

ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO PELO TOMATEIRO SUBMETIDO A IRRIGAÇÃO COM E SEM DÉFICIT HÍDRICO, UTILIZANDO DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ÁGUA RESIDUÁRIA

**FRANCIELLY GUEIRO GOMES DE SOUSA²; RENATA DA SILVA CUBA DE
CARVALHO³; MARA RÚBIA MENDES DE MELO⁴ E HÉLIO GRASSI FILHO⁵**

¹ Trabalho originado da dissertação de mestrado do primeiro autor intitulada: "Irrigação com água residuária em diferentes diluições e disponibilidade para a cultura do tomate cereja"

² Doutoranda, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA – Unesp, Câmpus Botucatu, Avenida Universitária, 3780, CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu-SP, Brasil, fran.engagricola@gmail.com

³ Doutora, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA – Unesp, Câmpus Botucatu, Avenida Universitária, 3780, CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu-SP, Brasil, renatacuba@hotmail.com

⁴ Doutoranda, Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP – Câmpus de Botucatu). Rua José Barbosa de Barros, 1780. CEP: 18.610-307, Botucatu-SP - Brasil. mara_mendesmelo@hotmail.com

⁵ Professor Titular do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas - FCA/UNESP, Câmpus Botucatu (SP), heliograssi@fca.unesp.br

1 RESUMO

Perante a grande demanda de água no planeta para o desenvolvimento de atividades econômicas e consumo doméstico, estudos relacionados ao aproveitamento da água residuária no meio agrícola podem ajudar a minimizar problemas de escassez desse recurso. Sendo assim o objetivo do presente trabalho foi avaliar a absorção de macronutrientes e sódio pela cultura do tomate irrigado com e sem déficit hídrico, utilizando água residuária. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, o sistema de irrigação foi por gotejamento, e o manejo da irrigação foi baseado na evaporação do tanque classe 'A' instalado dentro do ambiente. Foram determinadas duas lâminas: 70 e 100% da evapotranspiração da cultura, nas quais foram utilizadas água de abastecimento e de esgoto doméstico tratado em quatro diluições: 25, 50, 75 e 100%. Assim, foi possível avaliar a absorção de macronutrientes e sódio, na área foliar e frutos, através de análise química. Os resultados obtidos, indicaram que as plantas irrigadas com déficit hídrico absorveram maior quantidade dos nutrientes N, K, Mg e S. No entanto quanto maior a porcentagem de água residuária na irrigação, maior foi a absorção de sódio pelas plantas e frutos.

Palavras chave: nutrição, reúso doméstico, manejo da irrigação, *Lycopersicon esculentum L.*

**SOUSA, F. G. G.; CARVALHO, R. S. C.; MELO, M. R. M.; GRASSI FILHO, H.
ABSORPTION OF MACRONUTRIENTS AND SODIUM BY TOMATOES
SUBMITTED TO NORMAL AND WATER DEFICIENT IRRIGATION SCHEMES
USING VARIOUS CONCENTRATIONS OF WASTEWATER**

2 ABSTRACT

The high worldwide demand for water use in economic development and domestic consumption has led to studies on the agricultural use of wastewater that can help minimize the problem of scarcity of this resource. This study aimed to evaluate the absorption of macronutrients and sodium from cultivated tomatoes, irrigated with wastewater, under normal and water deficient irrigation schemes. The experiment was conducted in a greenhouse, we used a drip irrigation system that was managed on the basis of evaporation from a Class A tank placed in the experimental area. Two irrigation depths were determined: 70 and 100% of the crop evapotranspiration, supply water, and four dilutions of domestic wastewater were used: 25, 50, 75, and 100%. We evaluated the absorption of macronutrients and sodium via chemical analysis of the leaves and fruits. Results showed that plants irrigated using the water deficit irrigation scheme absorbed more N, K, Mg, and S nutrients. However, the higher the percentage of wastewater used for irrigation, the higher the absorption of sodium by plants and fruits.

Keywords: nutrition, domestic reuse, irrigation management, *Lycopersicon esculentum L.*

3 INTRODUÇÃO

Os nutrientes minerais são elementos necessários ao desenvolvimento das plantas, sendo a maioria, absorvidos do solo pelas raízes. Esses elementos são divididos em dois grupos: macronutrientes e micronutrientes, sendo o primeiro, requerido em maior quantidade pelas plantas. Os macronutrientes são nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (NATH; TUTEJA, 2016).

O sódio (Na) embora seja benéfico para as plantas em certa quantidade, em excesso inibe o crescimento e vários processos fisiológicos (ADAMS; SHIN, 2014). O Na substitui partes das funções do K no processo osmótico, crescimento celular, atividades enzimáticas e na síntese de proteína, porém, a função principal do Na é a regulação de pressão turgor e expansão celular (MASER et al., 2002).

No entanto, as plantas necessitam de disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade adequada para a absorção de nutrientes, a fim de que seu ciclo de desenvolvimento seja eficiente e produtivo

(PES; ARENHARDT, 2015). Todavia nem sempre é possível ter acesso a recursos hídricos em quantia e padrões desejáveis.

As dificuldades causadas pela escassez de água se tornarão maiores futuramente, devido ao crescimento populacional, urbanização, mudanças climáticas e crescente demanda por alimentos, que distanciarão ainda mais a oferta da demanda por água (HUSSAIN et al., 2002). Uma das alternativas propostas em estudos e pesquisas, é a utilização de água residuária para suprir não só a necessidade hídrica da cultura, como também, promover a disponibilização de nutrientes para as plantas, proporcionando economia de água e fertilizantes.

A água residuária apesar de proporcionar inúmeros benefícios para o desenvolvimento e produtividade das plantas, ainda é considerada um recurso complexo, por conter substâncias tóxicas que podem causar impactos negativos nas propriedades do solo, qualidade das águas subterrâneas e superficiais, além de riscos microbiológicos à saúde pública (ELGALLAL; FLETCHER; EVANS, 2016).

A tomaticultura é considerada entre os produtores e pesquisadores uma cultura de alto custo de produção, exigente com relação a água, com alta demanda de adubação e suscetível ao desenvolvimento de pragas e doenças. Entretanto, a quantidade de nutrientes absorvidos pela planta de tomate depende de fatores ambientais abióticos e bióticos. (PELUZIO, 1999). Dessa forma, a eficiência do aproveitamento dos nutrientes pelo tomateiro irá variar de acordo com o tipo de solo, as condições climáticas, os tratamentos culturais, o sistema e o manejo da irrigação, entre outros fatores relacionados (FAGERIA, 1998).

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a absorção de macronutrientes e sódio pela cultura do tomate irrigado, com e sem déficit hídrico utilizando água residuária.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no período de agosto a dezembro de 2016, na área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, campus Botucatu, estado de São Paulo (22°51' S, 48°25' W, 762 m), segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo "Cfa" subtropical úmido (KÖPPEN; GEIGER, 1928).

As mudas de tomate da cultivar Carolina tipo cereja, foram produzidas em bandejas, utilizando substrato comercial. O transplante ocorreu 32 dias após a semeadura para vasos com capacidade de 14 litros preenchidos com solo.

A adubação inicial foi baseada na análise do solo, realizada previamente e no volume de solo do vaso, segundo as recomendações propostas por Filgueira (2008), sendo aplicados como adubação inicial: N: 300, P₂O₅: 600 e K₂O: 500 kg.ha⁻¹.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado para enchimento dos vasos.

Areia		Argila		Silte		Textura do solo					
-----		(g kg ⁻¹)		-----		Arenosa					
861		91		48							
pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³					%	mg dm ⁻³
5,6	13	107	0	16	1,5	31	10	42	58	73	8
B		Cu		Fe		Mn		Zn			
-----		-----		-----		-----		-----			
0,23		1,4		63		2,8		5,5			

Fonte: Laboratório de física de solo e Laboratório de fertilidade do solo, FCA, UNESP.

MO= Matéria orgânica;

SB= Soma de bases

CTC= Capacidade de troca de cátions

Após 30 dias do transplante, realizou-se adubações de cobertura semanalmente, utilizando nitrato de cálcio e nitrato de potássio a 3%, também, no decorrer do experimento, foram realizadas duas adubações foliares com

micronutrientes, utilizando: ZnSO₄ (0,3%); MnSO₄ (0,2%); MgSO₄ (0,5%); NH₄H₂PO₅ (0,5%) e H₃BO₃ (0,1%). Durante o desenvolvimento das plantas, as mesmas foram conduzidas em duas hastas,

realizando-se podas regularmente para retirada dos ramos laterais.

O delineamento experimental utilizado foi em parcelas subdivididas em esquema fatorial (5x2), com seis repetições, sendo os tratamentos constituído por duas lâminas de água no solo (L): 100 e 70% da reposição da evapotranspiração da cultura (ETc) e cinco diluições de água residuária (D) 0, 25, 50, 75 e 100%, totalizando 10 tratamentos.

A água residuária foi proveniente da estação de tratamento de esgoto – ETE da

cidade de Botucatu – SP. Ela foi coletada e armazenada em um reservatório na unidade experimental, onde posteriormente foi distribuída e diluída conforme cada tratamento. Para determinação dos parâmetros da água, conduziu-se análises conforme os métodos recomendados pela *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) e normas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), (Tabela 2).

Tabela 2. Características Físico-química da água de residuária.

Parâmetros	Unidade	Resultado
Turbidez	(NTU)	1,33
Resíduo seco	(mg L ⁻¹)	173
pH		7,47
Dureza total	(mg CaCO ₃ L ⁻¹)	56
Dureza Cálcica	(mg CaCO ₃ L ⁻¹)	42
Dureza de magnésio	(mg CaCO ₃ L ⁻¹)	11,76
Ferro (Fe)	(mg L ⁻¹)	0,228
Cloreto	(mg L ⁻¹ C)	64,67
Sulfato	(mg L ⁻¹)	<0,001
Fluoreto	(mg L ⁻¹)	0,0008
Condutividade elétrica	(uS/cm)	634,6
Fósforo total	(mg L ⁻¹ P)	15,03
Nitrato	(mg L ⁻¹)	0,083
Nitrito	(mg L ⁻¹)	0,312
DQO	(mg L ⁻¹)	251,5
DBO	(mg L ⁻¹)	2,33
OD	(mg L ⁻¹)	2,51

Fonte: Departamento de Química e Bioquímica Instituto de Biociências – UNESP – Botucatu

DQO=Demanda Química de Oxigênio

DBO= Demanda Bioquímica de Oxigênio

OD= Oxigênio Dissolvido

O sistema de irrigação utilizado foi irrigação localizada por gotejamento, com emissor do tipo autocompensante, com vazão de 2 L.h⁻¹ O manejo da irrigação foi baseado na evapotranspiração de referência (ETo), pelo método do tanque classe A, situado dentro da casa de vegetação. Para a determinação da ETo pelo método do tanque classe A, utilizou-se o valor 1 para o coeficiente do tanque, multiplicado pela evaporação do tanque em (mm dia⁻¹).

Com os valores de ETo, a evapotranspiração da cultura (ETc) foi calculada segundo a Equação 1, sendo as lâminas de irrigação estabelecidas com base na ETc obtida, conforme os tratamentos: 70 e 100% de reposição da ETc.

$$ETc = ETo \times Kc \quad (1)$$

Em que: Etc: a evapotranspiração da cultura; Kc: Coeficiente de cultivo.

Os valores utilizados como Kc para a cultura do tomate foram obtidos de Doorembos e Kassan (1979), sendo os valores de Kc inicial, médio e final de 0,5, 0,8 e 1,2 respectivamente.

Durante o experimento monitorou-se a umidade relativa do ar, temperatura máxima, média e mínima do ambiente protegido. No início da maturação dos frutos analisou-se o teor de macronutrientes e sódio do tecido vegetal e frutos. Na fase de plena produção e maturação realizou-se análise microbiológica dos frutos, utilizando o método do Colilert® (*Standard Methods 9223B: Enzyme Substrate Test*), uma metodologia que permite a rápida enumeração de coliformes e *E. coli*, desenvolvida pelos Laboratórios IDEXX, tem por base a DST (Defined Substrate Technology) (GROSSI et al., 2013).

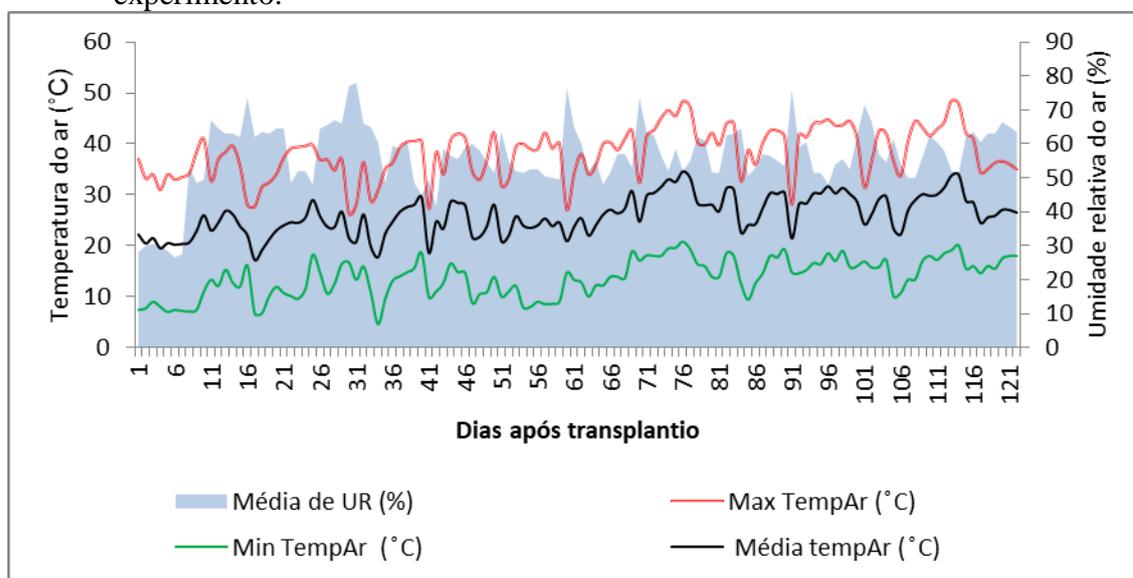
Os resultados obtidos foram submetidos a análise estatística, realizada com auxílio do software Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2011), sendo as médias submetidas ao teste Tukey a 0,05 de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As lâminas totais de irrigação aplicadas ao longo do experimento foram 1184 e 833,13 mm, para os tratamentos de 100 e 70% da ETc, respectivamente, sendo assim as plantas tiveram respostas diferentes a disponibilidade de água fornecida.

Na Figura 1 pode-se observar a temperatura e umidade relativa do ar durante o cultivo.

Figura 1. Valores de temperatura e umidade relativa do ar durante o período de condução do experimento.



Durante o ciclo da cultura as plantas ficaram submetidas a altas temperaturas, (Figura 1), o que não é recomendado para o tomateiro, sendo assim as altas temperaturas registradas podem ter influenciado a absorção de nutrientes. O tomateiro é exigente em termos de periodicidade, uma vez que requer temperaturas amenas durante o dia e

menores durante a noite. No Brasil, sob alta luminosidade, as temperaturas ótimas para o cultivo do tomate, nos períodos diurno e noturno, devem estar na faixa de 21 a 28 °C e de 15 a 20 °C, respectivamente. Ressalta-se que estes valores podem variar em função da idade da planta e do tipo de cultivar (FILGUEIRA, 2008).

O estresse térmico em plantas, por altas temperaturas, seja por aquecimento crônico ou abrupto, é considerado um fator limitativo para o seu desenvolvimento e produtividade (BOYER, 1982), por interferir em atividades, como fotossíntese, transpiração, dinâmica da água e produção hormonal (HECKATHORN et al., 2014).

Os teores de macronutrientes Ca e Mg diferiram significativamente aos fatores diluição e lâminas, o P, Na e S apresentaram influência significativa somente com relação a diluição, ocorrendo interação entre os dois fatores para o valor-p (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os macronutrientes e sódio nas folhas de tomate no início da maturação.

	Quadrado médio			C.V.(%)
	Diluição (D)	Lâmina (L)	Diluição x Lâmina	
Nitrogênio (N)	1,82 ^{ns}	1,80 ^{ns}	1,67 ^{ns}	3,91
Fósforo (P)	0,09 ^{**}	0,03 ^{ns}	0,04 [*]	3,44
Potássio (K)	8,07 ^{ns}	26,45 ^{ns}	0,82 ^{ns}	6,34
Cálcio (Ca)	3,95 ^{**}	4,05 [*]	0,55 ^{ns}	9,11
Magnésio (Mg)	0,22 ^{**}	0,13 [*]	0,07 ^{ns}	5,82
Enxofre (S)	0,04 [*]	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	5,64
Sódio (Na)	14373808 ^{**}	325125 ^{ns}	225963 ^{ns}	20,92

(**) Significativo a 1% (*) significativo a 5% (ns) não significativo pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

A tabela 4 apresenta as médias de macronutrientes e sódio nas folhas do tomateiro, observa-se diferença

significativa do teor de sódio entre os tratamentos.

Tabela 4. Resultados médios de macronutrientes e sódio nas folhas no início da maturação dos frutos.

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0%	D25%	D50%	D75%	D100%	
Nitrogênio (g kg ⁻¹)						
70% ETc	36,50	38,50	40,00	38,00	38,00	38,20 A
100% ETc	37,50	38,00	37,50	38,00	37,00	37,60 A
Médias	37,00 a	38,25 a	38,75 a	38,00 a	37,50 a	
Fósforo (g kg ⁻¹)						
70% ETc	3,15	2,90	3,25	2,70	2,75	2,95 A
100% ETc	3,05	2,90	2,80	2,80	2,80	2,87 A
Médias	3,10 a	2,90 b	3,03 a	2,75 c	2,77 c	
Potássio (g kg ⁻¹)						
70% ETc	38,00	39,50	41,00	40,50	37,50	39,33 A
100% ETc	36,00	38,50	37,50	38,00	35,00	37,06 A
Médias	37 a	39,00 a	39,25 a	39,25 a	36,25 a	
Cálcio (g kg ⁻¹)						
70% ETc	8,50	10,50	9,50	9,50	8,50	9,30 A
100% ETc	8,00	9,50	8,50	9,50	6,50	8,40 B
Médias	8,25 ab	10,00 a	9,00 ab	9,50 a	7,50 b	
Magnésio (g kg ⁻¹)						
70% ETc	3,00	2,75	2,80	2,75	2,40	2,74 A
100% ETc	2,90	2,70	2,55	2,55	2,20	2,58 B
Médias	2,95 a	2,73 a	2,68 a	2,65 ab	2,30 b	
Enxofre (g kg ⁻¹)						
70% ETc	1,40	1,60	1,70	1,70	1,45	1,57 A
100% ETc	1,40	1,50	1,45	1,65	1,50	1,50 A
Médias	1,40 b	1,55 ab	1,58 ab	1,67 a	1,47 ab	
Sódio (g kg ⁻¹)						
70% ETc	0,56	1,35	2,29	3,49	4,99	2,54 A
100% ETc	0,694	1,389	2,674	3,234	5,999	2,798 A
Médias	0,62 d	1,37cd	2,49 bc	3,37 b	5,49 a	

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O sódio foi facilmente absorvido pela planta, sendo que, à medida que a concentração de água residuária aplicada no solo foi elevada, observou-se um aumento do teor de sódio nas folhas do tomateiro.

A presença de sais em excesso na água e o acúmulo no solo pode causar a redução do seu potencial osmótico,

causando danos para o desenvolvimento das culturas, devido à redução da disponibilidade de água no solo (TELLES; COSTA, 2010). No entanto, salinidade, grandes concentrações de sódio e excesso de nutrientes, são características da água residuária que podem ocasionar efeitos

adversos ao solo e à cultura, portanto deve-se ter cuidado com o manejo da irrigação.

O teor de sódio é considerado fator importante na qualidade da água, seu excesso causa solo alcalino (KELLEY, 1980). Sendo importante ressaltar que a quantidade de sódio tolerável pela planta, vai depender da cultura ou da variedade.

Um dos maiores problemas do reúso da água na agricultura é a concentração de íons, quando ocorre o aumento da salinidade, os íons presentes na água podem atingir concentrações consideradas tóxicas, interferindo na absorção de outros nutrientes pelas plantas (SOUSA; DUARTE, 2014). De acordo com Almeida (2010), quando há concentração predominante do íon Na, que induzirá trocas de íons Ca e Mg pelo Na nos solos, pode ocorrer degradação, perda da estrutura e permeabilidade do solo.

Por competir com o potássio, o excesso de sódio absorvido pelas raízes

pode interromper a fotossíntese, danificar as organelas de células vegetais, e interromper as atividades enzimáticas e a biossíntese de proteínas (GUPTA; HUANG, 2014).

Com relação ao P e Mg, os resultados apontam que quanto maior a disponibilidade de água residuária, menor foi a absorção desses macronutrientes. De acordo com Fageria, (2001), esse comportamento ocorre em virtude da interação entre P e Mg, uma vez que este cátion participa da ativação de enzimas quinases e da maioria das reações que atuam na transferência de P.

Também, analisou-se a absorção de macronutrientes e sódio pelos frutos. Observar-se na Tabela 5 a análise de variância e na Tabela 6 as médias analisadas (Teste Tukey) para os dados obtidos nas análises de absorção de macronutrientes e sódio pelos frutos.

Tabela 5. Resumo da análise de variância de macronutrientes e sódio nos frutos

	Quadrado médio			
	Diluição (D)	Lâmina (L)	D x L	C.V.(%)
Nitrogênio (N)	5,55**	2,70*	0,28 ^{ns}	2,98
Fósforo (P)	0,19**	0,13*	0,03 ^{ns}	6,06
Potássio (K)	11,61**	6,53*	0,61 ^{ns}	4,46
Cálcio (Ca)	0,033 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,033 ^{ns}	17,67
Magnésio (Mg)	0,02**	0,04**	0,002 ^{ns}	5,22
Enxofre(S)	0,005**	0,003*	0,001 ^{ns}	2,82
Sódio (Na)	641333**	40333 ^{ns}	18666 ^{ns}	14,22
GL	4	1	4	

(**) Significativo a 1% (*) significativo a 5% (^{ns}) não significativo pelo teste F; CV = coeficiente de variação.

Tabela 6. Resultados médios de macronutrientes e sódio nos frutos

Lâmina	Tratamentos					Médias
	D0 AR	D25 AR	D50 AR	D75 AR	D100 AR	
Nitrogênio (g kg ⁻¹)						
70% ETc	26,67	25,33	26,67	24,67	24,33	25,53 A
100% ETc	26,00	24,33	25,67	24,67	24,00	24,93 B
Médias	26,33 a	24,83 b	26,16 a	24,66 b	24,16 b	
Fósforo (g kg ⁻¹)						
70% ETc	2,93	2,67	2,90	2,40	2,57	2,69 A
100% ETc	2,77	2,60	2,53	2,33	2,56	2,56 B
Médias	2,85 a	2,63 abc	2,71 ab	2,36 c	2,57 bc	
Potássio (g kg ⁻¹)						
70% ETc	28,00	27,00	27,00	26,00	25,00	26,67 A
100% ETc	27,33	26,33	26,67	25,33	23,00	25,73 B
Médias	27,67 a	26,67 a	26,83 a	25,83 ab	24,00 b	
Cálcio (g kg ⁻¹)						
70% ETc	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1 A
100% ETc	1,33	1,00	1,00	1,00	1,33	1,07 A
Médias	1,17 a	1 a	1 a	1 a	1 a	
Magnésio (g kg ⁻¹)						
70% ETc	1,03	1,03	1,06	1,06	0,93	1,03 A
100% ETc	0,96	1,00	0,93	1,00	0,86	0,95 B
Médias	1,00 a	1,02 a	1,00 a	1,03 a	0,90 b	
Enxofre (g kg ⁻¹)						
70% ETc	0,90	0,90	0,93	1,00	0,90	0,93 A
100% ETc	0,90	0,90	0,90	0,93	0,90	0,91 B
Médias	0,90 b	0,90 b	0,92 b	0,97 a	0,90 b	
Sódio (mg kg ⁻¹)						
70% ETc	1026,33	959,7	1293	1359	1693	1266,3 A
100% ETc	926,33	1026,33	1493	1426	1826	1339,7 A
Médias	976,33 c	993 c	1393 b	1393 b	1759 a	

Médias seguidas de letra diferentes maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de TuKey a 5% de probabilidade.

O K e o N foram os macronutrientes com maior absorção pelos frutos. A lâmina de irrigação influenciou de maneira significativa na absorção do N e K, plantas irrigadas com lâmina de 70% da ETc tiveram maior absorção desses nutrientes.

O N é o nutriente que influencia no sabor do fruto (MONTAGU; GOH, 1990) e o K afeta o rendimento, tamanho de frutos e

teor de sólidos solúveis (BIDARI; HEBSUR, 2011). Tavallali, Shabnam Esmaili e Karimi (2018) avaliando a interação entre o N e K, relataram que plantas cultivadas com doses moderadas a altas de K no solo, na presença de 0 a 150 mg N kg solo⁻¹, produziram tomates mais firmes.

Observou-se uma diminuição proporcional ao aumento da concentração de água residuária, na absorção de K e aumento de sódio nas plantas e frutos (Tabelas 4 e 6). O Na estimula o crescimento mediante intensificação da expansão celular, além de poder em parte, substituir o K como um soluto osmoticamente ativo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Analisando a Tabela 4, verifica-se que as folhas concentraram maior quantidade dos macronutrientes e sódio. Maldonado et al. (2017) obtiveram resultados semelhantes ao avaliar a concentração de nutrientes em várias partes do tomateiro, tendo os macronutrientes: N, Ca, Mg e S, apresentado as maiores concentrações, nas análises baseadas no peso seco das folhas.

Em espécies frutíferas, nas quais os frutos são retirados com frequência para comercialização, a reposição de nutrientes não deve ser feita apenas com base nas análises de solo e foliar, visto que a extração de nutrientes é constante (SÃO JOSÉ et al., 2014).

: Além do cuidado com a nutrição da planta, quando se utiliza água residuária, deve-se verificar a sanidade do cultivo irrigado. Os resultados das análises microbiológicas realizadas nos frutos, indicaram que a água residuária não propiciou nenhuma contaminação aos mesmos. A não contaminação microbiológica dos frutos, pode ser resultante do cuidado durante a condução do experimento, principalmente na escolha do sistema de irrigação utilizado, pois ao aplicar as lâminas de irrigação por gotejamento, a água residuária acabou não tendo contato direto com a parte aérea do tomateiro.

6 CONCLUSÕES

À medida que aumentou a concentração de água de reúso na irrigação, houve maior absorção de sódio pelas plantas e frutos, conseqüentemente houve inibição na absorção de potássio.

O estresse hídrico pode aumentar a absorção de alguns macronutrientes pela planta.

7 REFERÊNCIAS

ADAMS, E.; SHIN, R. Transport, signaling, and homeostasis of potassium and sodium in plants. **Journal of Integrative Plant Biology**, Yokohama, v. 56, n. 3, p. 231-249, 2014.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da Água de Irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/875385/1/livroqualidadeagua.pdf> Acesso em: 11 mar. 2021.

APHA. **Standard Methods for The Examination Of Water And Wastewater**. 22. ed. Washington: American Public Health Association, 2012. 1360 p.

BIDARI, B. I.; HEBSUR, N. S. Potassium in relation to yield and quality of selected vegetable crops. **Journal of Agricultural Sciences**, Karnataka, v. 24, n. 1, p. 55-59, 2011.

BOYER, J. S. Plant productivity and environment. **Science**, v. 218, n. 4571, p. 443-448, 1982.

CETESB. **Reuso de Água**. São Paulo: Cetesb, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>. Acesso em: 12 mar. 2021.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yild response to weter**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).

ELGALLAL, M.; FLETCHER, L.; EVANS, B. Assessment of potential risks associated with chemicals in wastewater used for irrigation in arid and semiarid zones: A review. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 177, n. C, p. 419-431, 2016.

FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FERREIRA, D. F. **SisVar® (Software estatístico)**: Sistema de análise de variância para dados valanceados. Versão 5.6. Lavras: DEX/UFLA, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Editora UFV, 2008. 402 p.

GROSSI, M.; LAZZARINI, R.; LANZONI, M.; POMPEI, A.; MATTEUZZI, D.; RICCO, B. A portable sensor with disposable electrodes for water bacterial quality assessment. **IEEE Sensors Journal**, Piscataway, v. 13, n. 5, p. 1775-1782, 2013.

GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, London, v. 2014, n. 1, p. 1-18, 2014.

HECKATHORN, S. A.; GIRI, A.; MISHRA, S.; BISTA, D. Heat stress and roots. *In*: TUTEJA, N.; GILL, S. (ed.). **Climate Change and Plant Abiotic Stress Tolerance**. Weinheim: Wiley Blackwell, 2014. p. 109-136.

HUSSAIN, I.; RASCHID, L.; HANJRA, M. A.; MARIKAR, F.; VAN DER HOEK, W. **Wastewater use in agriculture**: review of impacts and methodological issues in valuing impacts. [S. l.]: International Water Management Institute, 2002. (Working Paper, 37).

KELLEY, W. P. **Alkali Soils**: Their Formation Properties and Reclamations. New York: Reinhold Publishing, 1980.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. Wallmap, 150 x 200 cm.

MALDONADO, A. J.; ROMENUS, K. A.; DÍAZ, A. B. M.; MENDOZA, A. B. Macro-nutrient uptake dynamics in greenhouse tomato crop. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 40, p. 1908-1919, 2017.

MASER, P.; HOSOO, Y.; GOSHIMA, S.; HORIE, T.; ECKELMAN, B.; YAMADA, K.; YOSHIDA, K.; BAKKER, E. P.; SHINMYO, A.; OIKI, S.; SCHROEDER, J. I.; UOZUMI, N. Glycine residues in potassium channel-like selectivity filters determine potassium selectivity in four-loop-per-subunit HKT transporters from plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 99, n. 9, p. 6428-6433, 2002.

MONTAGU, K. D.; GOH, K. M. Effects of forms and rates of organic and inorganic nitrogen fertilisers on the yield and some quality indices of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Miller). **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science** Crop, United Kingdom, v. 18, n. 1, p. 31-37, 1990.

NATH, M.; TUTEJA, N. NPXS uptake, sensing, and signaling and miRNAs in plant nutrient stress. **Protoplasma**, Vienna, v. 253, n. 3, p. 767-786, 2016.

PELUZIO, J. M.; CASALI, V. W. D.; LOPES, N. F.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, G. R. Comportamento da fonte e do dreno em tomateiro após a poda apical acima do quarto cacho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 510-514, 1999.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia Vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2015. 81 p.

SÃO JOSÉ, A. R.; PRADO, N. B.; BOMFIM, M. P.; REBOUÇAS, T. N. H.; MENDES, H. T. A. Marcha de absorção de nutrientes em anonáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 176-183, 2014.

SOUSA, W. J.; DUARTE, S. N. **Água Residuária**: Tratamentos e aplicações em áreas agrícolas. Piracicaba: FEALQ, 2014. 197 p.

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

TAVALLALI, V.; SHABNAM ESMAILI, S.; KARIMI, S. Nitrogen and potassium requirements of tomato plants for the optimization of fruit quality and antioxidative capacity during storage. **Journal of Food Measurement and Characterization**, New York, v. 12, n. C, p. 755- 762, 2018.

TELLES, D. D' A.; COSTA, R. P. (coord.). **Reuso da Água**: Conceitos, teorias e práticas. 2. ed. Sao Paulo: Blucher, 2010. 408 p.

WHO. **Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture**. Report of a WHO Scientific Group. Geneva: World Health Organization, 2006. v. 2. 22 p.