

# Reúso de efluentes domésticos na irrigação por gotejamento do tomateiro

## *Reuse of domestic wastewater in tomato drip irrigation*

Adelmo Alves de Queiroz<sup>1\*</sup>, Sérgio Oliveira Pinto de Queiroz<sup>2</sup>, Carlos Alberto Aragão<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escola Técnica SENAI, Rua Império Serrano, 5, CEP 65320-670, Petrolina, PE, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Juazeiro, BA, Brasil

\*autor correspondente

✉ [aqueiroz@pe.senai.br](mailto:aqueiroz@pe.senai.br)

**RESUMO:** O reúso de água na irrigação no Brasil está deixando de ser uma alternativa e se tornando uma necessidade, devido aos baixos índices pluviométricos observados nos últimos anos. Este trabalho objetivou avaliar o impacto do reúso de efluente doméstico tratado sobre o sistema solo-planta, como única fonte de nutrientes na adubação de cobertura para a produção do tomate, aplicado por gotejamento. Adotou-se delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas água do Rio São Francisco associada a fertilização química (T1), efluente clorado (T2) e o efluente (T3), além das cultivares de tomate IPA 7 e IPA 14-7 nas subparcelas. Ao início e final do experimento foram realizadas análises químicas do solo, visando recomendação da adubação e avaliação dos impactos do reúso sobre as propriedades químicas do solo. Foram realizadas, ainda, análises microbiológicas, para identificar a presença de coliformes totais e termotolerantes, além de *Salmonella* sp., no solo, e coliformes totais e *Salmonella* sp., nos frutos. As variáveis analisadas foram a produção total de tomate, teor de sólidos solúveis e pH dos frutos. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de médias, adotando-se Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados permitiram concluir que não houve contaminação microbiológica no solo e nos frutos, tendo o reúso de efluente elevado a produtividade do tomate.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Lycopersicon esculentum*, reúso de água, contaminantes.

**ABSTRACT:** *The reuse water for irrigation in Brazil is ceasing to be an alternative and becoming a necessity due to low rainfall observed in recent years. This study aimed to evaluate the reuse of treated wastewater in stabilization pond in tomato culture through drip irrigation in the municipality of Juazeiro - BA. The adopted experimental design in randomized blocks in split-plots, having water from the São Francisco river associated with chemical fertilization (T1), the chlorinated effluent (T2) and effluent (T3), in addition to tomato varieties IPA 7 and IPA 14 in the sub-plots. At the beginning and end of the experiment soil samples were collected for complete chemical analysis, aiming fertilization recommendation and impacts assessment of reuse on soil properties and chemical characteristics. Microbiological analysis were performed to identify the presence of total and thermo tolerant coliforms, as well as *Salmonella* sp in soil and, total coliforms and *Salmonella* sp in fruit. Total tomato production, soluble solids content and fruit pH were obtained results were subjected to analysis of variance and mean test, adopting Tukey at 5% probability. The results allowed concluding that there was no microbiological contamination in soil and fruits, and, reusing increased tomato production.*

**KEYWORDS:** *Lycopersicon esculentum*, water reuse, contaminants.

## Introdução

O Brasil apresenta uma área potencial de 29,5 milhões de hectares para desenvolvimento sustentável da irrigação, associada à disponibilidade de aproximadamente 12% da água superficial potável do planeta, a qual pode ser utilizada de forma racional, visando a produção de alimentos e sua conservação para futuras gerações; contudo, cerca de 90% desses recursos concentram-se nas regiões Norte e Centro-Oeste, habitadas por somente 15% da população do país (CHRISTOFIDIS, 2010). Os problemas de escassez hídrica nas regiões de maior índice pluviométrico no Brasil já estão ocorrendo devido a combinação do crescimento da demanda nas grandes metrópoles com a degradação da qualidade das águas (AGÊNCIA ..., 2001). Na região Nordeste, esse problema é potencializado devido a fatores climatológicos e a gestão dos recursos hídricos. Segundo Hespanhol (2008), a Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Água e Meio Ambiente, realizada em Dublin, Escócia, em janeiro de 1992, estabeleceu critérios básicos para a gestão de recursos hídricos no século XXI.

A agricultura irrigada consome 70% da água doce do planeta (BERTONCINI, 2010), 73%, no Brasil (AGÊNCIA ..., 2012), sendo que 14% das retiradas ocorrem na Bacia do Rio São Francisco. Na Região do Submédio São Francisco, onde se insere o dipolo Juazeiro-Petrolina, a irrigação é responsável por 75% da demanda total por recursos hídricos. A irrigação, todavia, é uma atividade estratégica para a promoção do desenvolvimento regional e redução dos índices de pobreza através da geração de empregos diretos e indiretos.

Em um cenário de aquecimento global e escassez de água associado a severa competição pelos recursos hídricos e elevação nos índices de preço dos fertilizantes, o aproveitamento de água residuária deve ser considerado, especialmente como fonte parcial de fertilizantes (PEREIRA et al., 2011).

O reúso controlado de efluentes é uma realidade em países como Israel, Espanha, Portugal, Itália, Tunísia e França, dentre outros, tornando-se uma substituição de fonte que disponibiliza água de qualidade para atividades essenciais da sociedade. O reúso não potável para fins agrícolas é uma prática de reciclagem de água e nutrientes que contribui para a elevação da produção agrícola e para o saneamento ambiental, especialmente em regiões semiáridas, onde o reúso de efluentes na agricultura pode ser uma solução sustentável para a escassez de água (BEDBABIS et al., 2010).

Segundo Bixio et al. (2006), os principais desafios à intensificação da prática de reúso são a necessidade de reorientação das políticas públicas para a gestão integrada da água, a necessidade de fortalecer a cooperação entre os setores sociais interessados, o estabelecimento de diretrizes e critérios para o tratamento e reutilização de efluentes, além do desenvolvimento de instrumentos econômicos que viabilizem o reúso. Bdour et al. (2009) consideram a descentralização e a tecnologia adotada no tratamento de efluentes fundamentais à sustentabilidade do sistema de tratamento de esgoto, especialmente se associadas ao reúso agrícola, esse último reconhecidamente seguro, desde que se considere o tratamento microbiológico, e capaz de reduzir os custos de produção.

Os estados da Bahia e Pernambuco estão entre os 10 maiores produtores nacionais de tomate, totalizando 10% da produção nacional (INSTITUTO ..., 2014). O dipolo Juazeiro-Petrolina tem um histórico de produção do tomate industrial e tal cultivo pode se beneficiar do potencial do reúso para irrigação por meio de elevação na produtividade e redução no custo de produção associados ao requerimento de fertilizantes para a produção.

Diversos autores têm relatado efeitos favoráveis do reúso de efluente doméstico municipal sobre a produção de culturas irrigadas como alface (SANDRI et al., 2007), azeitona (BEDBABIS et al., 2010), gérbera (DAMASCENO et al., 2010), mamona (SOUZA et al., 2009). Em contraponto aos benefícios do uso do efluente urbano na irrigação, pesam os aspectos sanitários (SOUSA; LEITE, 2003). Apesar dos benefícios, a irrigação com efluente urbano, se praticada sem restrição, pode implicar riscos à saúde humana, ao ambiente e às plantas, pois além de matéria orgânica e nutrientes esse conduz sais que, a depender da concentração, podem causar o comprometimento das características físicas e redução do potencial osmótico de solução do solo, limitando sua capacidade produtiva.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica do reúso de efluente doméstico na produção de tomate industrial, com ênfase para os impactos sobre o sistema solo-planta.

## Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade do Estado da Bahia, na cidade do Juazeiro, 9°25'10" latitude sul e 40°29'16" longitude oeste. altitude de 367m, com clima semiárido quente, no período de março à julho de 2012, em uma área de 150m<sup>2</sup>. O solo foi caracterizado através de análises químicas e físicas, dados apresentados na Tabela 1, e classificado como Neossolo flúvico. Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições, tendo, nas parcelas, três tratamentos: água do Rio São Francisco com fertilização química (T1), efluente de lagoa de estabilização clorado à 10 mg.L<sup>-1</sup> (T2) e efluente de lagoa de estabilização (T3), e, nas subparcelas, dois genótipos de tomate industrial, IPA 7 e IPA 14-7, sendo essa última uma linhagem com resistência à geminivirose, em desenvolvimento pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA.

As mudas foram cultivadas em casa de vegetação utilizando-se bandejas de polipropileno com 98 células, preenchidas com substrato à base de casca de pinus, onde foram inseridas duas sementes por célula, irrigadas uma vez ao dia. O transplantio para o campo foi realizado em linhas sobre canteiros com 15 cm de altura, 40 cm de largura e 15 m de comprimento, espaçados em 1 m, sendo 50 cm a distância entre plantas. As subparcelas foram formadas por 10 plantas em 2 canteiros adjacentes, sendo 5 plantas em cada um, e a bordadura composta por um canteiro no sentido longitudinal da área e uma linha de plantas nas extremidades.

O efluente foi coletado no último estágio da lagoa de estabilização do Serviço Autônomo de Água e Esgoto, SAAE, localizada no bairro São Geraldo, município de Juazeiro, BA, composto por

**Tabela 1.** Análises químicas completas do solo realizadas no início e no final do experimento.

Características	Unidades	0 DAT	95 DAT		
			T1	T2	T3
Ca <sup>+2</sup>	cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup>	4,13	5,93	5,99	7,14
Mg <sup>+2</sup>	cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup>	2,45	1,14	0,53	0,05
K <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup>	0,66	0,14	1,54	2,70
Na <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup>	0,08	0,18	0,84	0,45
S	cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup>	7,30	7,26	8,90	10,34
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup>	1,98	2,47	2,97	2,97
PST	%	0,86	0,51	7,07	3,38
P	mg Kg <sup>-1</sup>	106,00	94,00	84,00	102,00
CE	dS m <sup>-1</sup>	0,73	0,74	0,89	1,03
pH	-	8,03	7,09	7,42	7,06
RAS <sup>o</sup>	(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	0,03	0,06	0,33	0,17

uma unidade anaeróbia e três facultativas sequenciadas, com tempo de detenção hidráulica (DTH) de 12,5 dias. Ao longo do experimento, a água do Rio São Francisco foi recebida em caixa plástica de 2.000 litros e o efluente recebido em duas caixas plásticas de 2.000 litros, sendo que em uma dosou-se 10 mg L<sup>-1</sup> de cloro.

Adotou-se o sistema de irrigação por gotejamento, com diâmetro interno da tubulação de 16 mm e emissores espaçados em 30 cm, resultando em uma faixa molhada de 40 cm de largura ao longo da linha irrigada. Os fluidos foram aduzidos dos reservatórios para os sistemas de irrigação sob pressão de 1,0 kgf.cm<sup>-2</sup>, através de bombas centrífugas de 0, 25 CV, submetidos a filtros de disco com malha de 200 mesh. As vazões médias dos emissores nos tratamentos T1, T2 e T3 foram 1,19, 1,16 e 1,19 L.h<sup>-1</sup>, respectivamente, e os coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD), de 95, 96 e 92%, para os referidos tratamentos.

O manejo da irrigação foi realizado através da reposição diária da lâmina de água, baseando-se na estimativa da evapotranspiração do dia anterior, utilizando-se o Método do Tanque Classe A, como descrito por Doorenbos e Kassam (2000). Os dados da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), umidade relativa do ar (UR), temperatura e precipitação pluviométrica foram coletados da estação meteorológica da UNEB. Os valores do coeficiente de cultivo, K<sub>c</sub>, utilizados na determinação da lâmina de água aplicada durante o experimento foram de 0,8, 1,25 e 1,0 para os períodos de 0 a 36, 36 a 60 e de 60 a 95 dias do ciclo da cultura do tomate, (DOORENBOS; KASSAM, 2000). A partir do valor da ET<sub>c</sub> diária e da vazão média dos emissores de cada tratamento, estabeleceu-se o tempo de irrigação para aplicação da mesma lâmina em todos os tratamentos totalizando, 523 mm de água no transcorrer do experimento. Choveu 30 mm ao longo do mês de março, que foram suprimidos das lâminas aplicadas.

O efluente foi caracterizado através de análise mensal, com coleta no primeiro dia de cada mês, durante o experimento, determinando-se: DBO, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, P, K, Ca, Mg Na, B, Cl, Fe, Mn, Cu, Zn, HCO<sub>3</sub>, pH, RAS, CE, coliformes totais, E. coli e Salmonella sp. As análises do NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N e P

foram feitas por colorimetria, e as do K, Ca, Na, B, Fe, Mn, MG, Cu, Zn, B e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica com forno de grafite, todas obedecendo aos princípios do APHA (AMERICAN..., 1995). As análises da DBO, CE, pH, Cl, turbidez e ST foram realizadas como preconizado nas normas do Adolfo Lutz (INSTITUTO..., 2005) e as análises microbiológicas, através das normas propostas pela AOAC (ASSOCIATION..., 1989).

A RAS foi calculada segundo Equação 1, proposta por Ayers e Westcot (1991), envolvendo a concentração do cálcio ajustada pela concentração do ácido carbônico e CE do efluente.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (1)$$

A adubação de plantio foi realizada segundo recomendação de Comissão Estadual de Fertilidade do Solo (1989), cinco dias antes do transplantio nos três tratamentos, aplicando-se 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, 65,4 kg ha<sup>-1</sup> de P e 70,3 kg ha<sup>-1</sup> de K. Em cobertura aplicaram-se 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e 42 kg ha<sup>-1</sup> de K, aos 25 e 50 DAT, no tratamento irrigado com água do Rio São Francisco.

O controle de pragas e doenças foi feito segundo recomendação da Embrapa (EMPRESA..., 2006).

De modo a avaliar os impactos microbiológicos provocados pelo uso do efluente no solo, foram realizadas análises de E. coli e Salmonella sp. nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em todas as subparcelas, com periodicidade mensal, durante o ciclo da cultura. Para determinação dos impactos químicos no solo foram feitas análises completas dos três tratamentos, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início e final do experimento.

Durante a colheita, avaliou-se a produtividade dos frutos com qualidade industrial, segundo MAPA (BRASIL, 1988). Para as demais variáveis foi feita amostragem representativa de cada subparcela, lavada com água clorada a 50 mg L<sup>-1</sup> e extraído o suco por centrifugação. Em seguida determinaram-se pH e teor de sólidos solúveis (°Brix) de cada subparcela. As análises foram realizadas conforme normas analíticas do Instituto Adolf Lutz (2005), sendo, ainda, realizadas análises para

determinação de *E. coli* e *Salmonella sp.*, através do método de lavagem superficial para verificar a eventual contaminação microbiológica dos frutos.

Aos resultados obtidos foram aplicados análise de variância e teste de média, adotando-se Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

O experimento foi conduzido em um período de transição climática, com umidade relativa do ar variando de 80%, no início do experimento, para 69%, no final, e precipitação pluviométrica de 33 mm, concentrada no início do experimento. A temperatura do ar variou de 26,6 °C, no início do experimento, para 24,3 °C, no final, situando-se em condição desfavorável ao cultivo do tomate, segundo Filgueira (2003), que considera ideal para essa produção temperaturas entre 21 °C e 24 °C.

A Tabela 2 apresenta as características químicas e biológicas do efluente utilizado.

A matéria orgânica contida na água de irrigação, expressa pela DBO, conduz nutrientes para as plantas, porém em grandes quantidades ela pode obstruir o sistema de irrigação e afetar a estrutura do solo. O efluente apresentou DBO média de 76,8 mg L<sup>-1</sup>, estando de acordo com a faixa sugerida por Gonçalves (2003) para uso em irrigação. Destro e Amorim (2007), estudando a eficiência da remoção da DBO no tratamento de esgotos urbanos na cidade de Cuiabá, MT, obtiveram valores entre 79,6 e 83,3 mg L<sup>-1</sup>, similares aos encontrados no efluente utilizado neste experimento.

A Tabela 3 apresenta os nutrientes lançados ao solo através da lâmina de 532 mm.

Nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), essenciais para o desenvolvimento fenológico das plantas, apresentaram concentrações médias no efluente de 9,11, 9,88 e 12,54 mg L<sup>-1</sup>, estando abaixo dos valores sugeridos por Gonçalves (2003), que seriam 17,6, 14 e 15,4 mg L<sup>-1</sup>. Sousa et al. (2005), estudando as concentrações de nitrogênio amoniacal e fósforo total em efluente

**Tabela 2.** Resultados analíticos de cinco amostras do efluente utilizado na irrigação da cultura do tomate, no transcorrer do experimento.

Característica	Unidade	Resultado					Média
DBO <sub>5</sub>	mg/L	96,00	120,00	54,00	88,00	26,00	76,8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mg/L	1,20	1,70	1,40	20,00	0,16	4,89
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	mg/L	0,39	2,17	12,45	5,54	0,57	4,22
Fosfato total	mg/L	3,84	29,99	3,09	5,95	6,57	9,88
K (total)	mg/L	18,62	18,24	10,07	10,64	5,13	12,54
Ca (total)	mg/L	2,48	3,16	3,0	3,1	2,9	2,93
Mg (total)	mg/L	0,78	0,80	0,38	ND	0,28	0,45
Cloretos	mg/L	76,80	107,00	135,35	130,20	116,59	113,19
Na (total)	mg/L	7,60	9,67	4,20	4,65	0,70	5,36
B (total)	mg/L	0,02	0,04	2,20	1,70	1,30	1,05
Fe (total)	mg/L	1,03	0,48	0,90	0,03	1,14	0,72
Mn (total)	mg/L	0,17	0,12	0,06	0,36	ND	0,14
Cu (total)	mg/L	0,01	0,30	ND	0,02	0,47	0,16
Zn (total)	mg/L	0,04	1,00	0,20	ND	0,05	0,26
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	mg/L	4,67	7,20	3,87	3,10	1,00	3,97
RAS <sup>o</sup>	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>-1/2</sup>	0,28	0,37	0,13	0,13	0,01	0,22
CE	dS/m	1,02	1,21	0,64	0,78	0,26	0,78
pH	NA	8,63	8,45	7,57	7,65	6,89	7,84
Coli.totais	NMP/100mL	4,9x10 <sup>4</sup>	1,3x10 <sup>4</sup>	7,8x10 <sup>4</sup>	1,7x10 <sup>4</sup>	1,7x10 <sup>4</sup>	4x10 <sup>4</sup>
<i>E. coli</i>	NMP/100mL	<1,8	2x10 <sup>3</sup>	<1,8	<1,8	<1,8	3x10 <sup>2</sup>
<i>Salmonellas sp</i>	Aus. 25mL	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	-

ND: Não detectado pelo método.

**Tabela 3.** Quantidade de nutrientes lançada ao solo em kg ha<sup>-1</sup>, nas suas formas elementares.

Nutriente	Qtde.	Nutriente	Qtde.	Nutriente	Qtde.
N	47,6	Mg	2,3	Zn	1,3
P	51,7	Fe	3,7	B	5,4
K	65,5	Mn	0,7	Na	28,0
Ca	15,3	Cu	0,8	Cl	237,2

de esgoto tratado por um reator USAB em lagoa de polimento na cidade de Campina Grande, PB, relataram concentrações de 8,9 mg L<sup>-1</sup> para o nitrogênio e de 4,7 mg L<sup>-1</sup> para o fósforo, valores relativamente próximos dos encontrados neste trabalho.

As quantidades de N, P e K lançadas nos tratamentos T2 e T3 através do efluente e adubação de fundação foram 97,5, 117,1 e 125,8 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, conforme Tabela 3. Para o tratamento T1 foram aplicados 170 kg ha<sup>-1</sup> de N, 65,4 kg ha<sup>-1</sup> de P e 154,3 kg ha<sup>-1</sup> de K nas adubações de fundação e cobertura. Segundo Papadopoulos (1999), para produzir 40 ton ha<sup>-1</sup> de tomate recomendam-se 167, 12,3 e 179,4 kg ha<sup>-1</sup> desses nutrientes, respectivamente. Diante dos dados, observa-se que as necessidades de nitrogênio e potássio da cultura nos tratamentos T2 e T3 não foram atendidas, diferentemente de no tratamento T1.

As concentrações de cálcio, 2,93 mg L<sup>-1</sup>, e magnésio, 0,45 mg L<sup>-1</sup>, encontradas no efluente situaram-se abaixo dos níveis sugeridos por Bastos (1999) para efluentes tratados em lagoa de estabilização, que são de 36,6 mg L<sup>-1</sup> para o cálcio e de 13,2 mg L<sup>-1</sup> para o magnésio. Esses elementos são nutrientes fundamentais para o desenvolvimento das plantas, participando da composição do solo, dos processos fisiológicos e da composição dos frutos.

Na, B, Cl, Fe, Mn, Cu e Zn, considerados micronutrientes, são absorvidos em pequenas quantidades pela cultura do tomateiro, porém são indispensáveis para seu desenvolvimento. A quantidade desses nutrientes lançadas no solo contribuíram para o ganho de produtividade nos tratamentos T2 e T3. Na, B e Cl em elevadas concentrações na água de irrigação provocam toxidez para as plantas. Para Sandri (2003), esses nutrientes devem estar presentes nos efluentes usados na agricultura em concentrações abaixo dos níveis tóxicos e acima da necessidade mínima da maioria das culturas. Portanto, efluente com essa característica, quando utilizado na ferti-irrigação, deve ser complementado.

A presença de Cd, Ni, Cr e Pb, elementos indesejáveis em água de irrigação, foi analisada em todas as amostras do efluente, porém não foram detectados em nível de miligrama por litro, de acordo com a sugestão apresentada por Pedrero et al. (2010), que recomenda o monitoramento da presença desses metais quando o solo é irrigado com efluentes. Segundo Sandri (2003), em se tratando de efluentes domésticos, a contaminação por metais pesados não deve ser relevante.

A salinidade da solução do solo sofreu influência da qualidade de efluente utilizada. O teor médio de sais encontrado no efluente foi de 510,6 mg L<sup>-1</sup>, apresentando moderado grau de risco para a irrigação – segundo Ayers e Westcot (1991), o valor máximo aceitável seria 1.114 mg L<sup>-1</sup>. Durante a irrigação, a salinidade se concentra na solução do solo, elevando seu potencial osmótico e dificultando a absorção de água pelas plantas. A RAS e o percentual de sal trocável (PST) da solução do solo dos tratamentos irrigados com efluente sofreram elevação principalmente no tratamento T2, conforme Tabela 1, provavelmente influenciados pelo uso do hipoclorito de sódio. Contudo, os valores encontrados não caracterizam solos salinos; todavia existe uma tendência de elevação que deve ser monitorada ao longo do tempo, podendo determinar

práticas de gessagem e adoção de lâminas de lixiviação. A CE da solução do solo apresentou elevação nos tratamentos T2 e T3, mas esteve abaixo do limiar máximo de salinização, fato também observado por Moraetis et al. (2011) em cinco anos de experiência estudando as variações da composição química do solo quando irrigado com efluente doméstico tratado em lagoa de estabilização.

O pH da solução do solo sofreu redução de 8,03 para 7,09 em T1; de 8,03 para 7,42 em T2; e de 8,03 para 7,06 em T3, durante o experimento, conforme Tabela 1. A água utilizada no tratamento T1 apresentou pH 7, com pequena variação, e o pH do efluente variou de 8,63 para 6,85 ao longo do experimento. Segundo Paganini (2003), se a evaporação for maior do que a infiltração no local irrigado haverá acidificação do solo, condição provável devido a baixa umidade, menor que 40%, ao longo dos dois meses finais do experimento. Essa tendência de redução do pH do solo exige atenção, pois para um maior período de irrigação a acidificação poderá atingir valores inaceitáveis, necessitando, assim, correção com calcário. Na avaliação das características químicas do solo irrigado com efluente urbano para produção de batata e alface, Kouraa et al. (2002) observaram que não houve diferenças significativas entre as condições iniciais e finais. Afirmam também que são necessários vários anos de irrigação com águas residuárias para as características químicas do solo serem modificadas.

Nas camadas do solo de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm não foi observada contaminação por coliformes totais, *E. coli* e *Salmonellas sp.*, embora o efluente utilizado apresentasse, em média, 4 x 10<sup>4</sup> coliformes totais por mL, 3 x 10<sup>2</sup> *E. coli* por mL e ausência de *Salmonellas sp.* Acredita-se que a radiação solar e a temperatura do solo impediram o desenvolvimento dos microrganismos analisados – tal fato foi observado por Biscaro (2003) em estudo sobre a utilização de águas receptoras de efluentes urbanos em sistema de irrigação localizada, superficial e subsuperficial, na cultura da alface, em três ciclos de cultivo. Mediante esses dados observa-se que a contaminação microbiológica do efluente não sobrevive no solo, favorecendo o reúso controlado do efluente urbano na irrigação.

A contaminação superficial do tomate por coliformes totais, *E. coli* e *Salmonellas sp.*, analisadas em todas as subparcelas, foi inexistente, fato também relatado por Pollice et al. (2004) avaliando o reúso para irrigação na produção do tomate.

A produtividade do tomate apresentou diferença significativa entre as cultivares, fato não observado nas cultivares nos tratamentos. O teor de sólidos solúveis e o pH não apresentaram diferenças significativas entre as cultivares, embora elas tenham se apresentado entre os tratamentos. Os dados apresentados na Tabela 4 mostram que a produtividade média geral esteve abaixo do esperado, o que pode ser atribuído à incidência de doenças e pragas não controladas no transcorrer do experimento, contudo o desempenho agrônomo das cultivares nos tratamentos irrigados com efluente foi superior àquele obtido sob fertilização convencional. Tais resultados podem ser justificados pela menor eficiência da fertilização convencional quando comparada à fertilização através do reúso, essa última fornecendo nutrientes de forma parcelada e gradual.

**Tabela 4.** Valores médios da produtividade, sólidos solúveis (°Brix) e pH de duas cultivares de tomate e três tipos de água.

	PRODUTIVIDADE ton ha <sup>-1</sup>	SÓLIDOS SOLÚVEIS	pH
<b>Qualidade de água:</b>			
Água do rio	9,3 C*	5,35 A	4,37 A
Efluente clorado	21,6 B	5,40 A	4,31 B
Efluente	35,1 A	5,01 B	4,30 B
<b>Genótipo de tomate:</b>			
IPA 7	16,5 b	5,16 a	4,35 a
IPA 14-7	27,5 a	5,35 a	4,31 a
CV (%) Tipos de água	20,89	7,8	1,3
CV (%) Variedades	25,77	7,9	1,5

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, para tipos de água, e minúsculas, para genótipo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados de produtividade mostraram que a linhagem IPA 14-7 apresentou produtividade 66,75% superior à da IPA-7, comprovando a superioridade desse genótipo.

A concentração de sólidos solúveis (°BRIX), a partir de 5,0%, é excelente para a indústria, porque eleva o rendimento dos derivados que tem base na concentração dos sólidos do tomate. Dessa forma, todos os resultados foram satisfatórios, com destaque para os tratamentos T1 e T2, que apresentaram resultados similares, um pouco acima daquele obtido no tratamento T3. Entre as variedades não se observou diferença significativa na concentração de sólidos solúveis.

O pH é um parâmetro importante para o tomate industrial devido a sua influência nos métodos de conservação dos produtos acabados. Alimentos com pH acima de 4,5 são considerados não ácidos e permitem o desenvolvimento de *Clostridium botulinum*. Por isso, os resultados encontrados estão dentro de uma faixa aceitável, apenas o pH do tratamento T1 se aproximou do valor máximo. Entre as variedades, o pH não apresentou diferença significativa.

Pela análise superficial dos frutos, não se constatou contaminação por *Salmonella* sp. ou *E. coli* em qualquer dos tratamentos, ficando assim evidente que a contaminação presente no efluente não migrou para os frutos. Segundo Marouelli e Silva (1998), dependendo do grau de contaminação, tipo de cultura ou sistema de irrigação adotado, a água contaminada por patógenos pode ser utilizada sem maiores problemas na irrigação. Os mesmos autores afirmam que hortaliças com superfície lisa, como tomate, berinjela e pepino, não apresentam condições favoráveis à retenção e sobrevivência dos microrganismos patógenos.

## Conclusões

A aplicação do efluente de lagoa de estabilização elevou a produtividade do tomate.

O genótipo IPA 14-7 apresenta maior produtividade que o IPA 7.

A aplicação do efluente urbano não afetou as características químicas e microbiológicas do solo.

Os valores encontrados no estudo para a condutividade elétrica do solo e da água estão dentro dos limites aceitáveis

para a recomendação do uso, embora deva existir monitoramento constante delas.

A aplicação do efluente de lagoa de estabilização não causou contaminação microbiológica dos frutos.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2012. 219 p. Edição Especial.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL, 2001. 328 p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington: APHA, 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL – AOAC. **AOAC Official Method 989.13: motile *Salmonella* in all foods, imunodifusion (1-2 Test) method**. Rockville: AOAC, 1989.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1991. 153 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).
- BASTOS, R. K. X. **Fertirrigação com Águas residuárias**. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO: CITRUS, FLORES E HORTALIÇAS**, 1., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Ed. Agropecuária, 1999. p. 279-291.
- BDOUR, A. N.; HANDI, M. R.; TARAWNEH, Z. **Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region**. **Desalination**, Amsterdam, v. 237, p. 162-174, 2009.
- BEDBABIS, S. et al. **Effects of irrigation with treated wastewater on olive tree growth, yield and leaf mineral elements at short term**. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 126, p. 345-350, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2010.07.020>.
- BERTONCINI, E. I. **Tratamento de efluente e reúso de água no meio urbano**. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, Piracicaba, p. 152-169, 2010.
- BISCARO, G. A. **Utilização de águas receptoras de efluentes urbanos em sistemas de irrigação localizada superficial e subsuperficial**

- na cultura da alface americana.** 2003. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2003.
- BIXIO, D. et al. Wastewater reuse in Europe. **Desalination**, Amsterdam, v. 187, p. 89-101, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pesca e do Abastecimento – MAPA. Portaria nº 278 de 30 de novembro de 1988. Institui diretrizes para avaliação da qualidade do tomate para industrialização. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 dez. 1988, Seção 1, p. 23827-23828.
- CHISTOFIDIS, D. **Estatística de agricultura irrigada.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, Fórum de Agricultura Irrigada, 2010. 42 p.
- COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado da Bahia.** 2. ed. Salvador: Comissão Estadual de Fertilidade do Solo, 1989. 176 p.
- DAMASCENO, L. M. O. et al. Cultivation of gerbera irrigated with treated domestic effluents. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 582-588, 2010.
- DESTRO, C. A. M.; AMORIM, R. Avaliação do desempenho do sistema de lagoas de estabilização do bairro CPA III em Cuiabá/MT, a partir de variáveis físico-químicas e biológicas. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE, 1., 2007. Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: ABRH, 2007.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 2000. 221 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo de tomate para industrialização, sistemas de produção.** 2. ed. Brasília: Embrapa, 2006. Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 30 nov 2015.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura e agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.
- GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Desinfecção de efluentes sanitários.** Rio Janeiro: RiMa, 2003. Projeto ProSab.
- HESPAHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158. 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200009>.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. Aditivos. In: INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4. ed. Brasília: IAL, 2005. p. 163-273.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2014.** Rio de Janeiro: IBGE, 2014. 775 p.
- KOURAA, A. et al. Reuse of urban wastewater treated by combined stabilisation pond system in Benslimane (Marocco). **Urban Water**, Amsterdam, v. 4, n. 4, p. 373-378, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S1462-0758\(01\)00067-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1462-0758(01)00067-X).
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R. **Aspectos sanitários da água para fins de irrigação.** Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 1998. 7 p. Comunicado Técnico.
- MORAETIS, D. et al. Olive mill wastewater irrigation of maize: Impacts on soil and groundwater. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, p. 1125-1132, 2011.
- PAGANINI, W. S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água.** São Paulo: Manole, 2003. p. 339-402.
- PAPADOPOULOS, I. Reuse of domestic wastewater at irrigation per drip of tomato. In: FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças.** Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999. p. 85-144.
- PEDRERO, F. et al. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture – review of some practices in Spain and Greece. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, p. 1233-1241, 2010.
- PEREIRA, B. F. F.; STOFFELA, P. J.; MELFI, A. J. Reclaimed wastewater: effects on citrus nutrition. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, p. 1828-1838, 2011.
- POLLICE, A. et al. A Tertiary filtered municipal wastewater source in agriculture: a field investigation in southern Italy. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 324, p. 201-210, 2004.
- SANDRI, D. et al. Desenvolvimento de 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.
- SANDRI, D. **Irrigação da cultura da alface com água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita.** 2003. 186 f. Tese (Tese de doutorado em Agronomia)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- SOUSA, J. T. et al. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido Nordeste. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 260-265, 2005.
- SOUSA, J. T.; LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura.** Campina Grande: Ed. EDUEP, 2003. 135 p.
- SOUZA, N. C. et al. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 478-484, 2009.

Recebido: 16 jan. 2014  
Aprovado: 02 dez. 2015