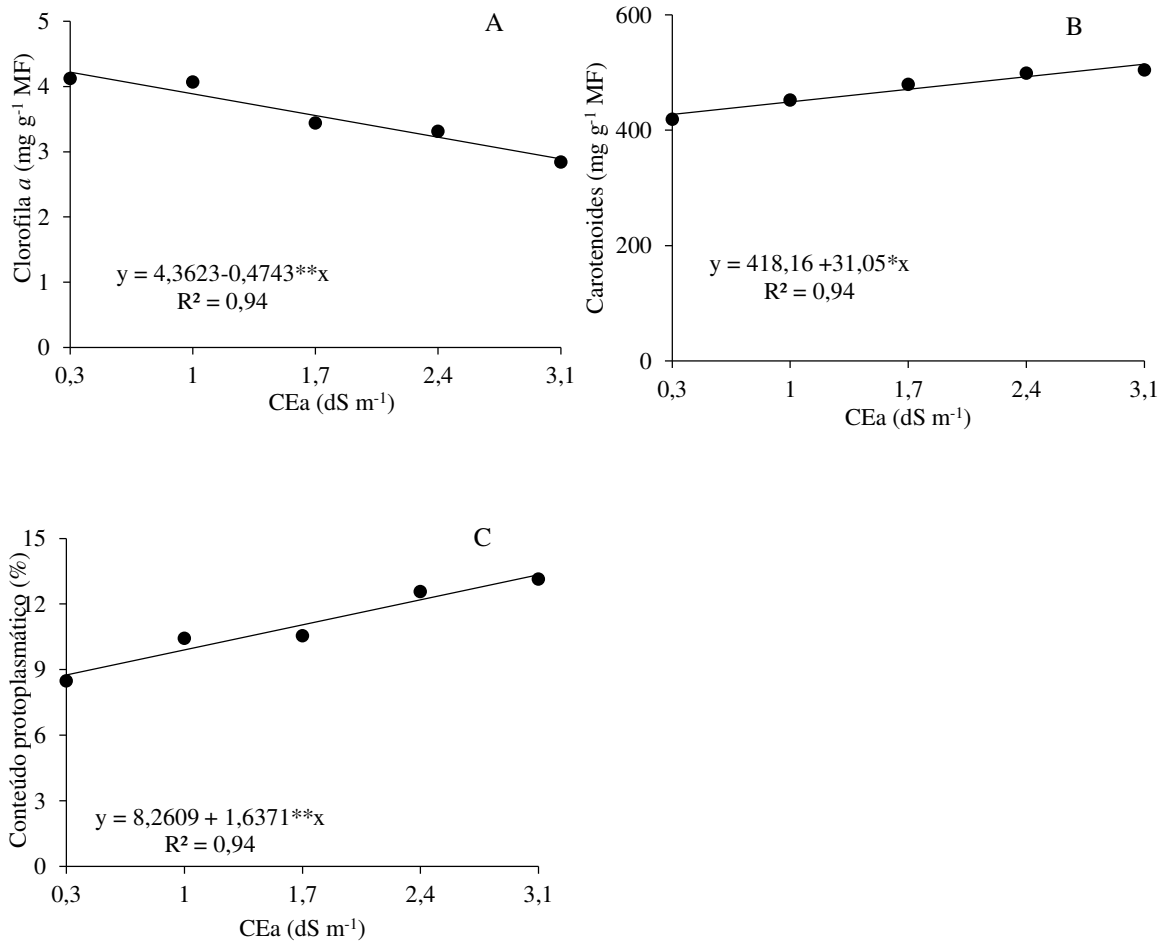


Figura 3. Clorofila *a* (A), carotenoides (B) e conteúdo protoplasmático (C) em maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 60 dias após o transplante. Pombal, CCTA/UFCG, 2020.

Ao contrário do observado para clorofila *a* (Figura 3A), os teores de carotenoides (Figura 3B) aumentou linearmente, com acréscimos de 7,42% por incremento unitário da CEa, ou seja, as plantas de maracujazeiro sob CEa de 3,1 dS m⁻¹ aumentaram em 20,61% na síntese de carotenoides em relação as que estavam sendo irrigadas com o menor nível de salinidade da água (0,3 dS m⁻¹). Os carotenoides podem atuar em algumas situações como agentes antioxidantes, mitigando o efeito depressivo da salinidade, pela atenuação aos danos fotoxidativos, explicando o acréscimo deste pigmento (ASHRAF & HARRIS 2013; LIMA et al., 2017).

Os níveis de salinidade da água de irrigação proporcionaram um incremento no conteúdo protoplasmático das plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’, cujo incremento foi de 19,82% por incremento unitário. Por se tratar de uma cultura sensível aos efeitos da salinidade, o aumento de sais na água de irrigação ocasionou rupturas na membrana celular, demonstrado pelo aumento gradual do conteúdo protoplasmático, indicando liberação de íons da membrana celular ocasionada pelo excesso de sais (RUTSCHOW et al., 2011). Corroborando com o presente estudo, Santos et al. (2018) em pesquisa com mudas de maracujazeiro amarelo sob irrigação com águas salinizadas de 0,3 até 4,3 dS m⁻¹ verificaram incremento de 29% no conteúdo protoplasmático, entre a CEa de 0,3 e 4,3 dS m⁻¹.

A salinidade também afetou o crescimento das plantas de maracujá, com efeito significativo no diâmetro caulinar e na taxa de crescimento absoluto do diâmetro. Já as doses de silício influenciaram significativamente a taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar no período de 15 a 30 dias após o transplantio. Semelhante ao que ocorreu para as variáveis fisiológicas não houve efeito significativo da interação entre os fatores (níveis de salinidade da água x doses de silício) no crescimento das plantas de maracujá (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), taxa de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo do diâmetro do caule (TCRdc) em maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ submetido a salinidade na água de irrigação e doses de silício, aos 60 dias após o transplantio. Pombal, CCTA/UFCG, 2020.

Tratamentos	GL	QM		
		DC	TCAdc	TCRdc
Níveis salinos (NS)	4	5,87**	0,0016**	0,000007ns
Reg. Linear	1	21,97**	0,005**	0,00002**
Reg. Quadrática	1	0,42ns	0,0008*	0,000001ns
Doses de silício (DS)	1	8,22**	0,000008ns	0,00004**
Interação (NSx DS)	4	0,56ns	0,003ns	0,000004ns
Bloco	3	0,72ns	0,0001ns	4,50x 10 ⁻⁷ ns
Resíduo	27	0,46	0,0001	0,000003
CV (%)		5,82	24,94	32,54
Médias				
Doses de silício				
150 g		11,28 b	0,048 a	0,004 b
300 g		12,19 a	0,047 a	0,006 a

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Conforme teste de médias (Tabela 4), as plantas de maracujazeiro adubadas com a maior dose de silicato (300 g) tiveram um incremento no DC e na TCRdc de 8,07 e 50%,

respectivamente em relação as que receberam a menor dose de silicato (150 g). Como foi usado o silicato de potássio como fonte de silício, por apresentar liberação lenta do mineral, necessita de uma grande quantidade para suprir as necessidades das plantas, seu uso em grande quantidade proporcionou alongamento caulinar, tanto pelo fato dos benefícios do silício na fotossíntese e conseqüentemente crescimento, quanto do potássio, por se tratar de um cofator enzimático, regulador osmótico e responsável no crescimento meristemático (MARSCHNER, 1995). Costa et al. (2016) ao estudarem ação do silício no crescimento de plantas de maracujazeiro constataram que este elemento incrementou o diâmetro caulinar até a concentração de 0,20 g vaso⁻¹, proporcionando maior crescimento das plantas.

O diâmetro caulinar e taxa de crescimento absoluto do diâmetro reduziram 16,39% e 48,40%, respectivamente, em função da adição de sais na água, independentemente do uso de silício (Figuras 4A e B). Em condições de estresse salino as plantas reduzem o crescimento, decorrente do consumo de energia para a síntese de compostos orgânicos osmoticamente ativos e necessários aos processos de compartimentação na regulação do transporte de íons (TORRES et al., 2014).

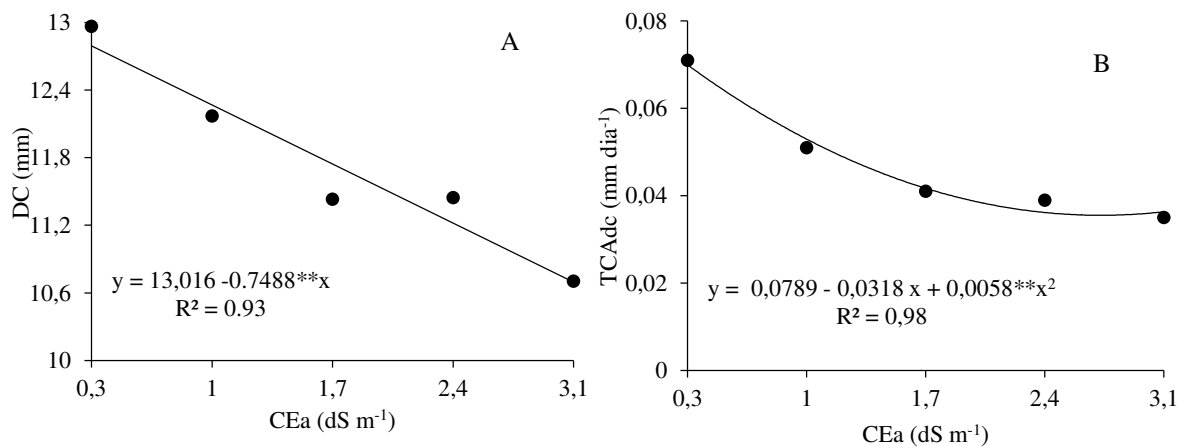


Figura 4. Diâmetro caulinar (A) e taxa de crescimento absoluto (B) em maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’ em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, aos 60 dias após o transplântio. Pombal, CCTA/UFCG, 2020.

Bezerra et al. (2016) também observaram reduções na taxa de crescimento de plantas de maracujazeiro em função da salinidade na água. Andrade et al. (2018) observaram diminuição de 31% no diâmetro caulinar em mudas de maracujazeiro irrigadas com água contendo os menores (0,2 dS m⁻¹) e maiores (6,2 dS m⁻¹) teores de sais na água de irrigação.

4 CONCLUSÕES

O estresse salino proporciona reduções nas trocas gasosas, síntese de clorofila *a* e *b* e no crescimento das plantas de maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’, aos 60 dias após o transplântio.

O uso da maior concentração de silício (300 g) proporcionou incrementos na taxa de assimilação de CO₂ e eficiência instantânea do uso da água, correspondendo a 19,15 e 20,0%.

As plantas de maracujazeiro adubadas com a maior dose de silício (300 g) tiveram um incremento no DC e na TCRdc de 8,07% e 50%, respectivamente em relação as que receberam a menor dose de silício (150 g).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J.R.; SOUSA, A.; JÚNIOR, M.; OLIVEIRA, S.; PAULA; REZENDE, L. P.; ARAÚJO NETO, J. C. Germination and morphophysiology of passion fruit seedlings under salt water irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 229-236, 2018.
- AMORIM, A. V.; GOMES-FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, p.113-121, 2010.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**, v.51, n.2, p.163-190, 2013.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- BEZERRA, J. D.; PEREIRA, W. E.; SILVA, J. M.; RAPOSO, R. W. C. Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de Salinidade. **Revista Ceres**, v.63, n.4, p. 502-508, 2016.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.
- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; Mantovani, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006.625p.
- BERTOLLI, S. C.; SOUZA, J.; SOUZA, G. M. Caracterização fotossintética da espécie isohídrica pata-de-elefante em condições de deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v.28, p.196-205, 2015.
- CAMPOS, P. S.; THI, A. T. P. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to ormotic stress. **Plant Science**, v. 130, n. 1, p.11-18, 1997.

- CAVALCANTI, J.C.P. Recomendações de adubação para o estado Pernambuco (2ª aproximação). 3.ed. Recife: **Instituto agrônômico do Pernambuco – IPA**, 2008, 212p.
- COSTA, B. N. S.; COSTA, I. J. S.; DIAS, G. M. G.; ASSIS, F. A.; PIO, L. A. S.; SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M. Morpho-anatomical and physiological alterations of passion fruit fertilized with silicone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.2, p. 163-171, 2016.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: **Embrapa-CNPS**, p.212, 1997.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A.A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.9, p.628-633, 2018.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. 2ª ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. cap.11, p.151-161.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 06, p. 1039 – 1042, 2011.
- FERRAZ, R. L. S.; MAGALHÃES, I. D.; BELTRÃO, N. E. M.; MELO, A. S.; BRITO NETO, J. F.; ROCHA, M. S. Photosynthetic pigments, cell extrusion and relative leaf water content of the castor bean under silicon and salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.841–848, 2015.
- FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; NETO LIMA, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.1, p. 82-91, 2014.
- GUERRA, A. M. N. M. RODRIGUES, F. A.; LIMA, T. C.; BERGER, P. G.; BARROS, A. F.; SILVA, Y. C. R. Capacidade fotossintética de plantas de algodoeiro infectadas por ramulose e supridas com silício. **Bragantia**, v.73, n.1, p.50-64, 2014.
- GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. **INCT Sal**, 2010. 472p.
- GONG, H.; ZHU, X.; CHEN, K.; WANG, S.; ZHANG, C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, v. 169, p. 313-321, 2005.
- HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; AN, P.; MORITA, S.; LUXOVÁ, M.; LUX, A. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. **Physiologia Plantarum**, v. 123, n. 4, p. 459-466, 2005.
- JESUS, E. G.; FATIMA, R. T.; GUERRERO, A. C.; ARAÚJO, J. L.; BRITO, M. E. B. Growth and gas exchanges of arugula plants under silicon fertilization and water restriction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.2, p.119-124,2018.
- LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; VIDAL, J. B. ENEASFILHO, J. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.

- LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L.A.A. ; NOBRE, R. G. ; SÁ, F. V. S. ; PAIIVA, E. P. Emergence, morpho-physiology and flowering of colored-fiber cotton (*Gossypium hirsutum* L.) submitted to different nitrogen levels and saline water stress irrigation. **Australian journal of crop science**, v. 11, n. 7, p. 897-905, 2017.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: **Academic Press**, 1995. 889 p.
- MUNNS, R.; TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook No. 60, Washington: USDA, Department of Agriculture, 1954. 160 p.
- RUTSCHOW, H. L.; BASKIN, T. I.; KRAMER, E. M. Regulation of solute flux through plasmodesmata in the root meristem. **Plant Physiology**, v.155, n. 1, p.1817-1826, 2011.
- SANTOS, J. B. Estudo das relações nitrogênio: potássio e cálcio:magnésio sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo do maracujazeiro amarelo. 2001. 88 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.
- SANTOS, A. S.; ARAÚJO, R. H. C. R.; NOBRE, R. G.; SOUSA, V. F. O. RODRIGUES, M. H. B. S.; FORMIGA, J. A.; GOMES, F. A. L.; SANTOS, G. L.; ONIAS, E. A. Effect of hydrogen peroxide in the growth of yellow passion fruit seedlings under salinity stress. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.10, p.151-162, 2018.
- SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; FERNANDES, C. R. R.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansô sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p.240-246, 2009.
- SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, F. S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agrícola**, v.68, n. 1, p.62-68, 2011.
- SOUSA, V. F. O.; COSTA, C. C.; DINIZ, G. L.; SANTOS, J. B.; BONFIM, M. P.; LOPES, K. P. Growth and gas changes of melon seedlings submitted to water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.2, p. .90-96, 2019.
- TAIZ, L.; MOLLER, E. Z. I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. **Artmed**, 2017. 918p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. 4nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2009. 848p.
- TORRES, E.C.M.; FREIRE, J. L.M.O.; OLIVEIRA, J. L.; BANDEIRA, L. B. Biometria de mudas de cajueiro anão irrigadas com águas salinas e uso de atenuadores do estresse salino. **Nativa**, v.2, n.2, p.71-78, 2014.
- WANDERLEY, J.A.C.; AZEVEDO, C. A. V.; BRITO, M. E. B.; CORDÃO, M. A.; LIMA, R. F.; FERREIRA, F. N. Nitrogen fertilization to attenuate the damages caused by salinity on yellow passion fruit seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.8, p.541-546, 2018.

