

Artigo Técnico

Cultivo de melancia no semiárido irrigado com diferentes lâminas de esgoto doméstico tratado

Watermelon cultivation in the semi-arid irrigated with different heights of treated domestic sewage

Vinicius Couto Salgado¹, Edecio José de Souza Filho¹,
Savia Gavazza², Lourdinha Florencio³, Mario Takayuki Kato^{4*}

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade agrônômica do uso de esgoto doméstico tratado em reator anaeróbio para o cultivo de melancia tipo *Crimson Sweet*. Em estudo de campo no Sertão Pernambucano, avaliou-se a aplicação de quatro lâminas de irrigação por meio do sistema de gotejamento. Foram avaliadas as lâminas de 50, 75, 100 e 125% baseadas nos resultados da evapotranspiração e nas exigências do sistema de irrigação adotado. A caracterização do efluente tratado indicou conformidade com as recomendações para a aplicação agrícola, entretanto a concentração de sólidos suspensos (114 mg.L⁻¹) demandou maior frequência de limpeza dos gotejadores. Foram observados um aumento da capacidade de troca catiônica e uma redução do pH do solo em todos os tratamentos. O tratamento com lâmina a 125% resultou em frutos de maiores tamanho (20,78 cm) e peso (712 kg.un⁻¹), bem como de produtividade média (61,1 t.ha⁻¹). Estes valores são superiores às médias nacional e do Estado de Pernambuco, demonstrando a viabilidade agrônômica do reúso nas condições testadas.

Palavras-chave: reúso agrícola; reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente; produtividade agrícola; gotejamento.

ABSTRACT

The aim of this paper was to assess the agronomic viability of using anaerobically treated domestic sewage in cultivation of Crimson Sweet watermelon. In a field experiment conducted in the semi-arid region of Pernambuco state, Brazil, four treatments (T) were used to assess the effects of irrigation using dripping system on fruits and soil. Four heights of 50% (T1), 75% (T2), 100% (T3) and 125% (T4), based on the calculated evapotranspiration and irrigation needs, were applied. The treated effluent characteristics indicated compliance with the recommendations for agricultural application, but the concentration of suspended solids (114 mg.L⁻¹) demanded frequent cleansing of the dripper blockages. We observed an increase in the cation exchange capacity and a decrease of the soil pH in all the treatments. The best results were obtained with the treatment T4 (height of 125%), which showed watermelons of bigger size (20.78 cm), as well as the highest productivity (61.1 t.ha⁻¹) and fruit weight (712 kg.un⁻¹). These values are higher than those of the country and Pernambuco state, demonstrating the agronomic feasibility of reuse under the studied conditions.

Keywords: reuse for agriculture; UASB reactor; agricultural productivity; dripping.

INTRODUÇÃO

À medida que a população, o progresso econômico e o uso da terra vêm aumentando, a demanda por água de qualidade também cresce proporcionalmente (DAVIES; SIMONOVIC, 2011), principalmente em países em desenvolvimento de clima árido e semiárido. Somando-se ao incremento do consumo dos diversos usos preponderantes da água e às mudanças climáticas (FAO, 2003), a sustentabilidade desse recurso torna-se incerta. O semiárido no Nordeste tem na agricultura familiar uma das principais fontes de renda da população, na qual o cultivo da melancia irrigada

destaca-se nesse cenário por ser uma fruta que fornece alimento e água tanto para o homem quanto para os animais (MIRANDA *et al.*, 1997). O seu cultivo oferece alto retorno e tem baixa exigência de água (WANG *et al.*, 2004), no entanto a baixa incidência de chuvas e a intensa evaporação na região afetam a sua produtividade e aumentam os custos de produção.

O reúso de água de esgoto na agricultura é uma atividade que pode amenizar o consumo de água de melhor qualidade, além de evitar o despejo em rios, o que pode comprometer a sua qualidade (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006; BASTOS *et al.*, 2008, SILVA *et al.*, 2015). O uso de esgoto na irrigação em longo prazo é benéfico ao solo em virtude da

¹Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Recife (PE), Brasil.

²Professora associada e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPE – Recife (PE), Brasil.

³Professora titular do Departamento de Engenharia Civil da UFPE – Recife (PE), Brasil.

⁴Professor titular e coordenador do Laboratório de Saneamento Ambiental, Departamento de Engenharia Civil, da UFPE – Recife (PE), Brasil.

*Autor correspondente: mariotk_kato@yahoo.com.br

Recebido: 29/03/2016 – Aceito: 24/04/2017 – Reg. ABES: 161706

presença de nutrientes (CHEN *et al.*, 2013). Além disso, pode possibilitar a manutenção de uma microbiota rica e diversificada na superfície do solo (BECERRA-CASTRO *et al.*, 2015). Em regiões marcadas pelo déficit hídrico, essa prática torna-se uma solução para a escassez do recurso, podendo possibilitar a produção agrícola com menores gastos, pelo uso de fertilizante natural e água de menor qualidade, derivados do uso de efluentes tratados. Outra boa prática para o racionamento de água de boa qualidade é fazer uso de tecnologias de maior eficiência de condução e distribuição desse recurso. A técnica de irrigação pressurizada por gotejamento apresenta níveis de eficiência do uso da água superiores aos demais sistemas, além de adaptar-se a quase todos os tipos de cultura (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

A melancia (*Citrus lanatus Schrad*) pertence à família *Cucurbitaceae* e ao gênero *Citrullus*. É uma olerícola e, apesar de não ser originalmente brasileira, encontrou no sertão nordestino as melhores condições edafoclimáticas para o seu desenvolvimento vegetativo (QUEIROZ *et al.*, 1999). Souza Filho *et al.* (2017) estudaram o cultivo de melancia irrigado com esgoto doméstico tratado e diferentes níveis de adubação química, encontrando elevados valores de produtividade (entre 43 e 54 t.ha⁻¹).

Este trabalho teve como objetivos:

- avaliar a viabilidade do reúso de esgoto doméstico tratado anaerobicamente para fins agrícolas;
- avaliar a qualidade e as características da melancia fertirrigada para o consumo;
- verificar qual lâmina de irrigação, entre 50 e 125% da evapotranspiração da cultura (ETc), apresentaria o melhor desempenho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Petrolândia, Pernambuco, a 430 km do Recife, na Região do Submédio São Francisco, microrregião de Itaparica. A sede municipal apresenta as seguintes coordenadas: 282 m de altitude, 09°04'08" de latitude sul e 38°18'11" de longitude oeste. O clima é semiárido quente, BSh, segundo a classificação de Köppen (1931), com precipitação média de 435 mm.ano⁻¹, com chuvas concentradas entre junho e setembro. A vegetação é do tipo caatinga hiperxerófila (PERAZZO; KATO; FLORENCIO, 2002).

Foi utilizado efluente de uma miniestação de tratamento composta de tratamento preliminar (caixa de areia), reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB) de 50 m³ e tanque de equalização de 12 m³. O reator UASB era alimentado com vazão e tempo de detenção hidráulica médios de 1,83 L.s⁻¹ e 6 horas, respectivamente. O tanque de equalização alimentava o sistema de fertirrigação por meio de uma motobomba de 7,5 CV, que conduzia o efluente tratado à área experimental, sendo distribuído via gotejamento às plantas. Periodicamente, foram realizadas atividades para manutenção dos sistemas de tratamento e de fertirrigação.

A capacidade do sistema de tratamento atenderia uma população equivalente de 1.567 habitantes; o reator UASB e os demais componentes, caixa de areia vertical e tanque de equalização, foram fabricados com resina de poliéster e reforçados com fibra de vidro. Para reduzir o risco de entupimento, o sistema de fertirrigação possuía dois filtros de disco acoplados à motobomba.

Foram coletadas amostras do esgoto bruto e do efluente tratado para a sua caracterização nos horários de irrigação, aproximadamente às 8h. Foram realizadas 2 coletas por semana nos 15 primeiros dias; em seguida, 1 vez por semana nos 15 dias subsequentes; e, posteriormente, quinzenalmente até o final do plantio. As coletas do esgoto bruto foram realizadas na estação elevatória e as coletas do esgoto tratado, na saída dos emissores (gotejadores) na área experimental.

As medidas de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura do afluente e efluente foram feitas *in loco*. Para as demais análises físico-químicas, as amostras foram encaminhadas aos laboratórios da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em Recife e Caruaru. Todas as análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2005). Além dessas, foram realizadas análises de metais pesados (Cd, Pb, Ni e Cr), micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn), bacteriológicas (coliformes termotolerantes) e parasitológicas (número de ovos de helmintos). A quantificação dos teores dos metais foi realizada utilizando um espectrômetro de absorção atômica com chama VARIAN, modelo AA 240 FS (*Fast Sequential Atomic Absorption Spectrometer*), utilizando gás ar-C₂H₂ (ar+acetileno). As análises de solo foram realizadas na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Carpina, Pernambuco.

Delineamento experimental e sistema de irrigação

O estudo foi realizado dentro de uma área de demonstração existente de reúso de dois hectares (168 x 120 m), que recebia o efluente tratado em um reator UASB usado na irrigação de outros cultivos (Figura 1). Os experimentos foram desenvolvidos em uma das metades (168 x 60 m), na qual foi monitorado durante um período de 66 dias de plantio, que ocorreu durante a época de estiagem (agosto a outubro). Os dados meteorológicos foram obtidos de uma miniestação e de um tanque classe A (TCA) instalados no local dos experimentos. A área experimental foi dividida em 12 parcelas iguais de 7 x 60 m, com delineamento experimental por blocos casualizados, com quatro tratamentos e três repetições cada (Figura 1). Os tratamentos e as respectivas repetições foram distribuídos aleatoriamente nas 12 parcelas experimentais.

O espaçamento entre plantas numa mesma linha foi de 0,50 m, e entre as linhas foi de 2,33 m, deixando uma planta por cova. Esse espaçamento foi uma alternativa à recomendação de Resende, Costa e Dias (2010) e uma solução para locar perfeitamente as melancieiras nas entrelinhas das mangueiras existentes na área do experimento. As mangueiras tinham sido plantadas com espaçamento entre plantas de 5 m

e entre as linhas de plantio de 7 m. Portanto, o plantio de melancias foi consorciado com o de manga, já em estado de frutificação. Cada parcela das melancieiras foi delimitada por duas entrelinhas das mangueiras.

O sistema de fertirrigação consistia de tubulação de sucção de 100 mm e de recalque de 75 mm de diâmetro, ambas de PVC, que

conduziam o efluente do tanque de equalização da ETE à área de cultivo, a uma distância de 600 m. A linha principal de distribuição era de 50 mm, da qual se derivavam os ramais, formados por mangueiras flexíveis de 16 mm de diâmetro com gotejadores. A vazão média de cada gotejador (Amanco) foi de 8 L.h^{-1} e 10 mca de pressão de serviço

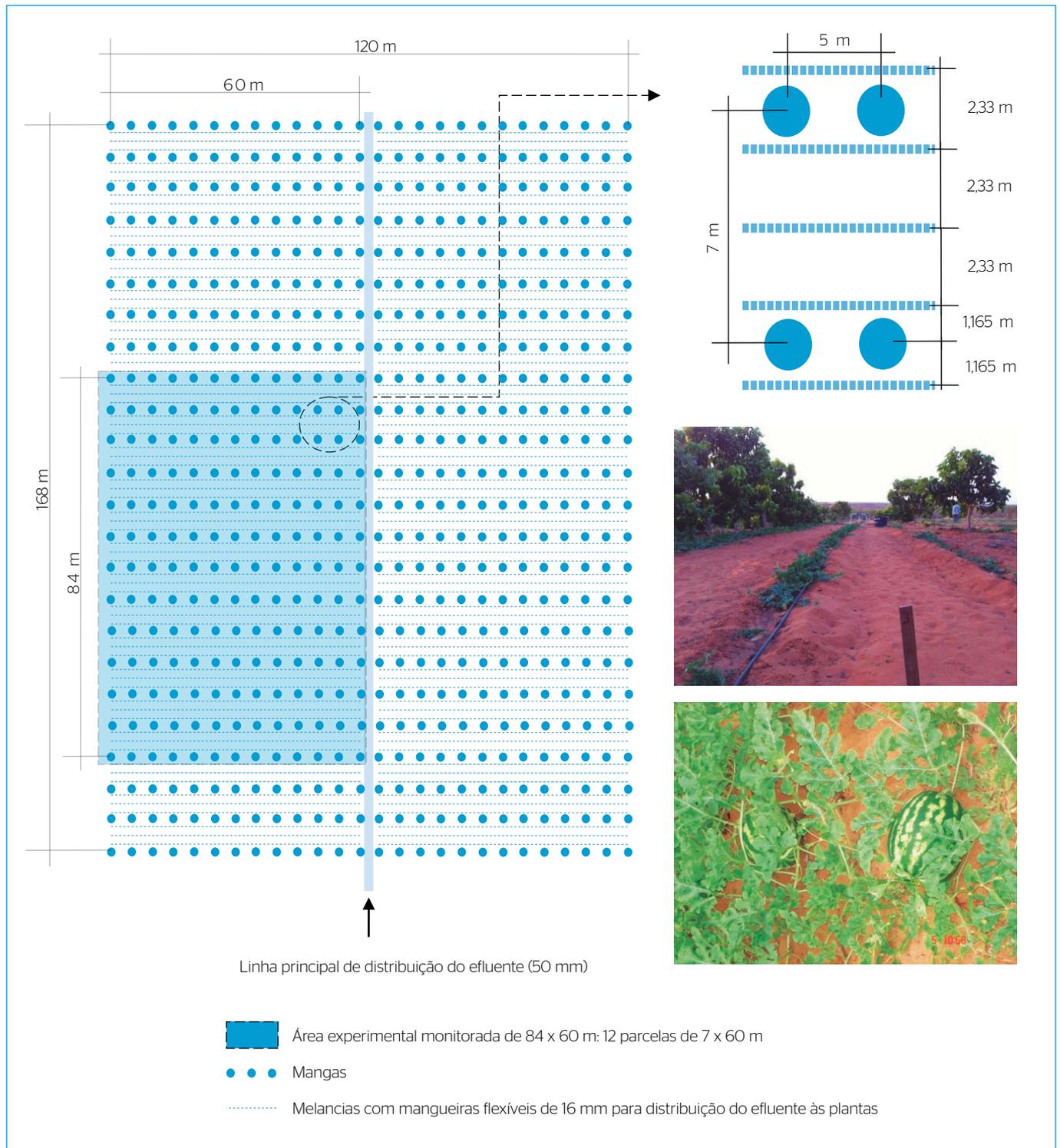


Figura 1 - Área de demonstração de dois hectares para cultivo de mangas e melancias consorciadas. Experimentos com plantio das melancias monitorados em área com 12 parcelas de 7 x 60 m cada.

e eram do tipo fluxo turbulento *online*. O turno de rega foi diário e sua duração variou de acordo com a lâmina de cada tratamento.

A lâmina líquida de irrigação (LLI) foi calculada de acordo com o método evaporimétrico do TCA (DOORENBOS; PRUITT, 1977), conforme Equação 1.

$$LLI = ET_c \cdot PAM/100 \quad (1)$$

Em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura (mm.dia⁻¹);

PAM = porcentagem de área molhada (%).

Segundo Abreu *et al.* (1987), a PAM é definida como a área média molhada por planta, referida, percentualmente, à área média sombreada pela planta, que no caso de cultivos hortícolas varia entre 70 e 90%. Para o cálculo foi utilizada a PAM de 80%. A ET_c é calculada pela Equação 2.

$$ET_c = ET_{0(TCA)} \cdot K_c \quad (2)$$

Em que:

$ET_{0(TCA)}$ = evapotranspiração de referência pelo método do TCA (mm.dia⁻¹);

K_c = coeficiente da cultura (melancia).

De acordo com Allen *et al.* (1998), o valor de K_c foi de 0,85 (para solo nu). A $ET_{0(TCA)}$ é calculada pela Equação 3.

$$ET_{0(TCA)} = K_p \cdot ECA \quad (3)$$

Em que:

ECA = evaporação observada no TCA (mm.dia⁻¹);

K_p = coeficiente do TCA.

Ainda segundo Allen *et al.* (1998), o valor de K_p foi de 0,65. Foram utilizados como base as medições de velocidade média do vento (v) de 8 m.s⁻¹ e de umidade relativa do ar de 45%, obtidas da miniestação meteorológica do TCA.

A lâmina bruta de irrigação (LBI) foi então definida conforme a Equação 4:

$$LBI = LLI / [1-(1-k) \cdot Cun] \quad (4)$$

$k = 1 - Ea$.

Em que:

k = coeficiente que estima as perdas de água por percolação e a necessidade de lavagem do solo, em que se elege o maior valor, calculado pelas expressões apresentadas;

Ea = eficiência de aplicação (0,90);

Cun = coeficiente de uniformidade.

O valor adotado de 90% para a Ea seguiu a recomendação de Vieira (1986) e Marouelli, Braga e Andrade Junior (2012). O Cun é obtido em testes de distribuição de água para as plantas *in loco* (CHRISTIANSEN, 1942). Foi escolhida uma subárea de irrigação, selecionando-se a primeira linha lateral, a linha situada a 1/3 da subárea, a linha a 2/3 e a última linha lateral. Em cada linha lateral, selecionaram-se o primeiro emissor, o situado a 1/3 da linha lateral, o localizado a 2/3 da linha lateral e o último emissor. Com esse critério de seleção, mediu-se a lâmina de cada emissor durante a metade do tempo de irrigação preestabelecido.

Adubação

Foram realizadas três adubações, sendo a primeira no momento do plantio, e a segunda e a terceira nos 20 e 40 dias após a emergência (DAE) da planta, respectivamente. A quantidade necessária de fertilizantes para a adubação de plantio foi de 120 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, 30 kg.ha⁻¹ de K₂O e 30 kg.ha⁻¹ de N. Para a adubação de cobertura, foram necessários 60 kg.ha⁻¹ de K₂O e 90 kg.ha⁻¹ de N, conforme a recomendação de adubação dessa cultura para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008).

A densidade de plantas utilizada para o cálculo das dosagens foi de 8.570 plantas.ha⁻¹ (Figura 1). Foi considerada a impureza dos fertilizantes comerciais e, para atender aos requisitos de N, P e K, foram utilizados: sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] (20% de N), superfosfato simples [Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O, CaSO₄ · H₂O] (18% de P₂O₅) e cloreto de potássio [KCl] (60% de K₂O). Foram considerados também a necessidade da cultura e os teores dos macronutrientes presentes no solo e no efluente tratado. A Tabela 1 apresenta a quantidade total de adubo fornecido às plantas por cova. O experimento foi implantado em parcelas distribuídas de maneira inteiramente casualizada. Foram estudadas 4 lâminas de irrigação (4 tratamentos): T1 (50%); T2 (75%); T3 (100%) e T4 (125%), sendo os percentuais em relação à ET_c em encosta suave com 4% de declividade em solo arenoso do tipo Neossolo Quartzarênico (SILVA *et al.*, 2001). Com 3 repetições cada, totalizaram-se 12 parcelas.

Tabela 1 - Quantidade de adubo comercial aplicado por cova no experimento com lâminas de irrigação, utilizando efluente tratado do reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente.

Tratamentos	Superfosfato simples (g/cova)	Cloreto de potássio (g/cova)	Sulfato de amônio (g/cova)
T1 (50%)	70	7	34
T2 (75%)	67	2	16
T3 (100%)	63	–	–
T4 (125%)	59	–	–

Característica do solo

O solo do local de plantio é classificado como Neossolo Quartzarênico (SILVA *et al.*, 2001) e as análises físico-químicas para a sua caracterização foram realizadas na Estação Experimental da UFRPE, em Carpina, Pernambuco. Foram seguidas as metodologias da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 1999) e recomendações do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2003). Não foram realizadas análises de nitrogênio em virtude de sua alta volatilidade no solo, seguindo-se apenas a recomendação de adubação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2008). Também não foram realizadas as análises de metais pesados do solo, pois eles não foram detectados nas análises do efluente tratado. O solo foi caracterizado como arenoso, conforme a classificação textural da United States Department of Agriculture (USDA, 1993). Portanto, o solo foi preparado apenas com grade niveladora. Não houve necessidade de calagem em virtude do valor do pH, em conformidade com os padrões de produção ótimos da melancia, entre 5,5 e 6,8, recomendados por Mendes, Faria e Silva (2010). A saturação por base foi de 70%. As amostras de solo foram coletadas na área de influência dos emissores (bulbo úmido), sendo recolhidas três amostras simples para cada tratamento.

Características dos frutos

Para essa caracterização, foram analisados os parâmetros: diâmetro transversal, espessura da casca, peso, sólidos solúveis totais e produtividade das melancieiras. As medidas dos diâmetros dos frutos foram realizadas com o auxílio de uma régua milimetrada, sendo as melancias cortadas

transversalmente. Com os frutos partidos, também foram tiradas as medidas da espessura da casca e extraídas pequenas amostras líquidas das melancias, sendo injetadas em tubos de ensaios, para análises de coliformes termotolerantes (método dos tubos múltiplos) e para medir o teor de açúcar (sólidos solúveis totais). Já a produtividade média das melancieiras foi estimada em unidade de massa por unidade de área, de acordo com o peso médio dos frutos, em cada tratamento. O peso médio dos frutos foi medido em uma balança digital comercial (Filizola BP15) com precisão de duas casas decimais. Os dados experimentais foram avaliados mediante análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do efluente bruto e tratado da estação de tratamento de esgoto

A Tabela 2 apresenta os valores dos resultados das análises físico-químicas, bacteriológicas e parasitológicas da caracterização do afluente e efluente do sistema de tratamento (amostra do efluente coletada na mangueira de distribuição às plantas).

O reator apresentou eficiência na remoção de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), em média, de 72 e 85%, respectivamente. Para o CONAMA (2011), a DBO está conforme o limite permitido para disposição em corpos d'água, no entanto está em desacordo com a recomendação de Pearson (1986) e da United States Environmental Protection Agency (USEPA,

Tabela 2 – Características do afluente e efluente do sistema de tratamento anaeróbio implantado em Petrolândia, Pernambuco (valor médio ± desvio padrão).

Parâmetros	Número de amostras	Unidade	Afluente	Efluente ^a	Eficiência de remoção (%)
Sólidos totais	6	mg.L ⁻¹	533±95	450±181	15,6
Sólidos totais fixos			265±105	216±98	18,5
Sólidos totais voláteis			268±160	234±109	12,7
Sólidos suspensos totais	6	mg.L ⁻¹	158±96	114±74	27,8
Sólidos suspensos fixos			39±26	28±20	28,2
Sólidos suspensos voláteis			119±61	86±60	27,7
Sólidos dissolvidos totais	6	mg.L ⁻¹	375±104	308±149	17,9
Sólidos dissolvidos fixos			226±44	188±103	16,7
Sólidos dissolvidos voláteis			149±37	120±61	19,5
DBO ^b	15	mg.L ⁻¹	440±113	65±19	85,2
DQO	15		542±135	150±37	72,3
Helmintos	6	ovo.L ⁻¹	74	0	100
Coliformes termotolerantes	6	mg.L ⁻¹	1,8 × 10 ⁷	2,7 × 10 ⁶	85
NTK (N)	15	mg.L ⁻¹	59±25	45±12	23,7
Nitrogênio amoniacal (N)	15		37±25	31±14	16,2
Fósforo (P)	15		5±1	5±1	0
Sódio (Na)	15		79±14	65±14	17,2
Potássio (K)	15		15±2	15±2	0
RAS	6		mmol _c .L ⁻¹	–	3,06

^aAmostras coletadas na mangueira de distribuição do efluente tratado às plantas; ^bValores de DBO total e DQO total; RAS: Razão de adsorção do sódio.

2004), ultrapassando o limite de 30 mg.L⁻¹ para a DQO e de 35 mg.L⁻¹ para a DBO. O valor médio de sólidos suspensos do efluente foi de 114 mg.L⁻¹, configurando risco severo de entupimento de gotejadores (BUCKS; NAJAYAMA; GILBERT, 1979; PESCOD, 1992), o que foi confirmado no experimento e ressaltou a necessidade de realizar frequentemente a sua limpeza.

O efluente apresentou valor médio da razão de adsorção de sódio de 3,06 mmol_c.L⁻¹. Segundo Ayers e Westcot (1976), a razão de adsorção do sódio (RAS) máxima permitida na água de irrigação é de 3,0 mmol_c.L⁻¹, entretanto a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2005) determina que águas residuárias destinadas ao uso agrícola devem ter RAS < 12 mmol_c.L⁻¹. Conforme a World Health Organization (WHO, 2006), não há restrições quanto ao uso do efluente doméstico com concentrações de N-NTK entre 20 e 85 mg.L⁻¹ no solo, pois não causa problemas de acidificação e aumenta a produtividade das culturas.

A concentração de Na encontrada está dentro dos padrões recomendados pela CETESB (2005), que sugere concentração máxima de 69 mg.L⁻¹ na água residuária destinada ao uso agrícola. Não foram constatados ovos de helmintos no efluente tratado, possivelmente em virtude da sua retenção, seja no tanque de acumulação (ou equalização) ou nos filtros de disco do sistema de irrigação. Além disso, os emissores (gotejadores) tinham minúsculos “labirintos” por onde o efluente era obrigado a passar, podendo também ter retido os eventuais ovos de helmintos que conseguiram passar pelas sucessivas barreiras de sedimentação e filtração.

WHO (1989) e Tsutiyu (2001) consideram o efluente tratado, com as características aqui apresentadas, aceitável para ser utilizado na irrigação de culturas que devem ser processadas industrialmente, utilizando-se desse sistema de irrigação desde que não haja contato direto de pessoas com o efluente tratado. Ayres e Mara (1996) consideram as recomendações estabelecidas pela WHO (1989) não relevantes para esses microrganismos quanto à qualidade sanitária. O tratamento teve eficiência de remoção de coliformes termotolerantes de 85%. Andrada (2005) relatou concentração média de coliformes termotolerantes de 4,24 × 10⁷ NMP/100 mL, em efluente do reator UASB, com redução de 82%.

Não foram detectados, pelos métodos aplicados, metais pesados nas análises laboratoriais (Tabela 3). Os micronutrientes Cu, Zn, Mg e Fe estão dentro das diretrizes recomendadas pela CETESB (2005) para o reúso agrícola. Pescod (1992) alerta para a utilização de água de irrigação com concentração de Fe > 1,5 mg.L⁻¹, pois o risco de entupimento dos gotejadores e sistema de adução de água também é severo.

Caracterização do solo

Na Tabela 4 são apresentados os resultados de análises de solo com amostras das parcelas correspondentes aos tratamentos T3 (100%) e T4 (125%), que correspondem às lâminas consideradas próximas da ideal calculada para o fornecimento da demanda hídrica nas condições estudadas (planta, solo, ET_c), para a profundidade de 0 a 20 cm.

Observa-se que praticamente não houve diferença nos valores medidos para cada parâmetro do solo nos dois tratamentos.

As concentrações dos micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn) no solo aumentaram, assim como a concentração de Ca, que teve pequeno incremento em todos os tratamentos. A adubação com micronutrientes deve ser feita na época do plantio, especialmente de Zn na dose de 3 kg.ha⁻¹, caso o solo apresente teor baixo, ou seja, igual ou inferior a 0,5 mg.dm⁻³ (TRANI; VAN RAIJ, 1996). Logo, não foi necessária a adição de Zn. Os demais micronutrientes foram ministrados via foliar, em 6 aplicações, a partir do 20º DAE das plantas, com intervalo de uma semana.

Após os plantios, observou-se que houve acréscimo nas concentrações de praticamente todos os nutrientes no solo, como se esperava, com exceção de K. Isso pode ser explicado em virtude de o potássio ter alta mobilidade no solo, podendo ser intensamente lixiviado, dependendo da quantidade de chuva, da dose de nutriente aplicado, da textura do solo, da lâmina de irrigação, entre outros fatores (SERAFIM *et al.*, 2012). Outra hipótese é que, segundo Rosolem, Bessa e Pereira (1993), a passagem de K de formas trocáveis para não trocáveis é rápida, principalmente em solos esgotados. Esse pode ser o caso do solo estudado, uma vez que em algumas profundidades ocorreram baixos teores de K trocável e teores mais altos de K não trocável (ROSOLEM; NAKAGAWA, 2001).

As concentrações de Na⁺ e Al³⁺ se elevaram, mas não a níveis capazes de provocar danos como sodicidade ou toxidez ao solo. Para as discussões dos teores de Ca e Mg, seriam necessárias análises foliares para saber se as concentrações encontradas são suficientes para a planta atingir seu melhor desenvolvimento vegetativo. Também seriam necessárias análises foliares de micronutrientes (Fe, Cu, Zn e Mn), para resultados precisos sobre o fornecimento ideal desses elementos à planta. Portanto, os resultados dessas análises só seriam úteis para plantios posteriores.

Em relação ao pH e ao H⁺ no solo, foi notado aumento da acidez do solo após a colheita. Santos (2004), estudando os efeitos do efluente de esgoto tratado rico em Na em um Argissolo Vermelho Distrófico cultivando capim, também notou redução do pH após o plantio. Assim como Nascimento *et al.* (2004), em estudo da aplicação de doses crescentes de

Tabela 3 – Resultados das análises de metais dos afluentes e efluente (valor médio em mg.L⁻¹) (número de amostras = 3).

Parâmetro	Afluente bruto	Efluente ^a
Cd	nd	nd
Cr	nd	nd
Co	0,16	0,08
Pb	nd	nd
Ni	nd	nd
Zn	1,20	1,25
Fe	2,40	2,20
Mn	0,12	nd

^aAmostras coletadas na mangueira de distribuição às plantas; nd: Não detectado.

lodo de esgoto em um Espodosolo e em um Argissolo no cultivo de plantas de milho e de feijoeiro, observaram que à medida que as doses foram aumentadas, o pH sofreu redução progressiva nos dois tipos de solo. Uma explicação possível para os menores valores de pH do solo observados pode ser atribuída ao processo de nitrificação, em que o $N-NH_4^+$ é oxidado a $N-NO_3^-$ e $N-NO_2^-$, com produção líquida de dois íons de H^+ e consequente redução do pH (BETTIOL; FERNANDES, 2004). Outra explicação cabível, segundo Simonete *et al.* (2003), é que a acidificação pode estar associada, além das reações de nitrificação do $N-NH_4^+$, à possível oxidação de sulfetos e à produção de ácidos orgânicos durante a degradação dos resíduos por microrganismos (BOUWER, 2000).

A soma de bases é uma indicação do número de cargas negativas que estão ocupadas por bases nos colóides do solo. A irrigação com o efluente tratado proporcionou aumento da soma de base em quase todos os tratamentos, pelo aporte dos nutrientes ao solo, como esperado. Os resultados do T1 (50%) foram os mais expressivos, partindo de 1,6 $cmol_c \cdot dm^{-3}$ e alcançando valores de 1,9 $cmol_c \cdot dm^{-3}$. Esses números da soma de base são considerados baixos para o desenvolvimento das plantas, apesar de ser um resultado esperado para o solo estudado. Silva (2007), irrigando feijão-caupi com esgoto tratado, encontrou soma de base de 5,26 $cmol_c \cdot dm^{-3}$.

Tabela 4 - Características químicas do solo na camada de 0 a 20 cm antes e após plantio para os tratamentos T3 (100%) e T4 (125%) (valor médio).

Parâmetro ^a	Unidade	Antes do plantio		Após colheita	
		T3	T4	T3	T4
Fe	mg.dm ⁻³	16,0	12,6	22,0	22,3
Cu		0,4	0,1	1,8	0,8
Zn		3,5	3,8	5,3	4,5
Mn		14,6	10,4	21,5	8,9
P		10,9	10,3	12,2	7,7
pH	—	6,1	6,0	5,5	5,3
H	cmol _c .dm ⁻³	1,2	0,2	1,0	0,2
K		0,2	0,3	0,2	0,2
Na		0,1	0,0	0,2	0,1
Al		0,0	1,4	0,1	1,1
Ca		1,2	0,3	1,4	0,3
Mg		0,3	0,9	0,4	1,0
SB		1,9	2,2	2,2	1,8
CTC _(T)		3,1	3,2	3,3	2,9
V		61,3	69,7	64,0	61,4
C		0,4	0,4	0,4	0,3
M	%	2,3	9,4	6,1	5,4
MO		0,6	0,7	0,6	0,5
PST		4,7	9,6	3,8	5,6
RAS		0,2	0,3	0,2	0,2

^aOs elementos estão na forma ionizada; SB: Soma de bases; CTC_(T): Capacidade de troca de cátions potencial; V: Índice de saturação por base; M: Índice de saturação por alumínio; MO: Matéria orgânica; PST: Potencial de sódio trocável; RAS: Razão de adsorção do sódio.

dm^{-3} para a faixa de 0 a 20 cm, mas também a considerou baixa para o seu tratamento, no caso em um Argissolo Amarelo Eutrófico típico.

Como é característico para o Neossolo Quartzarênico, a capacidade de troca de cátions potencial registrada foi baixa em todos os tratamentos (CTC_(T) médio de 3,2 $cmol_c \cdot dm^{-3}$), sofrendo leves incrementos. Em experimento com milho em Argissolo Amarelo Distrófico, irrigado com efluente doméstico de reator UASB, o solo foi considerado como de baixa fertilidade, com CTC_(T) inferior a 24 $cmol_c \cdot dm^{-3}$ em todos os seus tratamentos (BARROS; NASCIMENTO; FLORENCIO, 2012). A baixa CTC_(T) nos Neossolos Quartzarênicos encontrada no presente estudo se deve às suas características minerais, formados em sua maioria por uma fração arenosa que tem baixa capacidade de troca catiônica (GOEDERT, 1987).

Em relação aos índices de saturação por base (V) dos 4 tratamentos, as quantidades encontradas no solo foram aquém do ideal para melancia: 70% (MENDES; FARIA; SILVA, 2010). No entanto, esses percentuais não impossibilitam o cultivo da cucurbitácea e são considerados ainda adequados (V > 50%) (OLIVEIRA; JACOMINE; CAMARGO, 1992).

A porcentagem de sódio trocável (PST) não ultrapassou os 15% em nenhum dos tratamentos, sendo, portanto, classificado como um solo não sódico (RICHARDS, 1954). Um solo sódico poderia causar dispersão de argilas e, conseqüentemente, comprometer a condutividade hidráulica. Por isso não houve efeito nocivo ao solo ou às plantas. Como o Ca^{2+} e o Mg^{2+} praticamente não sofreram alterações nas suas concentrações no solo estudado, o aumento da PST ocorreu em virtude do incremento de Na^+ .

Os teores de C foram mantidos constantes em todos os tratamentos, o que já era esperado por causa da grande concentração de matéria orgânica presente no esgoto doméstico. Os resultados de RAS não foram expressivos, confirmando o baixo risco de sodicidade do solo.

Caracterização climática

Durante o período experimental, foram obtidos dados de temperatura, precipitação e umidade, além de velocidade do vento e insolação, da microestação meteorológica instalada, sendo também utilizados em outros experimentos no local. A temperatura média diária do ar durante o período do plantio foi de 25,7°C±1, com mínima de 21,7°C±1 e máxima de 28,1°C±1 diária. Resende, Dias e Costa (2006) comentam que a temperatura do ar ideal para o desenvolvimento da melancia deve estar em torno de 25 °C. Logo, a temperatura foi favorável para o cultivo de melancia.

A precipitação pluviométrica acumulada foi de apenas 15,0 mm, ao passo que a evapotranspiração de referência (ET_p) total foi de 333,59 mm durante o período do plantio, caracterizado como seco. Praticamente não houve precipitação durante o plantio e as poucas chuvas foram irregularmente distribuídas. Levando em conta o pequeno volume e as perdas da água precipitada (por evaporação, percolação profunda e interceptação), pode-se afirmar que esse volume de chuva teve participação insignificante na hidratação da cultura e na lavagem do solo, portanto não interferiu nos resultados das análises de fruto e de solo. A umidade

relativa média variou entre 38,5 e 70,5%, com média de 52,9%, que, segundo Villas Bôas (2001), esteve abaixo do ideal para o seu cultivo.

Lâmina e quantidade de adubo aplicado ao solo

A evapotranspiração observada no TCA (ECA) foi de 8,3 mm.dia⁻¹, com ET_{0(TCA)} de 5,39 mm.dia⁻¹ e ET_c de 4,58 mm.dia⁻¹. Esses dados foram obtidos para períodos anteriores aos plantios em virtude da necessidade de estimativa de um valor da lâmina de irrigação. Sendo assim, foram aplicadas as lâminas brutas de irrigação (LBI) de aproximadamente:

- T1 (50%): 2,0 mm;
- T2 (75%): 3,0 mm;
- T3 (100%): 4,0 mm;
- T4 (125%): 5,0 mm.

A lâmina de irrigação só era aplicada quando a precipitação diária era menor que a LBI, atendendo às necessidades hídricas das plantas. Como o efluente tratado forneceu quantidades suficientes de N e K para suprir as necessidades da cultura nos tratamentos T3 (100%) e T4 (125%), para estes foram adicionadas apenas as dosagens do fertilizante comercial com base na concentração média de P, sendo elas de 63 e 59 g de superfosfato simples. Os demais tratamentos receberam suplementação nutricional, conforme descrito na metodologia.

Parâmetros de crescimento dos frutos da melancia

A Tabela 5 mostra os resultados médios das análises de frutos ao se aplicar as quatro lâminas distintas de irrigação, variando de acordo com a ET_c, estimada pelo método evaporimétrico do TCA e baseada nos dados da miniestação meteorológica instalada no local. Os frutos que apresentaram maiores diâmetros foram os do tratamento T4 (125%), com média de 20,78 cm, com diferença significativa entre os demais tratamentos — no entanto se deve ter cautela ao interpretar o diâmetro transversal, porque por si só a medida não representa uma relação direta com o peso do fruto, pois podem ocorrer frutos com mesmo diâmetro, porém mais alongados. Ramos, Dias e Aragão (2009), estudando a influência da densidade de plantio na produtividade e qualidade de frutos de melancia, observaram que não houve diferenças significativas utilizando espaçamento de 2,0 × 0,5 m no diâmetro dos frutos, atingindo diâmetro e peso médio de 18,57 cm e 3,67 kg, respectivamente.

Quanto à espessura média da casca, os maiores valores foram obtidos para os tratamentos T3 e T4, de 9,35 e 8,30 mm, respectivamente; e os menores valores para T1 e T2, mas ambos sem diferença significativa. Já no caso dos sólidos solúveis totais, o maior valor foi obtido para T3, 7,43 °Brix, embora sem diferença significativa com os demais tratamentos. Uma maior espessura da casca confere maior peso ao fruto e, consequentemente, maior valor de venda. No entanto, em massa comestível, o fruto perde mais a polpa, podendo desagradar ao consumidor. Ainda nos estudos de Ramos, Dias e Aragão (2009), não houve diferença

significativa entre as espessuras das cascas. As diferenças entre o diâmetro do fruto e a espessura de casca foram atribuídas ao genótipo, assim como este aparenta ser o motivo das diferenças de tais características neste trabalho, visto que os aumentos nos valores dos parâmetros não acompanharam os incrementos das lâminas aplicadas ao solo. Santos Filha *et al.* (2005), em estudo realizado no município de Mossoró (RN), analisaram e constataram diferenças significativas entre os genótipos de melancia sem sementes (W 913 e SQ) para os sólidos solúveis e também atribuíram as diferenças a aspectos intrínsecos de cada genótipo.

Os valores de produtividade de todos os tratamentos variaram entre 32,4 e 61,1 t.ha⁻¹ (Figura 2), aumentando de acordo com o acréscimo da lâmina de irrigação. Esse fato também foi observado por Xie *et al.* (2006), que encontraram valores de produtividade entre 40,2 e 58,5 t.ha⁻¹ com a irrigação realizada com água de abastecimento. Todos os valores de produtividade foram maiores que as médias do Brasil (FAOSTAT, 2011) e do Estado de Pernambuco (IBGE, 2011), que são de 22,5 e 21,4 t.ha⁻¹, respectivamente. No entanto, esses valores são considerados para os cultivos em sequeiro, naturalmente de baixa produtividade, bem como as diferentes condições de plantio e climatológicas.

No tratamento T2 (75%) houve diferença significativa em todos os parâmetros que caracterizam a melancia, com diferença percentual de 17,93, 24,81, 88,86, 5,85 e 21%, para os resultados médios de diâmetro transversal (cm), espessura da casca (mm), peso (kg), sólidos solúveis totais (°Brix) e produtividade (t.ha⁻¹), respectivamente, favoráveis ao T4 (125%). O tratamento T4 (125%), além de ter tido maior peso médio, também obteve os melhores resultados de produtividade média, como esperado, com acréscimo de 24,15 e 32,25%, respectivamente, quando comparado com o tratamento T3 (100%), que teve o segundo melhor resultado para as variáveis peso e produtividade média. Logo, no experimento em análise, a lâmina com maior retorno econômico foi a de T4 (125%), tendo em vista que o fruto é vendido por unidade de massa.

Azevedo *et al.* (2005) estudaram o efeito de cinco níveis de lâminas de irrigação no cultivo da melancia *cv. Mickylee PVP* em sistema de irrigação por gotejamento com água. Observaram que a lâmina de

Tabela 5 – Características dos frutos da melancia irrigada com efluente tratado para os tratamentos com quatro lâminas distintas de irrigação (T1 = 50%, T2 = 75%, T3 = 100%, T4 = 125%) (número de amostras= 6).

Diâmetro transversal (cm)	Espessura da casca (mm)		Peso (kg)		Sólidos solúveis totais (°Brix)		
	T	Média	T	Média	T	Média	
T ^a	Média ^b	T	Média	T	Média	T	Média
T1	17,62a	T1	6,65a	T1	3,77a	T1	6,33 NS ^c
T2	18,34a	T2	7,15a	T2	4,63b	T2	7,27 NS
T3	19,27a	T3	9,35c	T3	5,40c	T3	7,43 NS
T4	20,78b	T4	8,30b	T4	7,12d	T4	6,70 NS

^aLâmina de efluente em % relativo à ET_c - evapotranspiração da cultura; ^bPelo teste de Tukey (p>0,05) médias com mesma letra (a,b,c,d) não diferem significativamente;

^cDiferença não significativa.

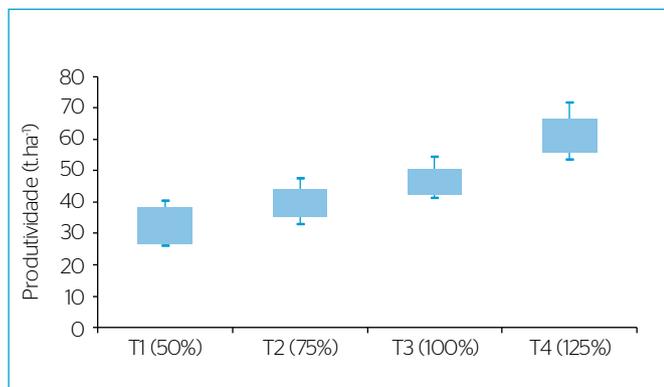


Figura 2 - Resultados de produtividade da melancia irrigada com efluente tratado em tratamentos (T) com 4 lâminas distintas (% relativo à ETc - evapotranspiração da cultura). Traços superiores e inferiores (-) são valores máximos e mínimos. Barras superiores e inferiores (—) são valores médios \pm desvios padrão.

irrigação influenciou na produtividade, no peso, no comprimento e no perímetro médio dos frutos. À medida que houve aumento da lâmina, os resultados dessas características foram mais expressivos, tendo alcançado o máximo de produtividade com a aplicação da lâmina de 125% da evaporação do TCA. Contudo, os valores dos sólidos solúveis totais não apresentaram alteração com a variação da lâmina.

CONCLUSÕES

Comparando os resultados das análises laboratoriais do efluente tratado deste estudo e as recomendações de uso, não há restrições à sua utilização para fins de irrigação de culturas que devem ser processadas industrialmente. No entanto, para a irrigação irrestrita seria necessária uma maior remoção de DBO, N-NH₄⁺ e coliformes fecais, sendo fundamentais alguns cuidados no manejo da irrigação, evitando, assim, a contaminação do fruto. A remoção da concentração de sólidos, mesmo com tanque de equalização e filtros de discos para a irrigação, foi pouco expressiva e, para evitar riscos severos de entupimento nos gotejadores, recomenda-se melhorar a remoção de sólidos suspensos totais (SST) para o reúso agrícola.

A fertirrigação aumentou as concentrações dos macronutrientes e dos micronutrientes, mas a elevação da CTC no solo foi pequena. Dos metais no efluente, apenas o ferro ofereceu risco de entupimento dos emissores, os demais não foram detectados ou não ofereceram risco de toxicidade às plantas. A fertirrigação também elevou as concentrações de Na⁺ e Al³⁺, mas os valores encontrados não são capazes de provocar danos ao solo, como sodicidade ou toxidez por alumínio. Os valores de PST verificados nos solos não atingiram o número crítico de 15% e os resultados de RAS não foram expressivos, confirmando o baixo risco de sodicidade do solo. O pH do solo diminuiu, porém não a níveis indesejáveis para o desenvolvimento da cultura. Ademais, não houve risco de infecção por coliformes e por nematoides para o consumo *in natura* dos frutos.

A lâmina de irrigação de 125% da ET_c foi a que desempenhou os melhores resultados de produtividade média (61,1 t.ha⁻¹) e peso médio dos frutos (7,12 kg), não necessitando da adubação mineral, o que resultou na melhor alternativa econômica.

Pode-se concluir que o reúso de esgoto doméstico tratado para fins agrícolas é viável agrícola e sanitariamente. É uma alternativa para minimizar os impactos ambientais, otimiza o uso dos recursos hídricos e pode ser fonte de renda complementar para agricultores em cultivos de pequeno porte.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro para realização da pesquisa; à prefeitura de Petrolândia, Pernambuco, por disponibilizar a área para experimentação e apoio para o desenvolvimento do trabalho na cidade; à UFRPE pelas análises de solos e disponibilização da estrutura da Estação Experimental de Carpina, Pernambuco; e aos colegas da UFPE, do Laboratório de Saneamento Ambiental, Laboratório de Engenharia Ambiental (CAA) e Laboratório de Química (CAA), pelo apoio nas análises químicas.

REFERÊNCIAS

ABREU, J.M.H.; LÓPEZ, J.R.; REGALADO, A.P.; HERNÁNDEZ, J.F.G. (1987) *El Riego Localizado*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 317 p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998) *Crop Evapotranspiration*. Roma: FAO Irrigation and Drainage Paper. v. 56. 299 p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). (2005) *Standard Methods for the Examination*

of Water and Wastewater. 21. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association.

ANDRADA, J.G.B. (2005) *Utilização de filtros grosseiros para remoção de algas presentes em efluentes de lagoas de polimento*. 99 f. (Dissertação) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. (1976) *Water quality for agriculture*. FAO Irrigation and Drainage. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, n. 29.

- AYRES, R.M.; MARA, D. (1996) *Analysis of wastewater for use in agriculture: a laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques*. Genebra: World Health Organization. 35 p.
- AZEVEDO, B.M.; BASTOS, F.G.C.; VIANA, T.V.A.; RÉGO, J.L.; D'ÁVILA, J.H.T. (2005) Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. *Revista Ciência Agronômica*, v. 36, n. 1, p. 9-15.
- BARROS, K.K.; NASCIMENTO, C.W.A.; FLORENCIO, L. (2012) Nematode suppression and growth stimulation in corn plants (*Zea mays L.*) irrigated with domestic effluent. *Water Science and Technology*, v. 66, p. 681-688. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.230>
- BASTOS, R.K.X.; KIPERSTOK, A.; CHERNICHARO, C.A.L.C.; FLORENCIO, L.; MONTEGGIA, L.O.; SPERLING, M.V.; AISSÉ, M.M.; BEVILACQUA, P.D.; PIVELI, R.P. (2008) Subsídios à regulamentação do reúso da água no Brasil - Utilização de esgotos sanitários tratados para fins agrícolas, urbanos e pisciculturais. *Revista DAE*, n. 177, p. 50-62. <https://doi.org/10.4322/dae.2014.016>
- BECERRA-CASTRO, C.; LOPES, A.R.; VAZ-MOREIRA, I.; SILVA, E.F.; MANAIA, C.M.; NUNES, O.C. (2015) Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. *Environment International*, v. 75, p. 117-135. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.11.001>
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. (2008) *Manual de Irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV. 596 p.
- BETTIOL, W.; FERNANDES, S.A.P. (2004) *Efeito do lodo de esgoto na comunidade microbiana e atributos químicos do solo*. Jaguariúna: Embrapa. 6 p. (Comunicado Técnico, 24).
- BOUWER, H. (2000) Integrated water management: emerging issues and challenges. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 45, n. 3, p. 217-228. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00092-5](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00092-5)
- BUCKS, D.A.; NAJAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G. (1979) Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. *Agriculture Water Management*, v. 2, p. 149-162. DOI: 10.1016/0378-3774(79)90028-3
- CHEN, W.; LU, S.; JIAO, W.; WANG, M.; CHANG, A.C. (2013) Reclaimed water: A safe irrigation water source? *Environmental Development*, v. 8, p. 74-83. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2013.04.003>
- CHRISTIANSEN, J.E. (1942) Irrigation by sprinkling. *California Agricultural Experiment Station. Bulletin*. Berkeley: University of California. 124 p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB) (2005) *Decisão de Diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005*. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo - 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. São Paulo.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). (2003) *Regulamentação do uso agrícola de lodo de esgoto*. Processo nº 02000.002533/2003-11. Brasil.
- _____. (2011) *Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 18 mar. 2013.
- DAVIES, E.G.R.; SIMONOVIC, S.P. (2011) Global water resources modeling with an integrated model of the social-economic-environmental system. *Advances in Water Resources*, v. 34, n. 6, p. 684-700. <http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.2011.02.010>
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. (1997) *Guidelines for Predicting Crop Water Requirements*. Roma: FAO. 179 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24.)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). (1999) *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. EMBRAPA. 370 p.
- EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (IPA). (2008) *Recomendações de Aducação para o Estado de Pernambuco (2ª aproximação)*. 3. ed. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco. 212 p.
- FLORENCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; AISSÉ, M.M. (2006) Uso do Esgotos Tratados para Produção Animal. In: FLORENCIO, L. (Org.). *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES. p. 301-330.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2003) *World agriculture towards 2015/2030: an FAO perspective*. Roma: FAO. 432 p. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 6 maio 2013.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTIC DIVISIONS (FAOSTAT) (2011) Core production data, watermelon, 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 7 out. 2013.
- GOEDERT, W.J. (1987) Management of acid tropical soils in the savannas of South America. In: INTERNATIONAL BOARD FOR SOIL RESEARCH AND MANAGEMENT (IBSRAM). *Management of acid tropical soils for sustainable agriculture: Proceedings of an IBSRAM inaugural workshop*. Bangkok. p. 109-127.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) (2011) Sistema de recuperação automática - Sidra: Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes, v.38, 2011. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/ProducaoAgricola/ProducaoAgricolaMunicipal\[anual\]/2011/taelaspdf/tabela02.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/ProducaoAgricola/ProducaoAgricolaMunicipal[anual]/2011/taelaspdf/tabela02.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2014.
- KÖPPEN, W. (1931) *Climatologia*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- MARQUELLI, W.A.; BRAGA, M.B.; ANDRADE JUNIOR, A.S. (2012) *Irrigação na cultura da melancia*. Brasília: Embrapa Hortaliças. (Circular Técnica, 108.)

- MENDES, A.M.S.; FARIA, C.M.B.; SILVA, D.J. (2010) *Sistema de produção*: Adubação. Embrapa Semiárido. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/adubacao.htm>>. Acesso em: 2 ago. 2012.
- MIRANDA, R.F.; RODRIGUES, G.A.; SILVA, R.H.; SILVA, C.L.W.; SATURNINO, M.H.; FARIA, S.H.F. (1997) *Instruções Técnicas sobre a Cultura da Melancia*. Belo Horizonte: EPAMIG. 28 p. (Boletim Técnico, 51)
- NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. (2004) Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 28, p. 385-392. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000200017>
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.; CAMARGO, M.N. (1992) *Classes gerais de solo do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento*. Jaboticabal: UNESCO/FUNEP. 201 p.
- PEARSON, H.W. (1986) *The Reuse of Waste Stabilization Pond Effluents for Aquaculture and Agriculture*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- PERAZZO, G.M.; KATO, M.T.; FLORENCIO, L. (2002) *Perfil do Saneamento em 29 Municípios da Área de Xingó*. Recife: UFPE/ Departamento de Engenharia Civil.
- PESCOD, M.B. (1992) *Wastewater Treatment and Use in Agriculture*. Roma: FAO. p. 117-118. (Irrigation and Drainage Paper 47)
- QUEIROZ, M.A.; RAMOS, S.R.R.; MOURA, M.C.C.L.; COSTA, M.S.V.; SILVA, M.A.S. (1999) Situação atual e prioridade do Banco Ativo de Germoplasma (BGA) de curcubitáceas do Nordeste brasileiro. *Horticultura Brasileira*, v. 17, p. 25-29.
- RAMOS, A.R.P.; DIAS, R.C.S.; ARAGÃO, C.A. (2009) Densidades de plantio na produtividade e qualidade de frutos de melancia. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 4, p. 560-564. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362009000400026>
- RESENDE, G.M.; COSTA, N.D.; DIAS, R.C.S. (2010) *Sistema de Produção de Melancia: Plantio*. Embrapa Semiárido. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/plantio.htm>>. Acesso em: 18 ago. 2013.
- RESENDE, G.M.; DIAS, R.C.S.; COSTA, N.D. (2006) *Cultivo de melancia*. Sistema de produção, 4. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelancia/clima.htm>. Acesso em: 26 jan. 2013.
- RICHARDS, L.A. (1954) *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington, D.C.: Department of Agriculture. 160 p. (USDA Agricultural Handbook 60.)
- ROSOLEM, C.A.; BESSA, A.M.; PEREIRA, H.F.M. (1993) Dinâmica do potássio no solo e nutrição potássica da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 28, p. 1045-1054.
- ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J. (2001) Residual and annual potassic fertilization for soybeans. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 59, p. 143-149. <https://doi.org/10.1023/A:1017555023168>
- SANTOS, A.P.R. (2004) *Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico cultivado com capim - Tifton 85*. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANTOS FILHA, M.E.C.; MORAIS, F.A.; ANDRADE, M.E.L.; ARAÚJO, J.M.M.; AROUCHA, E.M.M. (2005) Caracterização pós-colheita de híbridos de melancia sem semente nas condições de Mossoró-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 15., Fortaleza. *Resumos...* Fortaleza: SBO (CD-ROM).
- SERAFIM, M.E.; ONO, F.B.; ZEVIANI, W.M.; NOVELINO, J.O.; SILVA, J.V. (2012) Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 2, p. 222-227.
- SILVA, A.B.; SILVA, A.C.S.; MENEZES, A.A.A.; MELLO, C.M.L.; ZENAIDE, E.S.; SILVA, F.H.B.B.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SANTOS, J.C.P.; OLIVEIRA NETO, M.B.; SILVA, R.R. (2001) *Mapa Exploratório-Reconhecimento de solos do município de Petrolândia, PE*. Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE). Recife: Embrapa Solos, UEP. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/pe/petrolandia.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2013.
- SILVA, R.J.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; NASCIMENTO, C.W.A.; KATO, M.T. (2015). Cultivo de mudas de eucalipto irrigadas com esgoto doméstico tratado. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 20, n. 2, p. 323-330. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000084883>
- SILVA, V.P. (2007) *Efeitos da fertirrigação com efluente de lagoa de polimento nos atributos do solo na produção de feijão caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp)*. 128 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SIMONETE, M.A.; KIEHL, J.C.; ANDRADE, C.A.; TEIXEIRA, C.F.A. (2003) Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 10, p. 1187-1195. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003001000008>
- SOUZA FILHO, E.J.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; KATO, M.T. (2017) Influência dos níveis de adubação química em cultivo de melancia irrigado com esgoto doméstico. *Revista DAE*, v. 65, n. 207, p. 94-106. DOI: 10.4322/dae.2016.037
- TRANI, P.E.; VAN RAIJ, B. (1996) Hortaliças. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Orgs.). *Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC. p. 157-185.
- TSUTIYA, M.T. (2001) Uso agrícola dos efluentes das lagoas de estabilização do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES).
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). (1993) *Soil Survey Manual*. Washington, D.C.: USDA. 437 p. (Soil Survey Division Staff, Handbook 18.)

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). (2004) *Guidelines for Water Reuse*. EPA/625/R-04/108. Washington, D.C.: USEPA. 450 p.

VIEIRA, D.B. (1986) Relação água, solo e planta. In: CURSO DE ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO. Brasília: Programa Nacional de Irrigação. v. 1, 86 p.

VILLAS BÔAS, R.L. (2001) *Doses de Nitrogênio para Pimentão Aplicadas de Forma Convencional e Através da Fertirrigação*. 123 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.

WANG, Y.J.; XIE, Z.K.; LI, F.; ZHANG, Z. (2004) The effect of supplemental irrigation on watermelon (*Citrullus lanatus*) production in gravel and sand mulched fields in the Loess Plateau

of northwest China. *Agricultural Water Management*, v. 69, p. 29-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2004.03.007>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (1989) *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. Geneva: World Health Organization. 72 p. (Technical Report, series n. 778.)

_____. (2006) *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. Wastewater Use in Agriculture. Geneva: World Health Organization. v. 2, 114 p.

XIE, Z.; WANG, Y.; WEI, X.; ZHANG, Z. (2006) Impacts of a gravel-sand mulch and supplemental drip irrigation on watermelon (*Citrullus lanatus* [Thunb.] Mats. & Nakai) root distribution and yield. *Soil & Tillage Research*, v. 89, p. 35-44. DOI: 10.1016/j.still.2005.06.013

