

## ÁCIDO ASCÓRBICO MODULA CORRELAÇÕES ENTRE PRODUÇÃO E QUALIDADE DO MARACUJÁ-AZEDO SOB ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA

Emanuel Campos Medeiros<sup>1</sup>, Reynaldo Teodoro de Fátima<sup>2</sup>, Lauriane Almeida dos Anjos Soares<sup>3</sup>, Geovani Soares de Lima<sup>4</sup>, Michack Djibo<sup>5</sup>, Dany Joel Avila Diaz<sup>5</sup>

**RESUMO:** O déficit hídrico é um dos principais fatores limitantes da agricultura no semiárido brasileiro. Essa condição impacta diretamente o cultivo do maracujazeiro, que, apesar de sua importância na região Nordeste, apresenta produtividade limitada pela escassez de água. Diante disso, torna-se essencial compreender a sensibilidade da cultura em suas diferentes fases fenológicas e, ao mesmo tempo, avaliar métodos que atenuem o estresse, como a aplicação foliar de ácido ascórbico. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial da aplicação foliar de ácido ascórbico em melhorar a correlação entre a produção e qualidade de frutos do maracujazeiro-azedo sob déficit hídrico em distintas fases de desenvolvimento. O estudo seguiu um delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com três repetições, sendo a parcela representada por 3 estratégias de irrigação baseadas na evapotranspiração da cultura (E1 - 100% da ET<sub>c</sub> durante todo o ciclo, e sob déficit hídrico de 50% da ET<sub>c</sub> na fase de floração - E2 e combinada na fase vegetativa/frutificação - E3); a subparcelas foi representada por três concentrações de AsA (0, 0,5 e 1,0 mM). A correlação utilizou dados de produção e qualidade físico-química dos frutos de maracujazeiro-azedo. A aplicação foliar de ácido ascórbico contribuiu para ampliar variáveis de produção e qualidade do fruto do maracujazeiro-azedo nas plantas sob estratégia de irrigação com déficit hídrico e nas plantas sob irrigação plena durante todo o ciclo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Passiflora edulis* Sims, déficit hídrico, fruticultura.

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Rua Jario Vieira Feitosa, 1770, CEP 58840-000, Pombal, PB. e-mail: [camposmedeiros1234@gmail.com](mailto:camposmedeiros1234@gmail.com)

<sup>2</sup> Pesquisador Doutor, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Pombal, PB.

<sup>3</sup> Prof<sup>a</sup>. Doutora, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Pombal, PB.

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Pombal, PB.

<sup>5</sup> Mestrando em Horticultura Tropical, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, Pombal, PB.

## **ASCORBIC ACID MODULATES CORRELATIONS BETWEEN PRODUCTION AND QUALITY OF SOUR PASSION FRUIT UNDER DEFICIT IRRIGATION STRATEGIES**

**ABSTRACT:** Water deficit is one of the main limiting factors for agriculture in the Brazilian semi-arid region. This condition directly impacts the cultivation of passion fruit, which, despite its importance in the Northeast region, has its productivity limited by water scarcity. Therefore, it is essential to understand the crop's sensitivity in its different phenological stages and, at the same time, to evaluate methods that mitigate stress, such as the foliar application of ascorbic acid. Given this, the objective of this study was to evaluate the potential of foliar ascorbic acid application to improve the correlation between the production and quality of sour passion fruit under water deficit in distinct developmental stages. The study followed a randomized block design in a split-plot scheme with three replications, where the main plot was represented by 3 irrigation strategies based on crop evapotranspiration (E1 - 100% of ET<sub>c</sub> throughout the cycle, and under a 50% ET<sub>c</sub> water deficit in the flowering stage - E2 and combined in the vegetative/fruitletting stage - E3); the subplots were represented by three concentrations of AsA (0, 0.5, and 1.0 mM). The correlation used data on production and physical-chemical quality of sour passion fruit. The foliar application of ascorbic acid contributed to enhancing production and fruit quality variables of sour passion fruit in plants under deficit irrigation strategies and in plants under full irrigation throughout the cycle.

**KEYWORDS:** *Passiflora edulis* Sims, water deficit, fruit growing.

### **INTRODUÇÃO**

A escassez hídrica se consolida como um dos principais fatores abióticos que restringem o desenvolvimento agrícola em escala global (Pereira, 2017). Essa realidade é especialmente sentida no cultivo do maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims), cultura de elevada aceitação de mercado e com uma gama de oportunidades de uso industrial, devido ao seu sabor característico e qualidade nutricional (Biswas et al., 2021), sobretudo no Brasil, o qual é considerado um dos maiores produtores e consumidores mundiais da fruta (Morais et al., 2020). Contudo, grande parte de sua produção está concentrada no semiárido do Nordeste brasileiro, uma região onde a disponibilidade de água para irrigação limita severamente o potencial produtivo da cultura (IBGE, 2025).

Um dos impactos mais diretos da restrição de água é a redução tanto do rendimento produtivo quanto da qualidade final dos frutos (Wu et al., 2021). Esse cenário é consequência de distúrbios fisiológicos, principalmente o estresse oxidativo, no qual a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) afeta negativamente todo o metabolismo da planta (Janků et al., 2019). Para se proteger, as plantas produzem naturalmente o ácido ascórbico (AsA), um potente antioxidante que atua no controle das EROs (Akram et al., 2017).

Contudo, sob condições de estresse intenso, a quantidade de AsA sintetizada pela própria planta é frequentemente insuficiente para manter suas funções normais (Akram et al., 2017), tornando a suplementação exógena uma estratégia necessária. A aplicação foliar de AsA se destaca como um método eficiente, com estudos demonstrando incrementos diretos no rendimento e na produtividade de culturas sob estresse hídrico (Gaafar et al., 2020). Benefícios da aplicação foliar de AsA já foram comprovados na melhoria da fisiologia, produção e qualidade pós-colheita (Gaafar et al., 2020; Khazaei & Estaji, 2020).

Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial da aplicação foliar de ácido ascórbico em melhorar a correlação entre a produção e qualidade de frutos do maracujazeiro-azedo sob déficit hídrico em distintas fases de desenvolvimento.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O período experimental foi de maio de 2022 a fevereiro de 2023, em área localizada no perímetro irrigado das várzeas de Sousa, Aparecida-PB, com classificação climática do tipo Bsh (quente), com temperatura média anual de 27 °C e índice pluviométrico em média de 840 mm anuais e evapotranspiração de 1280 mm anuais, com chuva concentrada no primeiro semestre do ano, resultantes da atuação das frentes de convergência intertropical (Alvares et al., 2013).

O estudo seguiu um delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com três repetições. A parcela foi representada por 3 estratégias de irrigação: 100% da ETc durante todo o ciclo (E1) e sob déficit hídrico de 50% da ETc na fase de floração (E2) e combinada na fase vegetativa/frutificação (E3); a subparcelas foi representada por três concentrações de AsA (0, 0,5 e 1,0 mM).

A escolha das estratégias de irrigação deficitária foi baseada nos efeitos observados por Fatima et al. (2024) na produção e qualidade dos frutos de maracujá-azedo. O cálculo da ETc foi obtido seguindo a metodologia de Bernardo et al. (2019), conforme a equação:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (1)$$

Em que:

$ET_c$  - evapotranspiração da cultura, mm dia<sup>-1</sup>;

$ET_o$  - evapotranspiração de referência de Penman-Monteith, mm d<sup>-1</sup>;

$K_c$  - coeficiente de cultivo, adimensional.

O manejo da irrigação foi por gotejamento e os tratos culturais seguiram as recomendações para a cultura do maracujazeiro cv. BRS GA1 (Costa et al., 2008), o sistema de condução foi de espaldeira vertical, em arame de sustentação instalado no topo das estacas, a uma altura de 2,2 m do solo. Sendo que as mudas utilizadas no experimento foram produzidas em sacolas de polietileno com dimensões de 18 cm de altura e 13 cm de diâmetro, contendo substrato formado a partir de duas partes de mesmo solo da área experimental e uma parte de esterco bovino curtido (em base de volume), as quais foram levadas a campo após o surgimento das gavinhas.

As variáveis analisadas para verificar o efeito do AsA incluíram: número de frutos, peso médio de fruto, produção, pH, acidez titulável (% ácido cítrico), sólidos solúveis (°Brix), vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>) e açúcares totais (mg 100g<sup>-1</sup>), determinados segundo metodologias padrão (IAL, 2008).

A correlação dos tratamentos foi estabelecida através da análise de componentes principais e a MANOVA pelo teste de Hotelling, utilizando do software estatístico R (R Core Team, 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme observado para a MANOVA, seguindo o teste de Hotelling, constata-se resposta significativa da correlação dos dados em função dos tratamentos, com destaque a interação dos fatores estratégias de irrigação e aplicação foliar de ácido ascórbico (Tabela 1). Desta forma, corroborando com a significância da análise de componentes principais, a qual representa 63,60% da variação constatada das variáveis analisadas nos dois primeiros componentes.

**Tabela 1.** Valores próprios, percentagem da variância total explicada na análise multivariada, probabilidade de significância pelo teste de Hotelling (p-valor) para os fatores e coeficientes de correlação (r) entre as variáveis originais e os componentes principais dos dados de maracujazeiro-azedo para as estratégias de irrigação.

						Componentes principais (PCs)			
						Componente 1		Componente 2	
Valores próprios ( $\lambda$ )						3,91		1,81	
Porcentagem da variância total ( $S^2\%$ )						43,50		20,10	
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para as estratégias de irrigação						0,01		0,01	
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para as concentrações de AsA						0,01		0,01	
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para a interação dos fatores						0,01		0,01	
	NFru	PFru	Rend	PROD	pH	ATT	SS	Vit C	AT
CP1	0,78	0,70	-0,73	0,89	-0,79	0,61	0,01	-0,33	0,60
CP2	0,04	0,39	0,08	0,13	0,43	-0,30	0,77	0,61	0,62

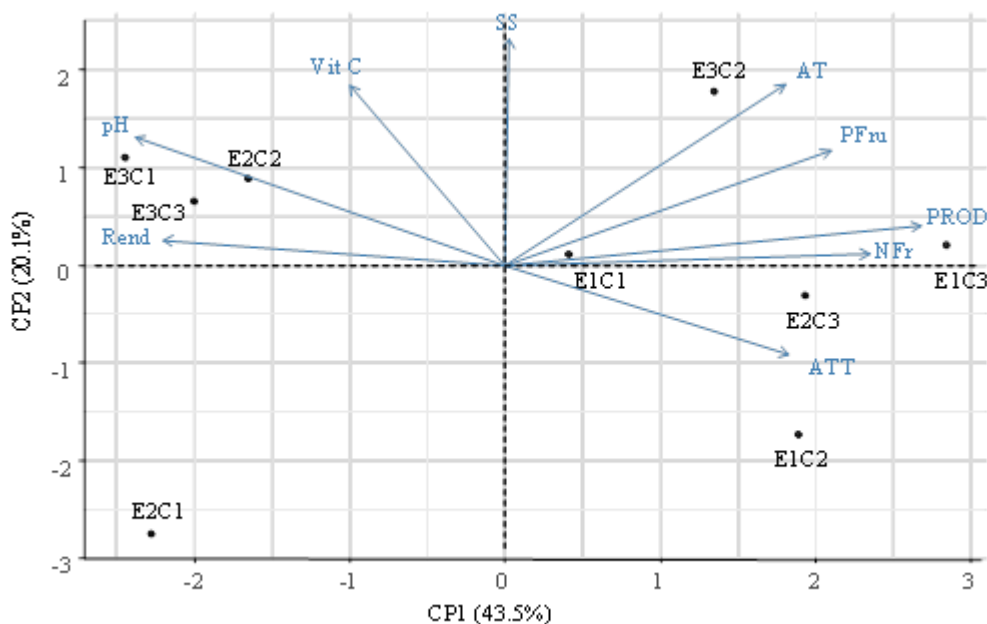
NFru – número de frutos; PFru – peso médio de fruto; PROD - produção por planta; pH - potencial hidrogeniônico; ATT - acidez titulável total; SS - sólidos solúveis; Vit C – vitamina C; AT - açúcares totais.

O Componente Principal 1 (PC1), responsável por 43,50% da variação dos dados (Figura 1), foi positivamente correlacionado com o número de frutos ( $r = 0,78$ ), peso do fruto ( $r = 0,70$ ), produção ( $r = 0,89$ ) e acidez titulável ( $r = 0,61$ ). Em contrapartida, apresentou correlação negativa com o rendimento de polpa ( $r = -0,73$ ) e o pH ( $r = -0,79$ ). A distribuição dos tratamentos ao longo deste eixo evidenciou que a aplicação de AsA favoreceu as variáveis de produção. Destacaram-se, com os maiores escores positivos, as plantas sob irrigação plena que receberam AsA (E1C2, escore = 1,77; E1C3, escore = 2,67) e aquelas sob déficit que receberam as maiores concentrações do composto (E2C3, escore = 1,82; E3C2, escore = 1,26). Por outro lado, os tratamentos sem AsA e sob maior estresse hídrico (E2C1, escore = -2,15; E6C1, escore = -2,31) posicionaram-se no lado negativo do eixo, associados a maior pH e rendimento de polpa.

O Componente Principal 2 (PC2), que explicou 20,10% da variação dos dados, foi positivamente correlacionado com o teor de sólidos solúveis ( $r = 0,77$ ) e os açúcares totais ( $r = 0,62$ ). Os escores positivos neste eixo, associados a maiores teores de açúcares, foram observados principalmente nos tratamentos com déficit hídrico na fase vegetativa/frutificação, com destaque para o tratamento com 0,5 mM de AsA (E3C2), que apresentou o maior escore (1,68). Em contraste, o escore mais negativo (-2,59) foi registrado no tratamento sob déficit na floração e sem aplicação de AsA. Notavelmente, a aplicação de ácido ascórbico neste mesmo tratamento de estresse reverteu o escore para o campo positivo (0,83 com 0,5 mM de AsA), demonstrando seu forte efeito mitigador.

Tratamentos: 100% da ETc durante todo o ciclo – E1, e sob déficit hídrico de 50% da ETc na fase de floração - E2 e combinada na fase vegetativa/frutificação - E3; e concentrações de ácido ascórbico: C0 - 0, C2 - 0,5 e C3 - 1,0 mM. Variáveis: NFru – número de frutos; PFru – peso médio de fruto; PROD - produção por planta; pH - potencial hidrogeniônico; ATT - acidez titulável total; SS - sólidos solúveis; Vit C – vitamina C; AT - açúcares totais.

**Figura 1.** Projeção bidimensional dos escores dos dois componentes principais para o fator estratégias de irrigação (E) e concentrações de ácido ascórbico via foliar (C).



Desta forma, a aplicação de ácido ascórbico contribuiu para a melhoria dos parâmetros produtivos e de qualidade do maracujazeiro-azedo, visto que esse composto fortalece o sistema de defesa antioxidante, potencializando a atividade da ascorbato peroxidase, além de atuar como doador de elétrons, o que reduz a produção de espécies reativas de oxigênio e permite a manutenção da atividade metabólica da planta (Akram et al., 2017), essa normalmente afetada em condições de déficit hídrico (Janků et al., 2019; Khazaei & Estaji, 2020), e, por consequência, favoreceu a translocação de fotoassimilados aos frutos, processo que também é reduzido pelos danos metabólicos do estresse (Gaafar et al., 2020).

É notável que benefícios também foram observados nas plantas sob condições normais de cultivo (E1). Tal fato pode estar relacionado à alta regulação antioxidante promovida pelo AsA, que atenua os danos fotoquímicos decorrentes de outros estresses da região semiárida, como as elevadas temperaturas e a baixa umidade do ar (Wu et al., 2021).

## CONCLUSÕES

A aplicação foliar de ácido ascórbico contribuiu para ampliar variáveis de produção e qualidade do fruto do maracujazeiro-azedo nas plantas sob estratégia de irrigação com déficit hídrico e nas plantas sob irrigação plena durante todo o ciclo.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKRAM, N. A.; SHAFIQ, F.; ASHRAF, M. Ascorbic acid-a potential oxidant scavenger and its role in plant development and abiotic stress tolerance. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, e613, 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 9.ed. Viçosa, MG: Ed. UFV. 2019. 545p.

BISWAS, S.; MISHRA, R.; BIST, A. S. Passion to profession: A review of passion fruit processing. **Aptisi Transactions on Technopreneurship**, v. 3, p. 48-57, 2021.

GAAFAR, A. A.; ALI, S. I.; EL-SHAWADFY, M. A.; SALAMA, Z. A.; SEKARA, A.; ULRICHS, C.; ABDELHAMID, M. T. Ascorbic acid induces the increase of secondary metabolites, antioxidant activity, growth, and productivity of the common bean under water stress conditions. **Plants**, v. 9, p. 627, 2020.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4th ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 2008. 1020p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal 2023**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 02 de jul. 2025.

JANKŮ, M.; LUHOVÁ, L.; PETŘIVALSKÝ, M. On the origin and fate of reactive oxygen species in plant cell compartments. **Antioxidants**, v. 8, p. 1 -15, 2019.

KHAZAEI, Z.; ESTAJI, A. Effect of foliar application of ascorbic acid on sweet pepper (*Capsicum annuum*) plants under drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 42, p. 1-12, 2020.

MORAIS, R. R.; MACÊDO, J. P. S.; CAVALCANTE, L. F.; LOBO, J. T.; SOUTO, A. G. L.; MESQUITA, E. F. Arranjo espacial e poda na produção e qualidade química de maracujá irrigado com água salina. **Irriga**, v. 25, p. 549-561, 2020.

PEREIRA, L. S. Water. Agriculture and food: challenges and issues. **Water Resources Management**, v. 31, p. 2985-2999, 2017.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2017.

WU, Y.; YAN, S.; FAN, J.; ZHANG, F.; XIANG, Y.; ZHENG, J.; GUO, J. Responses of growth, fruit yield, quality and water productivity of greenhouse tomato to deficit drip irrigation. **Scientia Horticulturae**, v. 275, p. 109710-109720, 2021.