

PRODUÇÃO E USO DA ÁGUA NO CALÁDIO FERTIRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DO PROCESSAMENTO DO AÇAÍ NA REGIÃO AMAZÔNICA

RAFAELA FERREIRA CARVALHO¹; FERNANDA LAMEDE FERREIRA DE JESUS²; ADRIANO BICIONI PACHECO³; JHENIFER COSTA DE OLIVEIRA⁴; ARTHUR CARNIATO SANCHES⁵ E CRISTIANE FERNANDES LISBOA⁶

¹ Graduanda, Universidade Federal Rural da Amazônia –UFRA campus Tomé-Açu, Rodovia PA- 451, Km-03, Bairro Açaizal, CEP: 68.680-000, Tomé-Açu – Pará, Brasil, e-mail: rafacarvalho724@gmail.com

² Docente, Universidade Federal Rural da Amazônia –UFRA campus Tomé-Açu, Rodovia PA- 451, Km-03, Bairro Açaizal, CEP: 68.680-000, Tomé-Açu – Pará, Brasil e e-mail: fernanda.lamede@ufra.edu.br

³ Técnico, Universidade Federal Rural da Amazônia –UFRA campus Tomé-Açu, Rodovia PA- 451, Km-03, Bairro Açaizal, CEP: 68.680-000, Tomé-Açu – Pará, Brasil e e-mail: ad.bicionipacheco@gmail.com

⁴ Graduanda, Universidade Federal Rural da Amazônia –UFRA campus Tomé-Açu, Rodovia PA- 451, Km-03, Bairro Açaizal, CEP: 68.680-000, Tomé-Açu – Pará, Brasil e e-mail: jheniferoliveiraufra@gmail.com

⁵ Docente, Universidade Federal da Grande Dourados –UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias, Rodovia Dourados/Itahum, Km 12 - Unidade II, CEP: 79.804-970, Dourados – Mato Grosso do Sul, Brasil, e-mail: arthursanches@ufgd.edu.br

⁶ Docente, Universidade Federal Rural da Amazônia –UFRA campus Tomé-Açu, Rodovia PA- 451, Km-03, Bairro Açaizal, CEP: 68.680-000, Tomé-Açu – Pará, Brasil e e-mail: cflisboa.engenharia@gmail.com

1 RESUMO

No estado do Pará o fruto açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é um dos principais alimentos consumido pela população, sendo a região indicada como a maior produtora e consumidora de açaí do país. O processo de despulpamento do açaí gera uma água residuária rica em nutrientes a qual pode ser reutilizada na agricultura. O trabalho avaliou as condições hídricas do *Caladium* sp. sob diferentes diluições da água residuária do açaí no município de Tomé-Açu, Pará. O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal Rural da Amazônia. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições e 13 tratamentos fracionados, com variação de bulbos (1, 2, 3, 4 e 6) e porcentagens de água residuária (0, 25, 50 e 100%). Foi utilizado um sistema de fertirrigação por gotejamento e as condições hídricas foram avaliadas por meio do índice de estresse hídrico, consumo e eficiência do uso de água residuária pela cultura. O uso da água residuária do processamento do açaí utilizada para a fertirrigação apresentou maiores benefícios para os parâmetros estudados nas porcentagens de 0, 25 e 50% e com variação de bulbos de 3, 4 e 6 para o cultivo do caládio.

Palavras-chave: *Euterpe oleracea* Mart., *Caladium* sp., irrigação por gotejamento.

CARVARLHO, R. F.; JESUS, F. L. F.; OLIVEIRA, J. C.; PACHECO, A. B.; SANCHES, A. C.; LISBOA, C. F.

WATER PRODUCTION AND USE IN THE CALADIUM FERTIRRIGED WITH WASTEWATER FROM AÇAÍ PROCESSING IN THE AMAZON REGION

2 ABSTRACT

In the state of Pará, the açai fruit (*Euterpe oleracea* Mart.) is one of the main foods consumed by the population, being the region indicated as the largest producer and consumer of açai in the country. The açai pulping process generates a nutrient-rich wastewater that can be reused in agriculture. The present work evaluated the water conditions of *Caladium* sp. under different dilutions of açai wastewater in the municipality of Tomé-Açu, Pará. The experiment was conducted at the campus of the Rural Federal University of Amazônia. The experimental design was completely randomized (DIC) with four replications and 13 fractional treatments, with variation of bulbs (1, 2, 3, 4, and 6) and percentages of wastewater (0, 25, 50, and 100%). A drip fertigation system was used and the water conditions were evaluated through the water stress index, consumption, and efficiency of wastewater use by the crop. The use of wastewater from the processing of açai used for fertigation showed greater benefits for the parameters studied in the percentages of 0, 25, and 50% and with the variation of bulbs of 3, 4, and 6 for the cultivation of caladium.

Keywords: *Euterpe oleracea* Mart., *Caladium* sp., drip irrigation.

3 INTRODUÇÃO

O Vale do Acará, situado no nordeste paraense, possui uma grande diversidade de culturas vegetais com a produção do agronegócio baseada nas culturas encontradas na região, como o fruto do açai (*Euterpe oleracea* Mart.). Essa frutífera é muito difundida, podendo ser encontrada em todo o estado, logo, encontra-se um elevado número de locais comerciais que realizam o processamento do açai.

O açai é uma cultura de ciclo anual, seu período de maiores safras acontece entre os meses de outubro e novembro (safra do verão) e o de menores safras de junho a dezembro (safra do inverno), nos meses de janeiro, fevereiro e junho, dar-se o período da entressafra do açai (HOMMA *et al.*, 2006).

Durante o processamento do fruto do açazeiro, é produzido água residuária, a qual é descartada, muitas vezes, de forma inadequada, ocasionando poluição ao corpo receptor (SOARES; CRUZ; SILVA, 2019). Destaca-se que o estado do Pará não apresenta legislações próprias vigentes sobre o lançamento de efluentes em corpos hídricos (MORAIS; SANTOS, 2019). As

águas residuárias podem ser resultantes da combinação de efluentes domésticos, de estabelecimentos comerciais e institucionais, despejos industriais e águas pluviais oriundas da drenagem urbana, assim como de efluentes provenientes de atividades agropecuárias (VAN HAANDEL; VAN DER LUBBE, 2012).

Devido ao impacto causado no meio ambiente pela disposição inadequada de água residuária, medidas alternativas e mitigadoras estão sendo adotadas visando o reúso dessas águas. Uma das alternativas é a sua utilização na agricultura, uma vez que essas águas possuem nutrientes (N, NA, P, Ca, K, Mg, B e Cl), os quais são imprescindíveis para o desenvolvimento das culturas (CHEN *et al.*, 2013; PEDRERO *et al.*, 2010), sobretudo a cultura do caládio. Segundo Jesus *et al.* (2020), as águas residuárias para a finalidade de irrigação oferecem benefícios na produção agrícola, todavia são necessárias medidas cautelosas para seu reúso.

Diversas culturas têm sido alvo de pesquisas utilizando água residuária de origem agroindustrial para o cultivo de diversas espécies por meio da fertirrigação. Bezerra *et al.* (2019), ao utilizarem água

residuária de mandioca (*Manihot esculenta*) no cultivo de capim-marandu (*Urochloa brizantha*), observaram o aumento do pH e das concentrações de K e P no solo (profundidade de 10 a 20 cm). Tais resultados também foram observados no estudo de Sena; Ferreira; Silva (2020), que ao observar as mudanças dos atributos químicos do solo após a aplicação de água residuária, constataram o aumento do pH e das concentrações de K e P na profundidade de 0 a 20 cm. O reúso de efluentes com adição de fertilizantes vem apresentando formas de substituição da água em estabelecimentos convencionais de cultivo hidropônico de gladiolos (BIZARI *et al.*, 2018).

Uma cultura estratégica para o reúso das águas residuárias do processamento do açaí no Vale do Acaraú poderá ser o caládio (*Caladium* spp.), por ela apresentar valor comercial e ser uma planta ornamental. Essa cultura é popularmente conhecida como tinhorão (GERON, 2014), Taiá ou Coração-de-Jesus, encontra-se presente na família da Araceae, possui um ciclo de vida perene, considerada uma espécie bulbosa, sua origem é brasileira, estando presente em quase toda América do Sul e Central (SANTOS, 2011).

Além disso, Horsfall e Spiff (2004), ao estudarem o desenvolvimento agrônomo da cultura *Caladium bicolor* como agente na remoção de poluentes catiônicos em águas residuárias, concluíram que essa cultura é um ótimo biossorvente para a redução de metais pesados em águas contaminadas, podendo atuar como adsorvo alternativo aos meios convencionais. Já Sánchez *et al.* (2015), estudando a mesma cultura sob diferentes doses de água residuária de irrigação, observaram que a fertirrigação com água residuária influenciou positivamente na concentração de amido localizado no tubérculo nos diferentes estágios fisiológicos e na concentração de proteína. Tais resultados foram corroborados por Cuong e Loan

(2017), os quais também estudaram o desempenho do *Caladium bicolor* sobre tratamentos irrigados com água residuária em terras úmidas, constatando um crescimento mais rápido (broto e raízes) e uma alta eficiência para os tratamentos submetidos à fertirrigação com água residuária.

Com a vasta gama de pequenos agricultores residentes no Vale do Acaraú, o cultivo de *Caladium* apresentaria uma oportunidade de renda extra, já que sua comercialização é valorizada nessa região, podendo a produção ser escoada para comércios locais. Com o decorrer dos anos, o mercado de plantas e flores ornamentais vem aumentando gradativamente, em 2013, as vendas alcançaram um total de R\$ 4,8 bilhões e seu Valor Bruto da Produção (VPB), que representa o valor efetivamente recebido pelos produtores, atingiu, em 2012, R\$ 1,37 bilhões (JUNQUEIRA; PEETZ, 2013).

A utilização da água residuária do processamento do açaí para o uso de na fertirrigação viabiliza o descarte desse efluente corretamente, promovendo assim, a preservação de recursos hídricos, uma redução no custo de produção do caládio e conhecimentos diversificados.

O presente trabalho avaliou as condições hídricas no cultivo do *Caladium* sp. sob diluições da água residuária proveniente do processamento do fruto do açaizeiro e diferentes variações de bulbos em vaso na região de Tomé-Açu, nordeste paraense.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre 12/01/2021 e 01/03/2021 na Universidade Federal Rural da Amazônia no Campus de Tomé-Açu (2° 24' 08'' S e 48° 09' 59'' W), localizado na Microrregião Nordeste Paraense (SANTOS *et al.*, 2019). O clima da região, segundo a classificação

de Köppen-Geiger, é mesotérmico e úmido, do tipo Ami, com umidade relativa do ar em torno de 85% e temperatura média anual de 26°C (SANTOS *et al.*, 2019).

O caládio foi cultivado em ambiente protegido, cuja cobertura foi revestida com polietileno transparente com espessura de 150 micras e sombrite (sombreamento de 50%) para evitar a interferência da precipitação pluvial.

Para a implantação da cultura nos vasos, foram utilizados bulbos de caládios

coletados em um sistema agroflorestal, todos com tamanhos semelhantes, visando manter a homogeneidade. Após a coleta, os bulbos foram cultivados em vasos de número 14 com aproximadamente 1 dm³ de volume com substratos que foram coletados em uma composteira de agricultura familiar. As características físicas e química do substrato são apresentadas na Tabela 1, juntamente com a análise da água residuária coletada em estabelecimentos localizados nos arredores de Tomé-Açu.

Tabela 1. Caracterização física e química do substrato, da água e da água residuária do açaí utilizados no cultivo do caládio, Tomé-Açu – Pará, 2021.

CARACTERIZAÇÃO DO SOLO												
Areia	silte		Argila			SOLO ARENOSO						
----- (%) -----												
58	8		34									
pH	Al	Ca	Mg	K	P	H+Al	T	t	V	m	MO	
CaCl ₂	(cmol _c /dm ³)			(mg/dm ³)			(cmol _c dm ⁻³)			(%)		
3.8	0,70	0.2	0.1	0.08	20.0	6,1	6,48	1,08	5,86	35,19	2.3	
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS												
Fonte de água	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	
----- mg L ⁻¹ -----												
Natural	11,8	0,2	8,0	25,7	29,4	2,6	0,01	4,1	0,1	0,1	10	
Residuária	86,6	14,0	172,0	7,2	1,9	69,2	0,01	0,93	0,6	0,04	100,0	
Fonte de água	pH		CE			RAS			SST			
-----		----- μS cm ⁻¹ -----			-----			----- ppm -----				
Natural	6,93		101,5			1,1			50,0			
Residuária	5,56		904,3			11,7			451,7			

Al: Alumínio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; K: Potássio; P: Fósforo; N: Nitrogênio; S: Enxofre; Fe: Ferro; S: Enxofre; Cu: Cobre; Mn: Manganês; Zn: Zinco; Na: Sódio; H+Al: Acidez potencial; T: Capacidade de Troca Catiônica (CTC) a pH 7,0; t: CTC efetiva; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; MO: matéria orgânica; CE: Condutividade elétrica; RAS: Relação de adsorção de sódio; SST: Sólidos suspensos totais.

A água residuária foi coletada em estabelecimentos de venda de açaí localizados no município de Tomé-Açu, as características químicas da água natural (água de abastecimento urbano) e residuária estão apresentadas na Tabela 1.

Os valores da relação de adsorção de sódio (RAS) foram calculados por meio da Equação 1.

$$RAS = \frac{N}{\sqrt{\frac{C+M}{2}}} \quad (1)$$

Em que:

Na = Teor de sódio na água, mmol_c L⁻¹;

Ca = Teor de cálcio na água, mmol_c L⁻¹; e

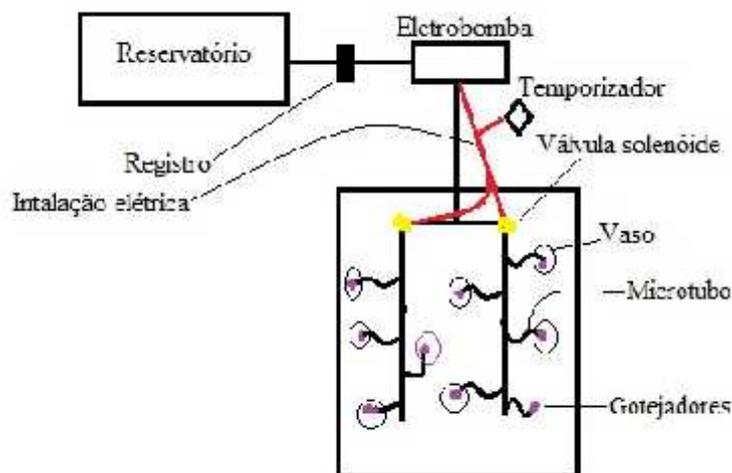
Mg = Teor de magnésio na água, mmol_c L⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial de 5x5 fracionado, sendo os fatores, cinco quantidades de bulbos no plantio (1, 2, 3, 4 e 6 bulbos por vaso) e cinco porcentagens de água residuária para fertirrigação (0, 25, 50, 75 e 100%), com quatro repetições, totalizando

52 unidades experimentais. O fracionamento foi feito com base no composto central adaptado de Littell e Mott (1975), que reduz os tratamentos do esquema fatorial convencional de 25 para 13 tratamentos, os quais apresentaram as seguintes combinações (nº bulbos - % de água residuária): 1-0, 1-50, 1-100, 3-20, 3-60, 5-0, 5-40, 5-80, 7-20, 7-60, 9-0, 9-40, 9-80.

Foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento independente para cada tratamento com a água residuária, composto por um reservatório de 100 dm³ para cada diluição de água estudada, uma eletrobomba de 2,9 mca, tubulações de policloreto de vinila (PVC) para as linhas principais, de derivação e laterais e acessórios, um retorno para o reservatório do excedente da vazão, microtubos, gotejadores reguláveis com vazão média de 0,3 dm³ h⁻¹ (Figura 1).

Figura 1. Esquema da fertirrigação da área experimental.



Os sistemas de irrigação foram avaliados quanto ao Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e a

Uniformidade de Emissão (UE) conforme a metodologia descrita por Frizzone *et al.* (2012) (Tabela 2).

Tabela 2. Valores obtidos no ensaio de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e a Uniformidade de Emissão (UE).

(% Diluição)	0	25	50	75	100
CUC	89,61	92,97	90,23	92,52	88,85
UE	81,82	90,81	84,08	82,24	81,85

Os valores de CUC e a UE apresentaram alta eficiência para o sistema de fertirrigação, visto que Frizzone *et al.* (2012) recomendam que o projeto de microirrigação possua um UE e CUC acima de 80%.

Três vasos foram preenchidos com o substrato e pesados, logo após, adicionou-se água para que a mesma saturasse o solo por capilaridade, aguardou-se a drenagem da

água, ao cessar a drenagem, os vasos foram novamente pesados e por essa diferença obteve-se a capacidade de campo do vaso (CASAROLI; LIER, 2008; BONFIM-SILVA *et al.*, 2011).

Para a manutenção da capacidade máxima de retenção de água, foi calculado que os vasos com plantas deveriam pesar 1.054g. Durante o experimento, os vasos eram pesados e para os que não alcançavam

esse valor, eram adicionadas as diluições respectivas de seus tratamentos.

Durante a irrigação da cultura, seu consumo hídrico foi analisado por meio da relação entre a água evapotranspirada e a evaporação potencial.

O sistema de irrigação era automatizado, com uso de temporizador e válvulas solenoides, com rega diária e lâmina fixa. Todavia, a umidade nos vasos foi corrigida pelo método gravimétrico quatro vezes durante o desenvolvimento da pesquisa (02/02/2021, 10/02/2021, 15/02/2021 e 27/02/2021).

O manejo da fertirrigação foi realizado uma vez ao dia, com lâmina fixa para manter a umidade do substrato próxima de 80% da sua capacidade máxima de retenção de água. Os tratamentos com água residuária tiveram início a partir do plantio até o 40º dia após o plantio.

A água residuária do processamento do açaí armazenada foi monitorada periodicamente em relação ao seu valor de pH, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais (SDT) (Tabela 3) com auxílio de um pHmetro de bancada modelo mPA-210 da marca MS Tecnopon® e de uma sonda digital TDS®.

Tabela 3. Valores de pH, condutividade elétrica (CE) e sólidos dissolvidos totais (SDT) da água residuária proveniente do processamento de açaí.

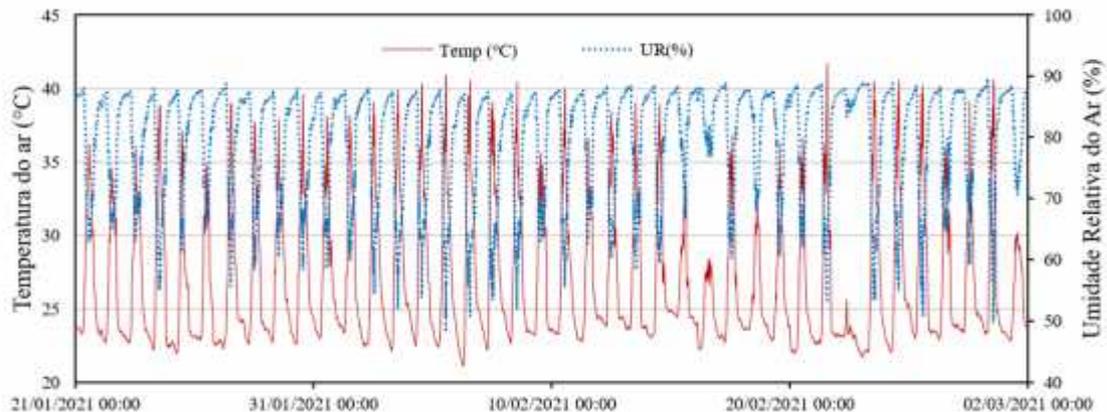
Diluições	pH			CE (µS/cm)			SDT (ppm)		
	26/01	05/02	15/02	26/01	05/02	15/02	26/01	05/02	15/02
0	7,05	6,95	6,97	97	102	102	48	51	49
25	5,12	5,26	6,18	341	315	326	172	156	160
50	4,98	4,9	6,22	540	518	527	270	258	264
75	4,74	4,46	5,75	649	623	687	327	312	343
100	4,77	4,9	6,09	914	883	986	455	444	493

Os parâmetros acima analisados são de suma importância, pois permitem a obtenção de informações sobre a qualidade da água de irrigação (AYERS; WESTCOT, 1976). Os valores de pH muito altos podem causar corrosão, quando muito baixos, provocam problemas de incrustações nas tubulações, como resultado da precipitação química (LIBÂNIO, 2005), com relação à CE, é um parâmetro empregado para se observar o nível de salinidade (RIBEIRO; MAIA, MEDEIROS, 2005), já o SDT é utilizado para se observar a formação de biofilmes, que podem ocasionar a obstrução dos emissores dos gotejadores (SILVA *et al.*, 2013).

Aos 35 dias após o transplante dos bulbos, na faixa horária de 11:50-13:00h,

com o auxílio de um termômetro infravermelho digital tipo industrial da marca GOLD-PRO®, determinou-se a temperatura foliar. Foram selecionadas duas folhas de cada vaso, sendo uma localizada na parte superior e a outra na parte inferior da planta, a cada 10 vasos, foi obtida a temperatura do ar do ambiente e os dados foram armazenados com auxílio de um termo-higrômetro (Bside, modelo: BTH01) instalado na estufa que e foi programado para salvar uma leitura a cada dez minutos. Foi calculada a temperatura ambiente média (Figura 2), e a partir desses valores foi determinado o índice de estresse hídrico da cultura.

Figura 2. Temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental, Tomé-Açu, PA, 2021.



O índice utilizado na determinação do estresse hídrico das culturas pela temperatura da folha é o índice de estresse hídrico da cultura (*Crop Water Stress Index* - CWSI). Para o cálculo do CWSI, foi utilizada a metodologia descrita por Jackson *et al.* (1981), conforme a Equação 2.

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_L}{(T_c - T_a)_L - (T_c - T_a)_S} \quad (2)$$

Em que:

CWSI = Índice de estresse hídrico da cultura.

T_c = Temperatura das folhas da cultura, °C.

T_a = Temperatura média do ar, °C.

$(T_c - T_a)_{LBI}$ = Linha base de temperatura inferior, correspondente a diferença entre a temperatura do ar e da cultura sem estresse hídrico, °C; e

$(T_c - T_a)_{LBS}$ = Linha base de temperatura superior, correspondente a diferença entre a temperatura do ar e quando a resistência para a perda de água do dossel aumenta sem ou correspondente a temperatura da superfície seca, °C.

Após a colheita, realizou-se a separação botânica, distinguindo-se folhas, pecíolo, raízes, limbos e bulbos. Após esse procedimento, os materiais foram acondicionados em sacos de papel em seguida, eles foram colocados em estufa de ventilação forçada a 75 °C para secagem até

obter-se sua massa constante, em sequência, as plantas foram pesadas em uma balança digital modelo I-2000 da marca Latinmax[®], e então, foram determinadas a massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSisRad).

Com os resultados obtidos da massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca do sistema radicular (MSSisRa) e massa fresca do sistema radicular (MFSisRad), as porcentagens de água da parte aérea (PorcAPA), do sistema radicular (PorcASR) e da matéria seca da parte aérea (PorcmsPA) foram calculadas conforme as Equações 3, 4 e 5, respectivamente.

•Porcentagens de água da parte aérea (PorcAPA)

$$PorcAPA = (M - MSPA) * \frac{1}{M} \quad (3)$$

•Porcentagens de água do sistema radicular (PorcASR)

$$PorcASR = \frac{(M - M_{*1})}{M} \quad (4)$$

•Porcentagem de matéria seca da parte aérea (PorcmsPA)

$$PorcmsPA = M * \frac{1}{M} \quad (5)$$

A eficiência do uso da água (EUA) foi calculada como a razão entre a produção de massa seca da parte aérea (g vaso^{-1}) e o consumo de água residuária ($\text{dm}^3 \text{ vaso}^{-1}$) da cultura, exemplificada na equação abaixo:

$$\text{EUA} = \frac{M}{c} \quad (6)$$

Em que:

MSPA = Massa seca da parte aérea; e

CARes = Consumo de água residuária pela cultura.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente com o auxílio do

software *SISVAR*[®] v.5.7 (FERREIRA, 2011), com testes ao nível de 5, 1 e 0,1% de probabilidade, nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resumo da análise de variância

As variáveis analisadas apresentaram níveis de significância diferentes para os fatores nº de bulbos, água residuária e a sua interação (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância (ANOVA) e coeficiente de variação por variável (c.v.).

FV	Nº Bulbos (B)	Água residuária (A)		B*A	c.v. (%)
		Quadrado Médio			
CWSI	0,01 ^{ns}	0,07***	0,002 ^{ns}	21,67	
MFPA	693,92***	352,82***	67,45 ^{ns}	32,38	
MSPA	6,35***	4,07***	0,66 ^{ns}	30,14	
MSsisRad	94,8***	13,15***	0,01 ^{ns}	23,8	
PorcAPA	2,37**	5,31***	0,01 ^{ns}	0,77	
PorcmsPA	2,38**	5,31***	0,01 ^{ns}	7,84	
PorcASR	47,84***	20,49**	0,01 ^{ns}	2,43	
CARes	0,26*	0,38**	0,18 ^{ns}	11,14	
EUA	0,71***	0,44***	0,01 ^{ns}	29,3	

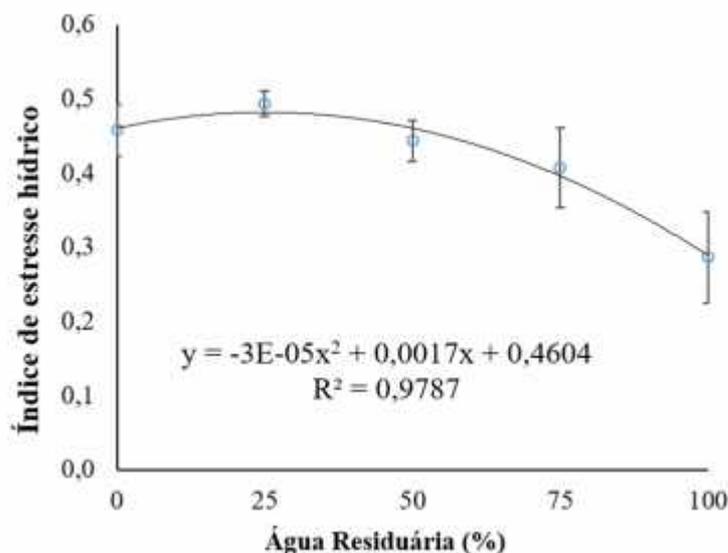
*** significativo ao nível de 0,1% de probabilidade ($p > 0,01$), ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 = p < 0,05$) e ns não significativo ($p \geq 0,05$). FV: Fonte de variações, MFPA: Massa fresca da parte aérea, MSPA: Massa seca da parte aérea, MSsisRad: Massa seca do sistema radicular, PorcAPA: Porcentagem de água da parte aérea, PorcmsPA: Porcentagem de matéria seca da parte aérea, PorcASR: Porcentagem de água do sistema radicular, CARes: Consumo de água Residuária, CWSI: Índice de estresse hídrico e EUA: Eficiência no uso da água.

Observa-se que todas as variáveis analisadas da cultura do caládio apresentaram diferenças significativas isoladas para ambos os fatores: densidade de bulbos no plantio (nº de bulbos) e porcentagem de água residuária na fertirrigação (água residuária); exceto para a variável índice de estresse hídrico da cultura (CWSI), que apresentou significância

somente para a porcentagem de água residuária (Tabela 4).

5.2 Índice de estresse hídrico (CWSI)

O índice de estresse hídrico da cultura apresentou diferença significativa para o fator água residuária, seguindo o modelo quadrático de regressão (Figura 3).

Figura 3. Modelo de regressão quadrático para o índice de estresse hídrico (CWSI).

O ponto máximo de estresse hídrico foi observado na água residuária de 25% (Figura 3), alcançando os valores mínimo e máximo para o CWSI de 0,4498 e 0,4842, respectivamente. Vale salientar que o estresse hídrico ocorrido, afeta principalmente o consumo de água e a produção de fitomassa. Nesse sentido, o estresse hídrico pode influenciar vários processos das plantas, dentre eles, destacam-se o potencial de água e a temperatura do dossel, por isso essas identificações têm sido utilizadas como ferramentas úteis na caracterização do estado hídrico das culturas (FERNANDES; TURCO, 2001).

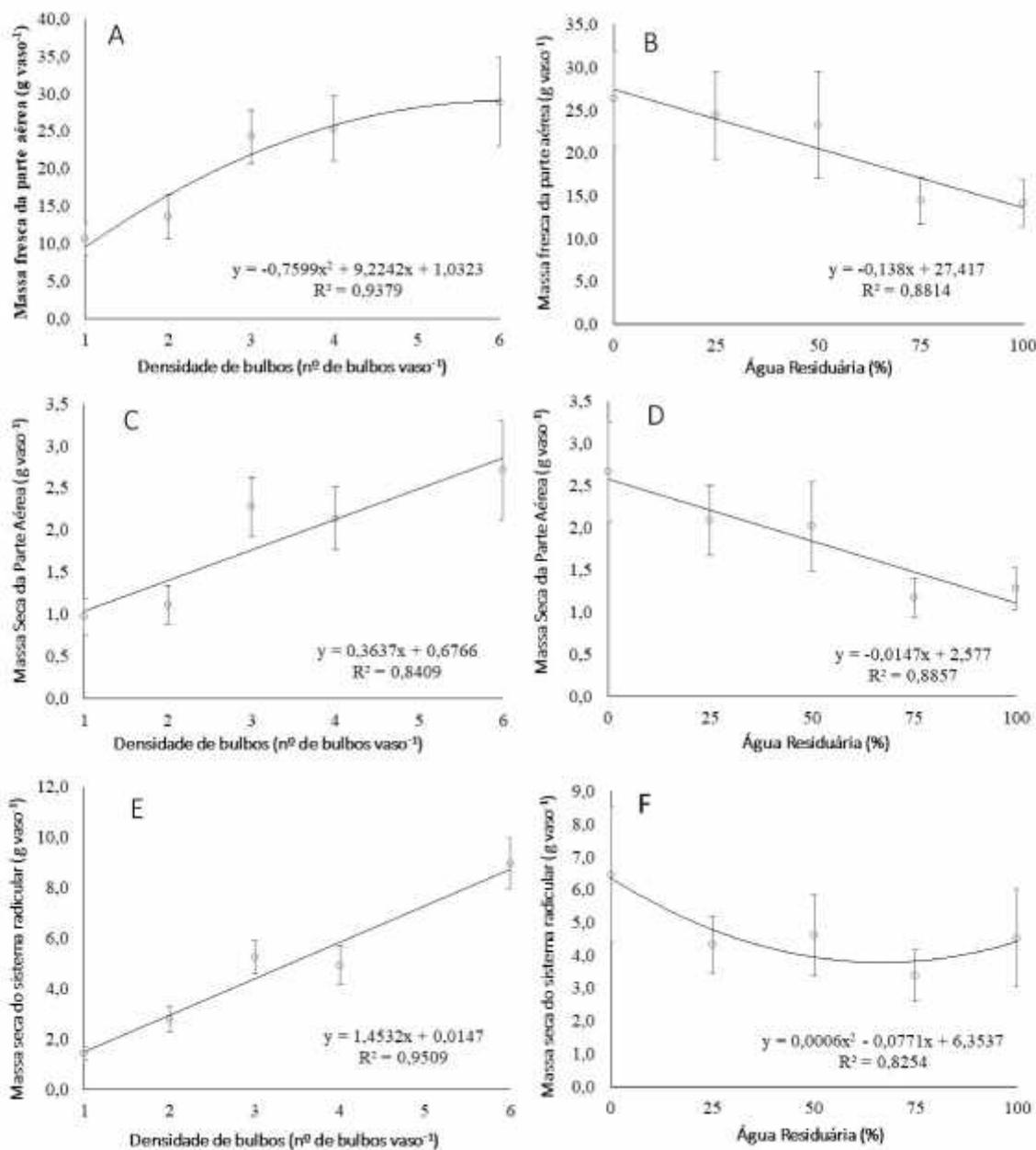
De acordo com Jackson *et al.* (1981), as condições de desenvolvimento do vegetal são consideradas adequadas quando o índice de estresse hídrico da cultura corresponde a $0,2 \leq \text{CWSI} < 0,4$ e razoável quando $0,1 \leq \text{CWSI} < 0,6$. Desta forma, valores de CWSI variam de forma proporcional ao déficit de umidade no solo. Conforme observado neste estudo, esse índice denotou um desenvolvimento adequado na água residuária de 50, 75 e 100% (Figura 3), e nos demais momentos, as condições de desenvolvimento do caládio foram consideradas razoáveis.

Segundo Fageria (1989), em situações de estresse hídrico, os vegetais buscam alternativas para diminuir o consumo de água, reduzindo, principalmente, sua transpiração, diminuindo sua área foliar. Souza *et al.* (2019) relatam que o estresse hídrico também proporciona redução na fitomassa seca das folhas. Jones *et al.* (1997) concluem que o uso do CWSI pode ser conveniente à indicação da necessidade de irrigação, apesar de ser menos adaptado em se dizer a quantidade de água necessária.

5.3 Matéria fresca e seca

A análise de variância apresentou diferença significativa para os fatores densidade de bulbos e água residuária. Para o fator densidade de bulbos, as variáveis massa seca da parte aérea e do sistema radicular apresentaram ajuste ao modelo linear de regressão crescente (Figura 4, gráficos C e E). Enquanto, a variável massa fresca da parte aérea ajustou-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 4A), alcançando a máxima eficiência de produção no cultivo com variação de 6 bulbos (29,02 g vaso⁻¹) e a mínima produção (9,49 g vaso⁻¹) no cultivo contendo 1 bulbo.

Figura 4. Valores médios para massa fresca da parte aérea (gráficos A e B), massa seca da parte aérea (gráficos C e D) e massa seca do sistema radicular (gráficos E e F) em relação aos fatores densidade de bulbos e água residuária (%) do processamento do açaí, Tomé-Açu, PA.



Para essas variáveis, a elevada produção de fitomassa se dá ao maior número de bulbos implantados, e consequentemente, com maior massa seca das raízes. As raízes tuberosas, tal como a do caládio, exercem grande importância no desenvolvimento vegetal devido ao fato de transportarem e absorverem nutrientes, proporcionando assim, em determinado

tempo, uma maior produção de massa por área.

Em estudo com batata doce, objetivando estudar a absorção de nutrientes e a distribuição da massa fresca e seca, Echer; Dominato; Creste, (2009) confirmaram que as raízes tuberosas exercem grande fonte de exportação de nutrientes. Neste mesmo estudo, os autores

alcançaram uma produção de massa seca de 6.290 Kg ha⁻¹.

Com o plantio de populações menores se produz, geralmente, baixos rendimentos de MSPA (Figura 4A), MFPA (Figura 4C) e MSsisRad (Figura 4E). Em contrapartida, observa-se o aumento proporcional das densidades de bulbos em relação à MSPA (Figura 4A), MFPA (Figura 4C) e MSsisRad (Figura 4E). No entanto, Resende e Costa (2006) destacam que em cultivos com elevado número de plantas, ocorre uma redução na produção de bulbos, com diminuição de tamanho e a ocorrência de desuniformidades. Tal fator não foi evidenciado nesta pesquisa, sugerindo que o valor máximo de bulbos cultivados em vaso não foi alcançado para que essa redução na produção fosse notada.

Ao observarmos o fator água residuária do processamento do açaí no cultivo do caládio, verifica-se que as variáveis MFPA e MSPA apresentaram ajuste ao modelo linear de regressão decrescente (Figura 4, gráficos B e D), sugerindo que a produção do caládio é diminuída proporcionalmente ao aumento da concentração da água residuária.

A relação da MSsisRad com a água residuária foi ajustada ao modelo quadrático de regressão, no qual a maior e menor produção, com 0 e 50% de água residuária, foram 6,35 g vaso⁻¹ e 3,35 g vaso⁻¹, respectivamente, indicando que a água natural (água de abastecimento) apresentou o melhor desempenho na produção dessa variável.

Maiores produções de MFPA (2,66; 2,09 e 2,02 g vaso⁻¹) e MSPA (26,38; 24,37 e 23,29 g vaso⁻¹) foram observadas, respectivamente, nas diluições de 0, 25 e 50% de água residuária, indicando a influência da maior concentração de água residuária do processamento do açaí na redução da produção do caládio, desta forma, uma baixa concentração de água residuária, até 50%, não causou grandes prejuízos ao desenvolvimento da cultura.

A redução da produção sob maiores porcentagens de diluições e sob o uso de 100% da água residuária pode ser explicada pelo valor da relação de adsorção de sódio da água residuária (11,7), que foi muito superior ao da água de abastecimento (1,1) (Tabela 1), o que resultou em alterações químicas na água e nos agregados do solo, dificultando a percolação da água no solo.

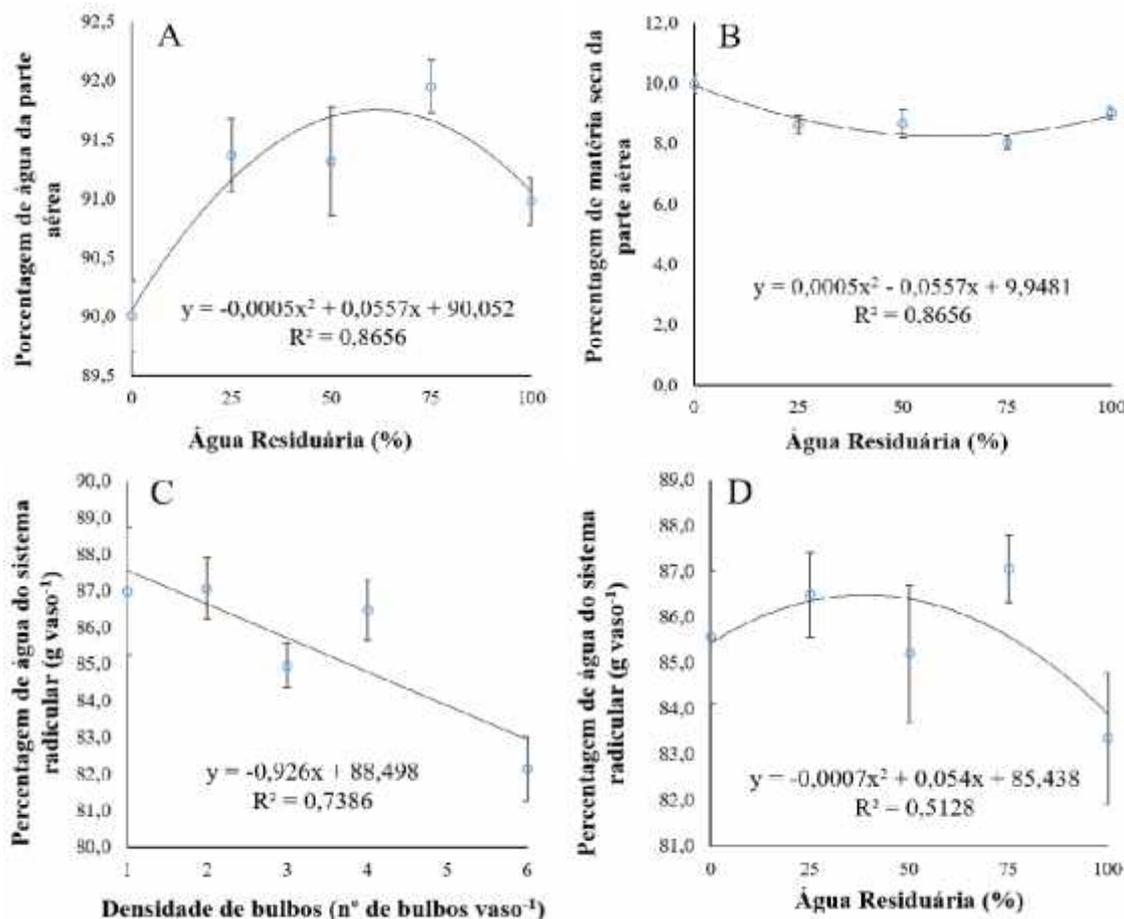
Segundo Telles e Costa (2010), os teores de sais e de sódio com relação aos teores de cálcio e magnésio podem comprometer a infiltração da água no solo. Silva (2018) destaca que a capacidade de infiltração de água no solo pode diminuir com o acréscimo da razão de adsorção de sódio (RAS) e aumentar com o nível de salinidade presente na mesma. A irrigação com águas com alto teor de sódio pode resultar em solo sódico, levando ao deslocamento do cálcio e o magnésio adsorvidos, resultando na dispersão dos coloides (ALLISON, 1964; FULLER, 1967). Ayers e Westcot (1976) alertam que o principal problema do excesso de sais na água de irrigação se deve à sua deposição no solo, pois os sais podem se acumular no solo a medida em que a água é evaporada ou consumida pelas culturas. Nestas circunstâncias, a Water Research Council (1989) pondera sobre a inviabilização de terras agricultáveis devido à diminuição da produção e morte de plantas sensíveis a sais, provocados pela sodificação do solo. De acordo com os valores apresentados na Tabela 1, ao analisar a água residuária do processamento do açaí para fins de irrigação, ela recebe a classificação C3 S2, e, portanto, de acordo com a classificação de Richards (1954), trata-se de uma água de alta salinidade, não podendo ser usada em solos com drenagem deficiente, por apresentar teor médio de sódio, deve ser utilizada em solos de textura arenosa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade, uma vez que o sódio em solos de textura fina representa perigo.

5.4 Porcentagem de água da parte aérea, matéria seca da parte aérea e sistema radicular

As variáveis porcentagem de água da parte aérea e porcentagem de matéria seca da

parte aérea do sistema radicular apresentaram diferenças significativas para as diluições de água residuária. Os resultados da análise de regressão para essas variáveis podem ser observados na Figura 5.

Figura 5. A) Porcentagem de água da parte aérea e B) Porcentagem de matéria seca da parte aérea em função da água residuária, C) Porcentagem de água do sistema radicular em função da densidade de bulbos e D) da água residuária, Tomé-Açu, PA, 2021.



A regressão quadrática para o fator água residuária nas variáveis porcentagem de água da parte aérea e porcentagem de água no sistema radicular está apresentada na Figura 5, gráficos A e D, respectivamente. A maior PorcAPA foi notada na água residuária de 75%, alcançando 91,47% (Figura 5A), enquanto para a PorcMSPA, o maior valor foi 9,94%, observado na água natural (0%) (Figura 5B). Já a PorcASR (Figura 5D) em relação à água

residuária (%), apresentou valor máximo de 86,38% e mínimo de 83,38%.

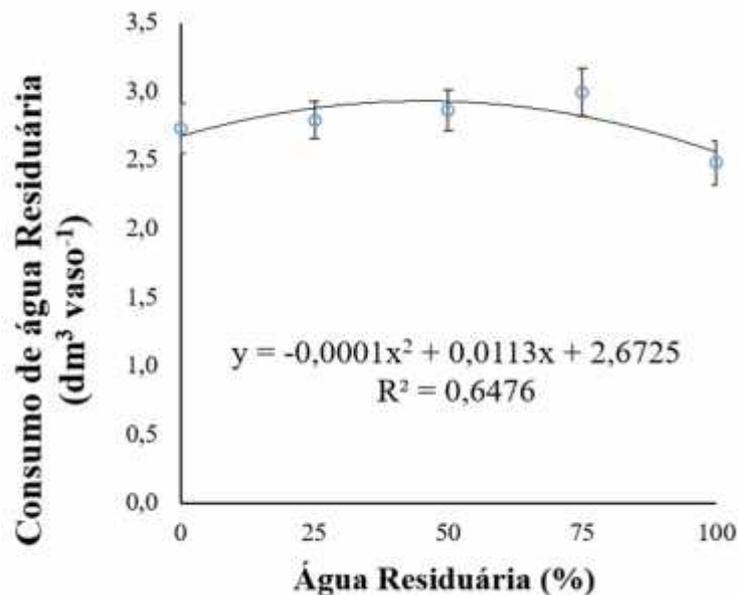
Com o acréscimo no número de bulbos cultivados, a PorcASR sofreu uma redução linear (Figura 5C), o que pode ser explicado pela competição de água e nutrientes entre as plantas. Segundo Castro e Garcia (1996), para acontecer uma competição entre plantas da mesma espécie, é necessária uma suficiente sobreposição dos nichos dos indivíduos envolvidos, de forma que todos utilizem os mesmos recursos.

Rockenbach *et al.* (2018) afirmam que a competição entre plantas também é responsável por alterações no metabolismo secundário das espécies, o que esclareceria este decaimento nas variáveis PorcASR (Figura 5C) e PorcAPA (Figura 5A). De acordo com Nobre *et al.* (2009), a parte aérea da planta cresce até que a absorção de água pelas raízes se torne limitante; inversamente, assim, as raízes crescerão até que sua demanda por fotoassimilados da parte aérea se iguale ao suprimento.

5.5 Consumo de água residuária e eficiência

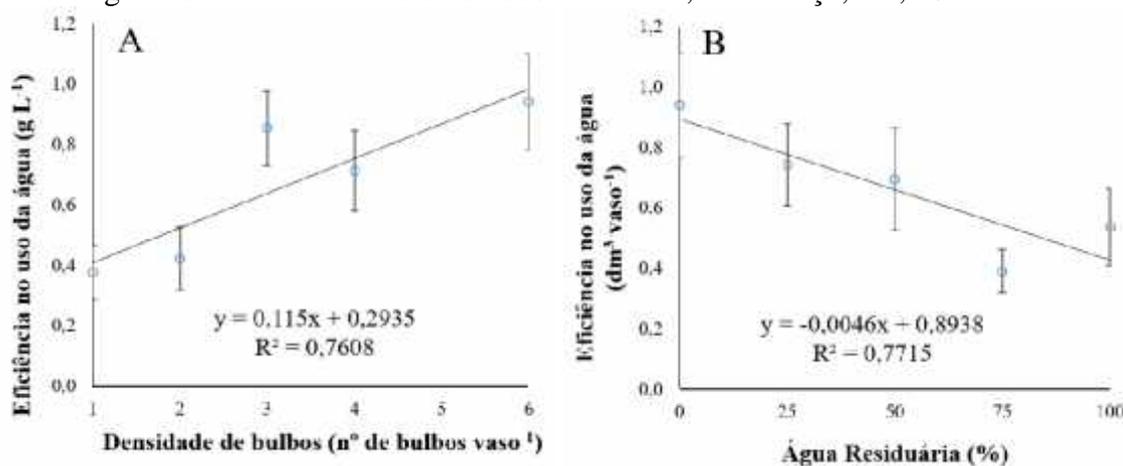
Na Figura 6 está representada a regressão da variável consumo de água residuária (CAREs) para cultura do caládio em função da diluição da água residuária do processamento do açaí. No ponto de diluição de 56,5% de água residuária, houve o maior consumo de água ($3 \text{ dm}^3 \text{ vaso}^{-1}$). Sandri; Matsua; Testezlaf (2007) estudaram o desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. Os autores observaram uma maior porcentagem de plantas com o acréscimo da água residuária.

Figura 6. Consumo de água residuária do processamento do açaí em função da água residuária aplicada (%) por plantas de caládio cultivado em vaso, Tomé-Açu, PA, 2021.



A EUA apresentou diferença significativa para os fatores água residuária e densidade de bulbos (Figura 7).

Figura 7. Eficiência do uso da água residuária do processamento do açaí (EUA) em função da água residuária e número de bulbos de caládio, Tomé-Açu, PA, 2021.



Ao observar a variável água residuária (Figura 7A), nota-se novamente o efeito dessa variável no cultivo do caládio. Segundo Bovi; Spiering; Barbosa (1999), o uso de fertilização inadequada, disponibilizando nutrientes insuficientes ou em excesso, inibe o crescimento em prejuízo a planta alterando os componentes morfológicos e produtivos.

A eficiência do uso da água é um dos parâmetros utilizados para quantificar a produtividade de uma cultura sob determinado volume de água aplicada (LOOMIS, 1983). É notório que as diluições 0, 25 e 50% foram mais eficientes para a cultura em estudo, quando observada a variável densidade de bulbos (Figura 7B).

A eficiência do uso da água atingiu o valor máximo de 0,98 g L⁻¹ quando observada no cultivo do caládio com 6 bulbos por vaso, o menor valor foi observado na presença de 1 bulbo por vaso, 0,40 g L⁻¹ (Figura 7B). Esse resultado pressupõe uma proporcionalidade para essa variável, visto que quanto maior foi o número de bulbos instalados, maior foi o consumo por água, o que evidencia a eficiência da água residuária no plantio.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a utilização de água residuária em conjunto com as variações de bulbos no plantio interfere diretamente no desenvolvimento da cultura do caládio.

A água residuária do processamento do açaí utilizada para a fertirrigação apresentou maiores benefícios para os parâmetros estudados nas porcentagens de 0, 25 e 50% e com variação de bulbos de 3, 4 e 6 para o cultivo do caládio.

7 REFERÊNCIAS

- ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 16, p. 139-178, 1964.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 1976. (Irrigation and drainage paper, 29).
- BEZERRA, M. G. S.; SILVA, G. G.; DIFANTE, G. S.; NETO, J. V. E.; OLIVEIRA, E. M. M.; MORAIS, É. G. Chemical attributes of soil under cassava wastewater application in Marandugrass cultivation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,

Campina Grande, v. 23, n. 8, p. 579-585, 2019.

BIZARI, D. R.; BATTIBUGLI, J. V. F.; CARDOSO, J. C.; GAZAFFI, R.; SOUZA, C. F. Água de reúso no cultivo de gladiolo em sistema hidropônico. **Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 2, p. 286-297, 2018.

BONFIM-SILVA, E. D.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 180-186, 2011.

BOVI, M. L. A.; SPIERING, S. H.; BARBOSA, A. M. M. Densidade radicular de progênies de pupunheira em função de adubação NPK. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 3, p. 186-193, 1999.

CASAROLI, D.; LIER, Q. J. V. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 59-66, 2008.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 167-174, 1996.

CHEN, W.; LU, S.; JIAO, W.; WANG, M.; CHANG, A. C. Reclaimed water: A safe irrigation water source? **Environmental Development**, Beijing, v. 8, n. 1, p. 74-83, 2013.

CUONG, N. X.; LOAN, N. T. Performance evaluation of three native plants for sewage Wastewater treatment in constructed wetland. **International Journal of Environment and Pollution Research**, Raipur, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2017.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre

órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 176-182, 2009.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília, DF: Embrapa; DPU, 1989. (Documento, 18).

FERNANDES, E. J.; TURCO, J. E. P. Utilização do CWSI na determinação de estresse hídrico em cultura de soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 347-355, 2001.

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

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2012.

FULLER, W. H. **Watersoil and crop management, principles for the control of salts**. Tucson: University of Arizona, 1967. (Bulletin, A-23).

GERON, V. L. Plantas ornamentais tóxicas: conhecer para prevenir acidentes domésticos. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, v. 5, n. 1, p. 79-98, 2014.

HOMMA, A. K. O.; NOGUEIRA, O. L.; MENEZES, A. J. E. A.; CARVALHO, J. E. U.; NICOLI, C. M. L.; MATOS, G. B. Açaí: novos desafios e tendências. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, PA, v. 1, n. 2, p. 7-23, 2006.

HORSFALL JÚNIOR, M.; SPIFF, A. I. Ayebaemi I. Studies on the effect of pH on the sorption of Pb²⁺ and Cd²⁺ ions from

- aqueous solutions by *Caladium bicolor* (Wild Cocoyam) biomass. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaíso, v. 7, n. 3, p. 14-15, 2004.
- JACKSON, R. D.; IDSO, S. B.; REGINATO, R. J.; PINTER JÚNIOR, P. J. Canopy temperature as a crop water stress indicator. **Water resources research**, New York, v. 17, n. 4, p. 1133-1138, 1981.
- JESUS, F. L. F.; SANTOS, O. N. A.; JUNIOR, M. V. T.; GOMES, T. M.; ROSSI, F.; ROMÁN, R. M. S. Águas residuárias para irrigação no Brasil: uma abordagem química, física e microbiológica. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 562-589, 2020.
- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Balanço da floricultura brasileira em 2013. **Jornal entreposto**, São Paulo, v. 163, n. 10, p. 14-15, 2013.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005.
- LITTELL, R. C.; MOTT, G. O. Computer assisted design and analysis of response surface experiments in agronomy. **Soil and Crop Society of Florida Proceedings**, St. Petersburg, v. 34, n. 1, p. 94-97, 1975.
- LOOMIS, R. S. Crop manipulations for efficient use of water: An overview. *In*: ROBERT SIMPSON LOOMIS. **Limitations to efficient water use in crop production**. Madison: American Society of Agronomy, 1983. p. 345-374.
- MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, n. 215, p. 40-55, jan./mar. 2019.
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, L. O.; SOARES, F. A. L.; NASCIMENTO, E. C. S. Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica. **Revista DAE**, São Paulo, v. 3, n. 4, p. 50-60, 2009.
- PEDRERO, F.; KALAVROUZIOS, I.; ALARCÓN, J. J.; KOUKOULAKIS, P.; ASANO, T. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture—Review of some practices in Spain and Greece. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 9, p. 1233-1241, 2010.
- RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Produtividade e massa fresca de bulbos de cebola sob densidades de plantio no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 2, p. 228-232, 2006.
- RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 15-22, 2005.
- RICHARDS, L. A. (ed.). **Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: USDA, Feb. 1954. (Agriculture Handbook, n. 60).
- ROCKENBACH, A. P.; RIZZARDI, M. A.; NUNES, A. L.; BIANCHI, M. A.; CAVERZAN, A.; SCHNEIDER, T. Interferência entre plantas daninhas e a cultura: alterações no metabolismo secundário. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 59-70, 2018.
- SÁNCHEZ, I. A. O.; REYNA, V. P. A.; CERVANTES, G. G.; NÚÑEZ, L. M. V.;

- TALAVERA, M. C. P.; SIMENTAL, J. A. C. Concentración de almidón y proteínas solubles en tubérculos de *Caladium bicolor* en diferentes etapas fenológicas. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, Cidade do México, v. 6, n. 3, p. 483-494, 2015.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 17-29, 2007.
- SANTOS, A. P. B. A beleza, a popularidade, a toxicidade e a importância econômica de espécies de Aráceas. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 3, n. 3, p. 181-195, 2011.
- SANTOS, L. S.; NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B.; SILVA JÚNIOR, O. M. Paisagem rural da microrregião de Tomé-Açu sob a ótica bertrandiana. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 12, n. 7, p. 2694-2715, 2019.
- SENA, R. C. C.; FERREIRA, A. A.; SILVA, C. V. Mudanças dos atributos químicos do solo após a aplicação de água residuária. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, Ipameri, v. 9, n. 2, p. 1-10, 2020.
- SILVA, K. B.; SILVA JÚNIOR, M. J.; BATISTA, R. O.; SANTOS, D. B.; BARBOSA FILHO, S. Desempenho de gotejadores operando com efluente da castanha de caju sob distintas pressões de serviço. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 339-346, 2013.
- SILVA, T. L. Qualidade da água residuária para reuso na agricultura irrigada. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 101-111, 2018.
- SOARES, R. D. B.; CRUZ, R. W. L.; SILVA, C. E. A influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 16645-16674, 2019.
- SOUZA, C. S.; OLIVEIRA, V. N. S.; SILVA, E. C. A.; FERREIRA, L. M. M.; SILVA, M. J. N.; ARAÚJO, P. C. D. Comportamento de mudas de bambusa vulgaris schrad. ex jc wendl submetidas ao estresse hídrico e salino, utilizando água residuária da piscicultura. **Revista Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 17, n. 2, p. 7-16, 2019.
- TELLES, D. D' A.; COSTA, R. H. P. G. **Reuso da Água**: Conceitos, teorias e práticas. 2. ed. Sao Paulo: Blucher, 2010.
- VAN HAANDEL, A. C.; VAN DER LUBBE, J. G. M. **Handbook of biological wastewater treatment**. 2. ed. Londres: IWA, 2012.
- WATER RESEARCH COUNCIL. **Irrigation-induced water quality problems**: what can be learned from the San Joaquin Valley experience. Washington, DC: National Research Council, 1989.