

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DO TOMATE IRRIGADO POR DIFERENTES SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO E QUALIDADES DE ÁGUA

MICHAEL SILVEIRA THEBALDI¹; MARCO SATHLER DA ROCHA²; DELVIO SANDRI³ E ALBERTO BATISTA FELISBERTO⁴

¹Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, MG mthebaldi@posgrad.ufla.br

²Instituto Brasília Ambiental, DF marcosathler@yahoo.com.br

³Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, DF sandri@unb.br

⁴Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, GO abf87@globo.com

1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade e o desenvolvimento do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Dominador, irrigado com efluente tratado de abate bovino, fertirrigação convencional e água de um córrego, aplicados via gotejamento superficial e subsuperficial. O cultivo do tomate foi conduzido entre os meses de julho a outubro de 2009, na Estação de Tratamento de Efluente de um Frigorífico, no município de Anápolis – GO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial de 3 x 2, com 4 repetições, sendo as parcelas constituídas pela combinação entre a qualidade da água (A1: efluente de abate de bovinos, A2: fertirrigação convencional, A3: água de um córrego - testemunha) e tipo de sistema de irrigação (I1: gotejamento superficial e I2: gotejamento subsuperficial). Avaliou-se a altura das plantas, peso dos frutos e produtividade. O sistema de irrigação e o tipo de água não influenciaram na altura das plantas e no peso médio dos frutos de tomate. Na irrigação por gotejamento subsuperficial com efluente de abate de bovinos a produtividade foi superior (53,12 t ha⁻¹) aos tratamentos irrigados com água do Córrego Jurubatuba (39,24 t ha⁻¹) e fertirrigação convencional (41,54 t ha⁻¹).

PALAVRAS-CHAVE: gotejamento subsuperficial, reúso, água residuária

**THEBALDI, M. S.; da ROCHA, M. S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.
PRODUCTION CHARACTERISTICS OF TOMATO IRRIGATED BY
DIFFERENT IRRIGATION SYSTEMS AND WATER QUALITIES**

2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate the productivity and the development of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Dominator, irrigated with cattle slaughter treated wastewater, conventional fertirrigation and water from a stream, applied by surface and subsurface drip irrigation. The experiment was conducted from July to October, 2009, in the Wastewater Treatment Plant of a slaughter-house at Anápolis, State of Goiás, Brazil. Was used randomized block experimental design in a factorial 3 x 2, with 4 replications. The treatments combination consisted in irrigation waters (A1: cattle slaughter treated wastewater, A2: conventional fertirrigation and A3: stream water - control) and in irrigation system type

(I1: surface drip irrigation and I2: subsurface drip irrigation). It was evaluated the plants height, fruits weight and productivity. Neither water quality nor irrigation systems had influence on both plant growth and fruit average weight. In the subsurface drip irrigation system the productivity was better with cattle slaughter treated wastewater (53.12 t ha^{-1}) than in treatments using the Stream water (39.24 t ha^{-1}) and conventional fertirrigation (41.54 t ha^{-1}).

KEYWORDS: subsurface drip irrigation, reuse, wastewater

3 INTRODUÇÃO

O uso planejado de águas residuárias implica na necessidade de menor captação dos recursos hídricos primários e de geração reduzida de efluentes, constituindo-se, portanto, em estratégia eficaz para a conservação desse recurso natural, em seus aspectos qualitativos e quantitativos (Medeiros et al., 2007), principalmente quando usado na agricultura, servindo como fonte extra de nutrientes, auxiliando no desenvolvimento da cultura (Sandri et al., 2007).

Vários países no mundo já estão bem desenvolvidos na aplicação de efluentes tratados, como Israel, que trata o esgoto e aplica 70% deste na agricultura e a Índia, que aplica mais de 75% do esgoto tratado ou não para a irrigação (Duarte, 2006). Segundo Sousa et al. (2006) a utilização de lagoas de estabilização é o melhor método de tratamento de efluentes, principalmente quando este possui o objetivo de ser aplicado na agricultura.

Dentre os despejos agroindustriais, o de abate bovino apresenta grande potencial para reúso agrícola devido a sua alta carga orgânica e compostos nitrogenados (Thebaldi et al., 2011), podendo ser utilizado no cultivo do tomate de mesa que, segundo Badr et al. (2010), é um dos vegetais mais cultivados no mundo e conhecidamente um grande utilizador de fertilizantes.

A cultura do tomate representa um dos maiores mercados agrícolas brasileiros, ocupando área plantada de 58.000 hectares, dos quais 40.000 hectares são de tomate fresco e 18.000 hectares de tomate destinado ao processamento. A produção alcança aproximadamente três milhões de toneladas por ano, sendo um milhão e 800 mil toneladas de tomate de mesa. A maior parte da produção de tomate concentra-se nos Estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, totalizando cerca de 65% da produção nacional (Ribeiro et al., 2009).

Dentre os fatores de produção, bem como o custo com controle fitossanitário, a água e os nutrientes são os que limitam o rendimento do tomateiro com maior intensidade, exigindo um controle eficiente da umidade do solo e da nutrição mineral para se que possa obter altas produtividades com qualidade (Macêdo & Alvarenga, 2005).

Efeitos da aplicação de água residuária nas propriedades químicas do solo são importantes e devem ser monitorados. Lucena et al. (2006) estudaram os possíveis efeitos da irrigação com efluente de esgoto tratado sobre as propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico, concluíram que houve aumento nos teores de fósforo, conteúdo de sódio, percentagem de sódio trocável, pH e capacidade de troca catiônica do solo. Já Varallo et al. (2010) em seu estudo sobre as alterações químicas do solo concluiu que a utilização de água de reúso para fins agrônômicos deve ser feita de forma racional, monitorando-se principalmente a elevação do teor do íon sódio.

Para a irrigação com a aplicação de efluentes tratados o sistema mais apropriado de irrigação é o gotejamento, o qual apresenta diversas vantagens, como na economia de água e

energia e menor possibilidade de contaminação dos agricultores, meio ambiente e plantas (Gerba & Choi, 2006; Hamilton et al., 2006). Adicionalmente, a prática do gotejamento subsuperficial tem resultado em contaminação mínima por coliformes fecais e totais de folhas e frutos comparada com a irrigação por gotejamento superficial (Alum et al., 2011).

Na região da Estação de Tratamento de Esgoto do frigorífico estudado, se encontram diversas pequenas propriedades rurais instaladas, voltadas principalmente à produção de hortaliças, podendo ser a irrigação destas áreas alternativas à disposição final do efluente tratado de abate bovino.

Desta forma, objetivou-se avaliar a produtividade e o desenvolvimento do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cv. Dominador, irrigado com efluente tratado de abate bovino, fertirrigação convencional e água de um córrego, aplicados via gotejamento superficial e subsuperficial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) foi implantado em uma área distante cerca de 170 m do sistema de tratamento de efluente de um frigorífico localizado em Anápolis-GO.

A região apresenta clima mesotérmico e úmido, classificado como provável clima tropical de altitude, temperatura média anual de 22 °C, com baixas temperaturas em junho e julho, média mínima de 10 °C. O período chuvoso ocorre entre novembro e março, com precipitação média de 1.450 mm. O município situa-se na altitude de 1.017 m, latitude de 16° 19' 36" Sul e longitude de 48° 57' 10" Oeste.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 2, sendo os tratamentos constituídos pela combinação das três qualidades de água (A1: efluente de abate de bovinos, A2: fertirrigação convencional e A3: água do Córrego Jurubatuba - testemunha) e dois sistemas de irrigação (I1: gotejamento superficial e I2: gotejamento subsuperficial), com 4 repetições, resultando num total de 24 parcelas experimentais.

A água utilizada como testemunha e na fertirrigação foi obtida do Córrego Jurubatuba, pela captação em tubulações do próprio frigorífico. Essa água foi conduzida e acumulada em três reservatórios com capacidade de 2000 L cada, totalizando 6000 L, próximo a lagoa de estabilização facultativa.

O sistema de tratamento consistiu em uma sequência de três lagoas em série, sendo duas anaeróbias e uma facultativa. A captação da água residuária para irrigação e a coleta para análise da água foi feita com o efluente proveniente da saída da lagoa facultativa, por meio de um mangote.

O cultivo de tomate foi feito em fileiras simples, espaçadas 1,0 m entre linhas e 0,50 m entre plantas, totalizando 20.000 plantas por hectare, com uma linha de gotejador por fileira de planta, distante 0,10 m das plantas. O ciclo da cultura ocorreu entre os meses de julho a outubro de 2009, com o transplântio das mudas aos 18 de julho, quando as mesmas apresentavam quatro folhas definitivas. As plantas foram conduzidas e tutoradas verticalmente com fitilho (barbante), preso a dois fios de arame horizontais e paralelos, fixados em estacas de bambu com 1,60 m de altura. Foi realizada a poda de condução retirando as brotações axilares (desbrota), conduzindo a planta com uma haste, sem poda apical.

Durante o ciclo da cultura do tomate foram observados por meio de uma estação meteorológica, localizada na Universidade Estadual de Goiás – Campus UnUCET,

administrada pelo sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás – SIMEHGO, os seguintes dados climáticos: temperatura média do ar, umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar e evapotranspiração diária.

Os tratamentos foram distribuídos por sorteio dentro da área experimental, onde cada parcela foi constituída por três linhas de plantio com 5 plantas cada uma. Nas parcelas externas foi plantada uma linha a mais representando a bordadura. As plantas úteis foram representadas pelas linhas centrais, totalizando 20 plantas úteis por tratamento e 120 no experimento.

O solo do local do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, típico de região de Cerrado. A análise textural do solo foi realizada a partir de amostra composta de toda a área experimental, resultando na seguinte composição de textura na camada de 0,00 - 0,20 m: Argila 35%, Silte 10%, Areia 55% e na camada de 0,20 - 0,40 m a composição foi de 34% de Argila, 9% de Silte, 57% de Areia.

A amostragem para caracterização química do solo foi feita coletando-se 20 amostras simples no caminhamento em zigue-zague, que posteriormente foram transformadas em uma amostra composta. A análise foi realizada pelo Laboratório SOLOCRIA Laboratório Agropecuário Ltda., localizado em Goiânia-GO, seguindo os métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo descrito em Silva (2009). Análise química do solo da área do local do experimento 30 dias antes do transplântio das mudas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo da área do local do experimento 30 dias antes do transplântio das mudas

Parâmetros	Unidade	0,00 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
pH CaCl ₂		5,9	6,7
Ca	cmol _c dm ⁻³	6,8	8,0
Mg	cmol _c dm ⁻³	1,2	1,1
Al	cmol _c dm ⁻³	0,0	0,0
H+Al	cmol _c dm ⁻³	1,9	1,5
K	cmol _c dm ⁻³	0,30	0,20
P (Mehlich)	mg dm ⁻³	22,3	18,7
Mat. Orgânica	g dm ⁻³	40,0	31,0
S	mg dm ⁻³	2,0	1,2
Na	mg dm ⁻³	6,0	5,0
Co	mg dm ⁻³	0,06	0,06
Zn	mg dm ⁻³	4,1	3,6
B	mg dm ⁻³	0,08	0,06
Cu	mg dm ⁻³	2,0	2,1
Fe	mg dm ⁻³	41,4	48,4
Mn	mg dm ⁻³	45,8	51,7
Mo	mg dm ⁻³	0,05	0,04
CTC	cmol _c dm ⁻³	10,23	10,82
Sat. Bases (V)	%	81,39	86,15
Ca/Mg	%	5,67	7,27
Ca/K	%	22,67	40,00
Mg/K	%	4,00	5,50
Ca/CTC	%	66,47	73,94
Mg/CTC	%	11,73	10,17

K/CTC	%	2,93	1,85
H+AI/CTC	%	18,57	13,86

O preparo do solo para a implantação do experimento de campo consistiu de gradagem e subsolagem. Simultaneamente, realizou a amostragem do solo na profundidade de 0,00 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m, para análise química, visando à necessidade de correção antes do plantio. A calagem foi feita considerando a saturação de bases e a adubação pré-plantio de acordo com a análise do solo e exigências da cultura seguindo as recomendações de adubação estabelecida por Filgueira et al. (1999) e Tomé Júnior (1997). Assim, foi distribuída a lanço 3,1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e 1,3 kg ha⁻¹ de Boro na área de plantio, simultaneamente ao preparo do solo. Foram aplicados 0,63 t ha⁻¹ de superfosfato simples (3% N e 17% P₂O₅) distribuídos a lanço nas parcelas não fertirrigadas. O adubo foi incorporado ao solo usando uma enxada e formando camalhões nas parcelas para transplantio das mudas.

A aplicação de nutrientes na fertirrigação foi feita a partir da necessidade da cultura, conforme análise química do solo. O manejo da fertirrigação seguiu as recomendações de Carrijo et al. (2004). Portanto, a fertirrigação com fósforo foi parcelada em duas vezes, sendo aplicados 60% no pré-plantio e 40% após 50 dias. Com base na análise de solo e exigência da cultura foi aplicado um total de 0,40 t ha⁻¹ de fosfato monoamônico (MAP) purificado (60% P₂O₅ e 11% N) parcelado em duas vezes, como descrito anteriormente.

Na montagem do sistema de irrigação foram utilizados tubos gotejadores de 12 mm de diâmetro nominal e espaçamento entre emissores de 0,40 m, instalados a 0,10 m da linha de plantas no gotejamento superficial e enterrada a 0,15 m da superfície do solo sob a linha de planta no gotejamento subsuperficial. Os emissores utilizados foram da marca John Deere Water, modelo Hydrogol, classificados como do tipo labirinto, com vazão nominal de 2 L h⁻¹ na pressão de 120 kPa, ajustada por meio da instalação de um regulador de pressão na entrada das parcelas.

A mudança da água de irrigação de cada tratamento foi realizada por meio de registros de esfera, nas tubulações de sucção e recalque. Na linha destinada à passagem de água proveniente do Córrego Jurubatuba, instalou-se uma subdivisão para a tubulação destinada ao tratamento por fertirrigação, realizada por meio de um injetor tipo Venturi. O controle da vazão e pressão também foi realizado por um “by pass” localizado após o início da linha de recalque. A pressão do sistema foi controlada com a abertura ou fechamento deste dispositivo, através de uma tomada de pressão para manômetro de agulha instalada na tubulação de recalque.

O manejo da irrigação foi realizado com um turno de rega fixo de dois dias com lâmina variável, obtida por um Tanque USWB “Classe A”, instalado no interior da unidade de abate do frigorífico em uma área gramada, distante 800 m do local de cultivo de tomate. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida pela multiplicação da evaporação medida no tanque pelo coeficiente do tanque (0,65). O valor da evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}) foi obtido multiplicando o valor da ET_o pelo coeficiente da cultura (K_c) do tomate para cada estágio de desenvolvimento (Allen et al., 1998; Marouelli et al., 1996; 2001). Por se tratar de um sistema de irrigação localizada a ET_{pc} foi corrigida em relação a percentagem de área molhada ou sombreada, conforme indicado por Bernardo et al. (2006).

Para o cálculo da porcentagem de área molhada (PW) foi utilizada a Equação 1.

$$PW = NEP \times \frac{S_e \times W}{(S_p \times S_f)} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

Se = espaçamento entre emissores, em m;

Sp = espaçamento entre plantas, em m;

Sf = espaçamento entre fileiras, em m;

W = diâmetro máximo do bulbo molhado por emissor (m²);

NEP = número de emissores por planta.

O diâmetro máximo do bulbo molhado utilizado foi escolhido em função da textura do solo, conforme Bernardo et al. (2006).

Desse modo, aplicou-se a evapotranspiração máxima para a irrigação por gotejamento, pois a área não é totalmente molhada. A evapotranspiração da cultura corrigida, conforme o sistema de irrigação, foi calculada pela Equação 2 (Keller & Bliesner, 1990; Bernardo et al., 2006).

$$ETc_{\text{corrigida}} = ETpc \times 0,1 \times \sqrt{PW} \quad (2)$$

Em que:

ETpc = evapotranspiração potencial da cultura, em mm.dia⁻¹;

PW = fator de ajuste devido à aplicação localizada da água dada em porcentagem da área molhada ou coberta, prevalecendo a maior (%).

A lâmina total necessária (ITN) a ser aplicada foi determinada pela Equação 3.

$$ITN = \frac{ETc_{\text{corrigida}} \times TR}{CUD} \quad (3)$$

Em que:

ITN = irrigação total necessária, mm;

TR = turno de rega fixo, 2 dias; e

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, em decimal.

Para irrigação suplementar, subtrai-se a evapotranspiração da cultura (ETc) no período pela precipitação efetiva (Pe), em mm.

O tempo de irrigação por gotejamento foi obtido através das equações 4 e 5, propostas por Bernardo et al. (2006).

$$Vp = ITN \times Sf \times Sp \quad (4)$$

Em que:

Vp = volume aplicado em cada planta por irrigação, litros;

Sf = espaçamento entre fileiras, m;

Sp = espaçamento entre plantas, m.

$$T1 = \frac{60 \times Vp}{NEP \times qa} \quad (5)$$

Em que:

Ti = tempo de irrigação, em minutos;
NEP = número de emissores por planta;
qa = vazão média de cada gotejador, L h⁻¹.

A lâmina total aplicada (ITN) durante todo o experimento para cada tratamento correspondeu a 196,35 mm e o volume aplicado em cada planta (Vp) foi de 98,18 litros. Resultando em um tempo total de irrigação (Ti) por tratamento de 56,10 horas. As chuvas durante o experimento acumularam 112,50 mm.

A caracterização da água utilizada na irrigação foi realizada através de três coletas de água durante o ciclo da cultura, nos dias 26/08/2009 (39 DAT), 11/09/2009 (54 DAT) e 26/09/2009 (69 DAT). As coletas de efluente e de água testemunha foram feitas na entrada das parcelas de irrigação, depois de estabilizado o fluxo de água no sistema de irrigação, e encaminhadas ao Laboratório de Química Analítica da Unidade Universitária de Anápolis (UnUCET) da Universidade Estadual de Goiás – UEG, para serem analisadas logo após as coletas, exceto a análise de sódio, que foi realizada no Laboratório de Espectrofotometria de Absorção Atômica do Fundo de Fomento a Mineração de Goiás (FUNMINERAL).

Os parâmetros estudados foram: potencial hidrogeniônico, medido com pHmetro portátil microprocessado PHTEK com compensação automática de temperatura, faixa de leitura de 0,0 a 14,0, resolução de 0,1 e precisão de $\pm 0,1$; condutividade elétrica, com condutivímetro digital portátil com compensação automática de temperatura, resolução de 0,01 mS cm⁻¹, com precisão $\pm 2\%$; turbidez, com turbidímetro digital com faixa de medição de 0 a 1000 NTU e resolução de 0,01 NTU; manganês, nitrato e potássio pela metodologia proposta por Fries e Getrost (1977); ferro e nitrogênio amoniacal seguindo a metodologia de Merck (1972); fósforo total, dureza, boro, cálcio, magnésio com metodologia de APHA (1995); sódio, com espectrofotômetro de absorção atômica da marca Perkin Elmer, “AAAnalyst 200”; razão de adsorção de sódio (RAS) e sólidos totais, pelo método gravimétrico, utilizando-se 30 mL de amostra e sedimentáveis utilizando cone IMHOFF.

O crescimento das plantas foi medido a partir da altura de 3 plantas úteis por parcela experimental nos 4 blocos aos 11, 25, 39, 53, 67 e aos 81 DAT, utilizando-se uma fita métrica com precisão de ± 1 mm.

Os frutos foram colhidos no momento do ponto de maturação fisiológica, por meio da visualização da coloração vermelha e transportados em sacos plásticos sem refrigeração para o Laboratório de Engenharia Agrícola da Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas (UnUCET) da Universidade Estadual de Goiás (UEG) para avaliação quantitativa.

Avaliou-se o número total de frutos e conseqüentemente a produtividade, a massa média de frutos, através da pesagem de 15 frutos por tratamento com uma balança digital de precisão de 0,01g.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do software ESTAT, versão 2.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios diários da temperatura do ar durante o ciclo da cultura são apresentados na Figura 1.

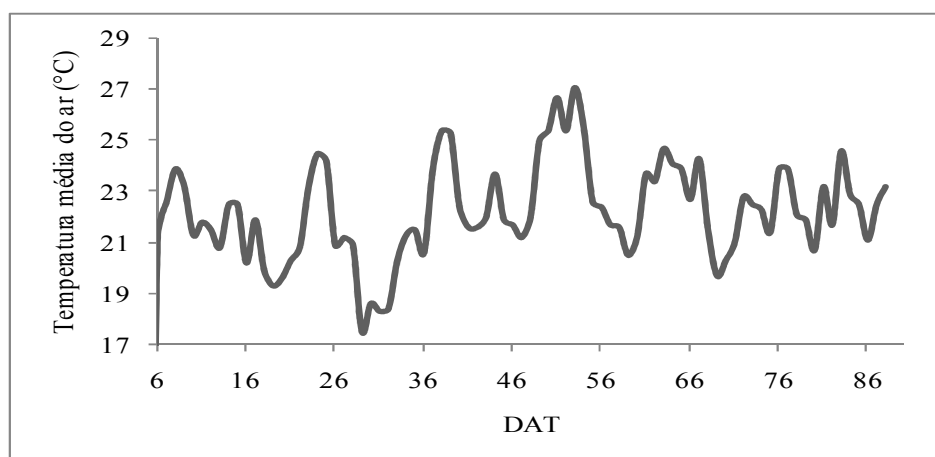


Figura 1. Valores diários da temperatura média do ar durante o ciclo da cultura.

Observa-se que a temperatura teve uma variação de 9,6°C, com valor médio mínimo de 17,5°C aos 29 dias após o transplante (DAT) e máxima temperatura média do ar de 27,1°C aos 53 DAT das mudas. Esses valores favorecem o crescimento vegetativo, pois se encontram dentro da faixa ideal (18 a 25°C) para o desenvolvimento do tomateiro (Dusi et al., 1993). Silva & Giordano (2000) e Dusí et al. (1993) alertam para a permanência de temperaturas acima de 28°C podendo prejudicar a firmeza e coloração dos frutos, formando frutos amarelados.

Segundo Dusí et al. (1993), em temperaturas acima de 35°C ocorre à diminuição da fecundação das flores e queda de flores e de frutos. Temperaturas noturnas próximas a 32°C causam abortamento de flores, mau desenvolvimento dos frutos e formação de frutos ocos (Silva & Giordano, 2000).

A Figura 2 apresenta a distribuição da precipitação (mm) ocorrida durante o período de cultivo.

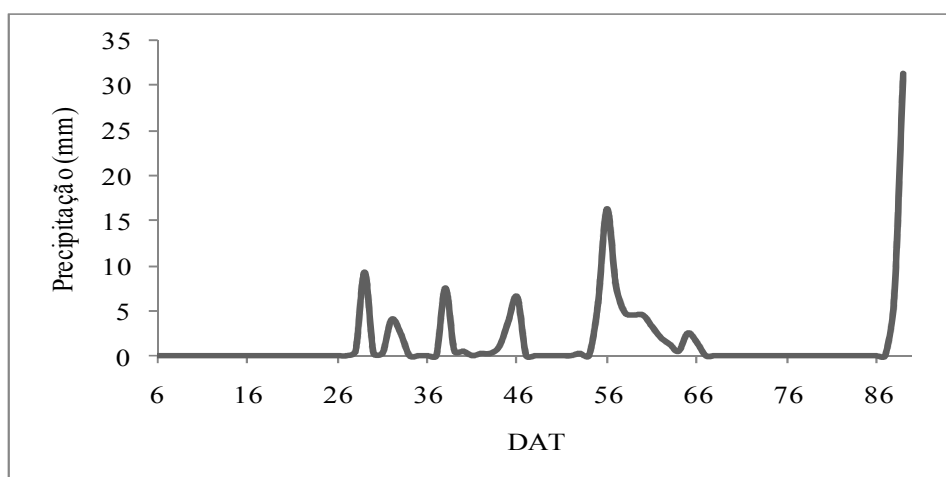


Figura 2. Distribuição da precipitação durante o ciclo da cultura.

Observa-se que até os 27 DAT não ocorreram precipitações, típico do período de estiagem do mês de agosto. Os dias com maiores precipitações ocorreram aos 29 DAT (9,25 mm), aos 38 DAT (7,50 mm) e concentraram-se no período de frutificação do tomateiro com precipitações de 5,75 mm (55 DAT), de 16,25 mm (56 DAT), de 7,75 mm (57 DAT), de 4,75

mm (58 DAT), refletindo no acúmulo de 75 mm até os 66 DAT. As chuvas continuaram ocorrendo com menores intensidades no restante do ciclo.

No entanto, no intervalo de 70 a 87 DAT a estação meteorológica não registrou valores de índices pluviométricos (Figura 2), porém, no Tanque “Classe A” próximo à área experimental, possibilitou o registro de índices pluviométricos, sendo que no 88º DAT foram registrados 6,25 mm e aos 89 DAT de 31,25 mm, totalizando precipitação acumulada durante o experimento de 112,50 mm.

Os resultados das características físicas e químicas das águas utilizadas na irrigação da cultura do tomateiro são apresentados na Tabela 2. Observa-se que a água do córrego não pode ser classificada como Classe 2, segundo Brasil (2005), que estabelece uma concentrações máximas de ferro e manganês de no máximo 0,3 e 0,1 mg L⁻¹, respectivamente, sendo observados 0,6 mg L⁻¹ e 0,59 mg L⁻¹ destes sais. O efluente do abatedouro também não se enquadrou na legislação, já que o teor de manganês excede o máximo preconizado que é de 1,0 mg L⁻¹ para efluentes.

Tabela 2. Valores médios da qualidade da água do Córrego Jurubatuba e do efluente de abatedouro de bovinos utilizada na irrigação por gotejamento do cultivo de tomate

Parâmetros	Unidades	Água do córrego	Efluente tratado
pH	-	7,40	7,80
Dureza	mg L ⁻¹	119,00	500,00
Ferro	mg L ⁻¹	0,60	1,64
Manganês	mg L ⁻¹	0,59	1,78
NO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	0,81	0,66
NH ₃	mg L ⁻¹	0,01	0,06
P total	mg L ⁻¹	0,08	19,22
Potássio	mg L ⁻¹	21,50	87,58
Boro	mg L ⁻¹	0,00	0,015
CE	dS m ⁻¹	0,27	2,43
Cálcio	mg L ⁻¹	23,60	100,00
Magnésio	mg L ⁻¹	14,60	60,75
Sódio	mg L ⁻¹	7,82	241,50
RAS	meq L ⁻¹	1,79	26,95
Turbidez	NTU	4,19	66,88
ST	mg L ⁻¹	194,13	999,47
SS	mg L ⁻¹	0,017	0,102

Legenda: CE: condutividade elétrica, NO₃⁻: nitrato, NH₃: nitrogênio amoniacal, P total: fósforo total, RAS: razão de adsorção de sódio, ST: sólidos totais e SS: sólidos sedimentáveis.

Segundo classificação de Nakayama & Bucks (1986), a água residuária de abate bovino apresentou alto risco potencial de entupimento de emissores para dureza. Em contrapartida, o risco de entupimento da água do Córrego Jurubatuba para dureza é considerado reduzido. A concentração de ferro avaliada para a água do Córrego Jurubatuba apresentou risco potencial médio de entupimento dos emissores e alto para o efluente tratado

de abate bovino (Tabela 2) segundo classificação de Nakayama & Bucks (1986). Para o parâmetro manganês, a água do Córrego Jurubatuba apresentou risco potencial de entupimento classificado como médio e como alto efluente. Já os valores de pH apresentaram risco médio de entupimento tanto no efluente tratado de abate bovino quanto na água do Córrego Jurubatuba (Nakayama & Bucks, 1986).

As alturas médias das plantas de tomate em função da qualidade da água e tipo de irrigação são apresentadas na Tabela 3, onde não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 3. Altura média das plantas de tomate (cm) para os diferentes dias após o transplântio, tipo de sistema de irrigação e qualidade da água

Tipo de gotejamento (TG)	Tipo de Água (TA)		
	Efluente de abate bovino	Fertirrigação	Água do córrego
		11 DAT	
Superficial	17,06 Aa	16,25 Aa	18,11 Aa
Subsuperficial	17,33 Aa	16,27 Aa	16,08 Aa
QM (TA x TG)		3,20	
Teste F (TA x TG)		1,79 ^{NS}	
cv (%)		7,94	
		25 DAT	
Superficial	41,54 Aa	32,54 Aa	44,33 Aa
Subsuperficial	40,11 Aa	34,08 Aa	42,33 Aa
QM (TA x TG)		7,22	
Teste F (TA x TG)		0,30 ^{NS}	
cv (%)		12,46	
		39 DAT	
Superficial	81,33 Aa	67,33 Aa	77,49 Aa
Subsuperficial	77,04 Aa	67,08 Aa	77,99 Aa
QM (TA x TG)		13,28	
Teste F (TA x TG)		0,26 ^{NS}	
cv (%)		9,47	
		53 DAT	
Superficial	131,66 Aa	113,58 Aa	128,50 Aa
Subsuperficial	129,75 Aa	119,75 Aa	117,91 Aa
QM (TA x TG)		140,29	
Teste F (TA x TG)		1,80 ^{NS}	
cv (%)		7,14	
		67 DAT	
Superficial	146,67 Aa	139,25 Aa	144,91 Aa
Subsuperficial	142,25 Aa	132,17 Aa	131,66 Aa
QM (TA x TG)		41,03	
Teste F (TA x TG)		0,91 ^{NS}	
cv (%)		4,81	
		81 DAT	
Superficial	172,08 Aa	167,16 Aa	173,50 Aa
Subsuperficial	172,08 Aa	156,08 Aa	162,33 Aa
QM (TA x TG)		82,61	

Teste F (TA x TG)	1,10 ^{NS}
cv (%)	5,16

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste de Tukey; QM: Quadrado Médio; cv: coeficiente de variação; NS: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade; TA x TG: interação entre tipo de água e tipo de gotejamento.

O maior coeficiente de variação obtido nas análises de variância relativas à altura das plantas foi 12,46%, o que evidência baixa variação entre as amostragens.

Observa-se que aos 53 e 67 DAT as plantas irrigadas com efluente de abate de bovinos mostraram apenas tendência de elevação em ambos os sistemas de irrigação, mas não diferiram significativamente, possivelmente influenciados pela presença de nutrientes neste tipo de água. De acordo com trabalhos realizados por Augusto et al. (2003), Hussar et al. (2005) e Sanches et al. (2007), a utilização de água residuária como alternativa de água e nutrientes apresentaram resultados semelhantes com bom crescimento das plantas. Costa et al. (2009) irrigaram milho com esgoto doméstico tratado e água de abastecimento urbano e observaram maior crescimento das plantas quando a irrigação foi realizada com este tipo de água.

Resultados obtidos por Mueller & Wamser (2009) comprovam a influência do espaçamento e do tipo de condução sobre a altura das plantas. Estes autores, estudando a combinação da altura do desponte e do espaçamento entre plantas de tomate, obtiveram crescimentos semelhantes ao desta pesquisa ao avaliar quatro tipos de espaçamentos entre plantas (0,30; 0,45; 0,60 e 0,75) com alturas das plantas que variaram de 1,42 m a 1,72 m, conforme o espaçamento entre plantas.

Os pesos médios dos frutos de tomate são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Peso médio dos frutos para os diferentes tipos de água e sistema de irrigação.

Tipo de gotejamento (TG)	Tipo de Água (TA)		
	Efluente de abate de bovino	Fertirrigação	Água do córrego
	Peso médio dos frutos de tomate (g)		
Superficial	143,47 Aa	146,63 Aa	136,89 Aa
Subsuperficial	160,26 Aa	134,45 Aa	130,00 Aa
QM (TA x TG)		476,26	
Teste F (TA x TG)		3,50 ^{NS}	
cv (%)		8,21	

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste de Tukey; QM: Quadrado Médio; cv: coeficiente de variação; NS: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade; TA x TG: interação entre tipo de água e tipo de gotejamento.

O peso médio dos frutos não apresentou variações significativas entre os tratamentos segundo o teste F (Tabela 4), com resultados variando entre 130,00 g a 160,26g. O tratamento com efluente de abate de bovinos utilizando irrigação subsuperficial foi o que apresentou os frutos mais pesados, embora sem diferirem dos demais tratamentos. Estudos realizados por Gualberto et al. (2007) com 10 híbridos de tomate em ambiente protegido obteve resultados de peso dos frutos que variaram de 133 g a 176 g, destacando que o peso dos frutos variam conforme a condição de cultivo e a cultivar.

Castro et al. (2006) avaliaram os parâmetros produtivos do tomate cereja irrigado por gotejamento superficial utilizando água de um poço e efluente de piscicultura não encontram diferenças significativas no peso dos frutos em avaliações com 25%, 50% e 100% de dias de colheita acumulados, porém com 75% dos dias de colheita acumulados em relação ao total de dias, os frutos de tomate irrigados com água do poço mostraram-se com maior massa.

Os resultados da produtividade média para os diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Produtividade dos frutos de tomate cv. Dominador para os diferentes tipos de água e sistema de irrigação.

Tipo de gotejamento (TG)	Tipo de água (TA)		
	Efluente de abate de bovino	Fertirrigação convencional	Água do córrego
	Produtividade (t ha ⁻¹)		
Superficial	46,73 Aa	40,90 Aa	47,66 Aa
Subsuperficial	53,12 Aa	41,54 Ba	39,24 Bb
QM (TA x TG)		11,54	
Teste F (TA x TG)		5,60 *	
cv (%)		9,95	

Médias seguidas das letras maiúsculas distintas na linha e minúscula na coluna diferem entre si ao nível de 5% indicado pelo teste de Tukey; QM: Quadrado Médio; cv: coeficiente de variação; *: significativo ao teste F a 5% de probabilidade; TA x TG: interação entre tipo de água e tipo de gotejamento.

O tratamento com efluente de abate de bovinos utilizando gotejamento subsuperficial apresentou o maior rendimento médio com 53,12 t ha⁻¹ produzidas, sendo superior aos tratamentos com fertirrigação e água do Córrego Jurubatuba (Tabela 5). A produtividade com efluente de abate de bovinos e irrigação subsuperficial foi 21,8% maior do que a fertirrigação e irrigação subsuperficial e 26,13% maior que o tratamento com água testemunha e irrigação subsuperficial, o que está de acordo com estudos realizados por Sandri et al. (2007) em que a produção de alface Elisa utilizando irrigação com água residuária de uma unidade universitária foi maior em ambos sistemas de irrigação (superficial e subsuperficial). Para tipo de gotejamento ao se utilizar água do Córrego Jurubatuba na irrigação superficial, a produtividade foi maior que na irrigação com gotejamento subsuperficial, em 17,67%.

Castro et al. (2006) irrigaram tomate cereja em condição semi-árida por gotejamento superficial e água de um poço e efluente de piscicultura e obtiveram um incremento na produtividade do fruto quando irrigado com o efluente em relação à irrigação utilizando água do poço, resultado similar ao ocorrido nesta pesquisa.

Papadopoulos et al. (2009) em experimento que avaliaram a aplicação de água residuária urbana no cultivo do arroz na Grécia, não observaram diferenças significativas nas variáveis produtivas altura das plantas e tamanho dos grãos, similarmente ao ocorrido neste trabalho, porém, também não observaram diferenças significativas na produtividade, em tratamentos que utilizaram água de abastecimento público e fertilização com NPK, água residuária e aplicação de N por cobertura e água residuária sem fertilização adicional. Entretanto, estes autores observaram reduções no custo total de produção da ordem de 8,8% e 11,9% nos tratamentos utilizando água residuária em relação ao com água de abastecimento e fertilização química, dados que mostram a importância também econômica aos produtores ao se utilizar efluentes tratados em irrigação.

6 CONCLUSÕES

O sistema de irrigação e o tipo de água não influenciaram na altura das plantas.

O peso médio dos frutos não foi influenciado pelo tipo de irrigação e pelo tipo de água.

A produtividade na irrigação por gotejamento superficial foi superior ao gotejamento subsuperficial na irrigação com a água do Córrego Jurubatuba. Já na irrigação por gotejamento subsuperficial com efluente de abate de bovinos a produtividade foi superior aos tratamentos irrigados com água do Córrego Jurubatuba e fertirrigação convencional.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 279p.

ALUM, A.; ENRIQUEZ, C.; GERBA, C. P. Impact of Drip Irrigation Method, Soil, and Virus Type on Tomato and Cucumber Contamination. **Food and Environmental Virology**, v. 3, p. 78-85, 2011.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19.ed. Washinton: American Public Health Association, 1995. 1193p.

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, X. Utilização de esgoto doméstico tratado através de um sistema biológico de Mudas de *Croton floribundus spreng.* (Capinxiungui) e *Copaifera langsdorffii desf.* (copaíba). **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.335-342, 2003.

BADR, M. A.; HUSSEIN, S. D. A.; EL-TOHAMY, W. A.; GRUDA, N. Nutrient uptake and yield of tomato under various methods of fertilizer application and levels of fertigation in arid lands. **Gesunde Pflanzen**, v. 62, p. 11-19, 2010.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BRASIL. Ministério do meio Ambiente. Conselho Nacional do meio Ambiente. **Resolução n. 357**. Diário Oficial da União, 17 Mar. 2005.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de hortaliças**. Circular Técnica, 32. EMBRAPA HORTALIÇAS, Brasília - DF, 2004.

CASTRO, R. S.; AZEVEDO, C. M. S. B.; BEZERRA NETO, F. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. **Scientia Horticulturae**, v.110, p.44-50, 2006.

COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, L. D. M. Efeitos residuais da aplicação de bio sólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.687-693, 2009.

DUARTE, A. S. **Reúso de água tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 2006. 187p. (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

DUSI, A. N.; LOPES, C. A.; OLIVEIRA, C. A. S.; MOREIRA, H. M.; MIRANDA, J. E. C. **A cultura do tomateiro (para mesa)**. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1993. 92p.

FILGUEIRA, F. A. R.; CARRIJO, I. V.; AVELAR FILHO, J. A. **Sugestões de adubação para as diferentes culturas em Minas Gerais**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; V. ALVAREZ, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação. Viçosa: SBCS, 1999. 359p.

FRIES, J.; GETROST, H. **Organic reagents for trace analysis**. Darmstadt: Merck, 1977. 236p.

GERBA, C.; CHOI, C. Y. **Role of irrigation water in crop contamination by viruses**. In: Goyal, S. M., Viruses in foods. New York: Springer, 2006. p. 257-263.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUIMARÃES, A. M. Desempenho de cultivares de tomateiro para mesa em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.2, p.244-246, 2007.

HAMILTON, A. J., STAGNITTI, F., PREMIER, R., BOLAND, A., HALE, G. Quantitative microbial risk assessment models for consumption of raw vegetables irrigated with reclaimed water. **Applied and Environmental Microbiology**, v.72, p. 3284-3290, 2006.

HUSSAR, G. J.; PARADELA, A. L.; BASTOS, M. C.; REIS, T. K. B.; JONAS, T. C.; SERRA, W.; GOMES, J. P. Efeitos do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da beterraba. **Revista Engenharia Ambiental**, v.2, n.1, p.35-45, 2005.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinold, 1990. 652 p.

LUCENA, A. M. A.; GUERRA, H. O. C.; CHAVES, L. H. G.; COSTA, F. X. Análise de um efluente de esgoto tratado e seu efeito em propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico. **Revista Caatinga**, v.19, n.4, p.409-414, 2006.

MACÊDO, L. de S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeito de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 296-304, 2005.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisas de Hortaliças. 5ed. Brasília: Embrapa - SPI, 1996. 72p.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 111 p.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R. et al. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberas: efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.569-578, 2007.

MERCK. **The testing of water**. 9.ed., Darmstadt: Merck, 1972. 224p.

MUELLER, S.; WAMSER, A. F. Combinação da altura de desponte e do espaçamento entre plantas de tomate. **Horticultura Brasileira**, vol.27, n.1, p.64-69, 2009.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickles irrigation for crop production**. Phoenix: U.S.D.A., Agricultural Research Service, U.S. Water Conservation Laboratory, 1986, 383p.

PAPADOPOULOS, F.; PARISSOPOULOS, G.; PAPADOPOULOS, A.; FDRAGAS, A.; NTANOS, D.; PROCHASKA, C.; METAXA, I. Assessment of Reclaimed Municipal Wastewater Application on Rice Cultivation. **Environmental Management**, v. 43, p. 135 – 143, 2009

RIBEIRO, I.A.V.; TERESO, M.J.A.; ABRAHÃO, R.F. Análise ergonômica do trabalho em unidades de beneficiamento de tomates de mesa: movimentação manual de cargas. **Ciência Rural**, v.39, n.4, p.1083-1089, 2009.

SANCHES, A. MONTEGGIA, L. O. GONÇALVES, H. R. PADILHA, R. dos S. Utilização de efluente de reator UASB e lagoas de estabilização na fertirrigação do milho como alternativa de uso. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, **Anais...** 2007.

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**, v.11, n.1, p.17-29, 2007.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizante**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 168p. 2000.

SOUSA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.; HENRIQUE, I. N. DANTAS, P. D.; LIMA, S. M. S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.89-96, 2006.

THEBALDI, M. S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; ROCHA, M. S.; AVELINO NETO, S. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p. 302 – 309, 2011.

TOMÉ JÚNIOR, J.B. **Manual de interpretação de análises de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 47p.

VARALLO, A. C. T.; CARVALHO, L. SANTORO, B. L. SOUZA, C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.372-377, 2010.