



Efeito da fertirrigação de esgotos domésticos tratados na qualidade sanitária e produtividade do quiabo

Anna M. F. de Figueiredo¹; Beatriz S. O. de Ceballos²; José T. de Sousa³; Hélvia W. C. de Araújo⁴

¹ PRODEMA - UEPB/UFPB. Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Arnaldo Albuquerque, 715, CEP 58102-585, Alto Branco. E-mail: annamitchielle@uol.com.br

² Professora Dra. do Departamento de Engenharia Civil – AESA/UFCG. UEPB/UFPB

³ Dr. do Departamento de Química, CCT /UEPB e do PRODEMA

⁴ Professora Mestra do Departamento de Química da UEPB, CCT

Protocolo 156

Resumo: Na perspectiva de buscar tecnologias com menores riscos de transmissão de doenças e que favoreçam a produtividade, o objetivo deste trabalho foi verificar o desempenho de sistemas de tratamentos de esgotos domésticos, avaliando-se as características microbiológicas e parasitológicas dos efluentes e se verificando os efeitos de seu uso na irrigação através da avaliação da produtividade e contaminação da cultura do quiabo (*Abelmoschus esculentus*). Utilizaram-se efluentes do reator UASB e do seu pós-tratamento em Lagoa de Polimento e de um Leito de Brita. O efeito da fertirrigação na produtividade do quiabo foi comparado com as produtividades obtidas das culturas irrigadas com água de abastecimento e quando os solos foram tratados com adubo mineral. Verificou-se que o efluente do reator UASB e do Leito de Brita se apresentaram fora das recomendações sanitárias da OMS, e o seu pós-tratamento em Lagoa de Polimento proporcionou um efluente, com ausência de ovos de helmintos e com concentração de coliformes termotolerantes inferior a 1.000UFC/100mL; a fertirrigação das culturas de quiabo com efluentes do Leito de Brita e do UASB proporcionou considerável produtividade (25,7 e 24,7 t/ha), não havendo diferença significativa quando comparado ao quiabo que recebeu adubo mineral (27,8t/ha). Conclui-se que é viável a fertirrigação com esgotos domésticos tratados, sobretudo, para região semi-árida, mas, faz-se necessário manter controle microbiológico e parasitológico periodicamente.

Palavras-chave: águas residuárias, tratamento, reúso, fertirrigação

The effect of fertirrigation of treated domestic sewage over sanitary quality and okra productivity

Abstract: In an attempt to find a technique with low risk of disease transmission and high productivity, the objective of this work was the analysis of the performance of sewage treatment systems, evaluating the microbiological and parasitological effluent quality and verifying the effect of their use on irrigation through productivity evaluation and contamination in the cultivation of okra (*Abelmoschus esculentus*). Effluent from UASB reactor and its post-treatment in a Polishing Pond and Biological Filter were used. The effect of fertirrigation on okra productivity was compared to productivities obtained when crops were irrigated with supply water and when soil were treated with mineral fertilizer. Verification showed that effluent from UASB reactor and the Biological Filter effluents presented results that did not comply with WHO sanitary recommendations, but its post-treatment in a Polishing Pond provided an effluent which did not present helminth eggs and showed a concentration of thermotolerant coliforms below 1.000UFC/100mL. The fertirrigation of cultivations of okra with effluent from Biological Filter and UASB effluent led considerable productivity (25,7 and 24,7 t/ha), but didn't show a significant difference when compared to okra, which received mineral fertilizer (27,8t/ha). Concluding, is feasible fertirrigation with treated domestic sewage in the semiarid regions, but is necessary to maintain a microbiological and parasitological control periodically.

Key words: residual waters, treatment, reuse, fertirrigation

INTRODUÇÃO

Ante a necessidade de fontes alternativas para o aumento da oferta hídrica, uma das soluções apontadas é o reúso de água, importante instrumento de gestão dos recursos hídricos. Dentre as formas de aproveitamento de águas residuárias, o reúso agrícola apresenta destaque, e sua eficiência é comprovada através dos vários estudos realizados, concluindo-se que esta prática fornece água, promove o aumento da produtividade agrícola e a redução nos custos de fertilizantes (Monte & Sousa, 1992; Vazquez-Montiel et al., 1996; Mota et al., 1997; León & Cavalcanti, 1999; e Sousa & Leite, 2003) e pode, ainda, ser uma solução para o suprimento de água de irrigação em regiões semi-áridas (Mara & Pearson, 1987). Porém, a utilização de esgoto tratado na fertirrigação exige tecnologias de tratamento que proporcionem efluentes de qualidade sanitária segura, sem representar riscos de transmissão de doenças. Neste contexto, foram estudados, na presente pesquisa, três diferentes tratamentos, avaliando-se as características microbiológicas e parasitológicas dos efluentes, verificando os efeitos na produtividade e desenvolvimento do quiabo (*Abelmoschus esculentus*).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho desenvolvido entre agosto/03 a julho/04, foi conduzido na área experimental do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PB), na cidade de Campina Grande, (latitude sul 7°13', longitude oeste 35°52' e 550m de altitude). As principais características físicas e operacionais dos sistemas de tratamento estão apresentadas na Tabela 1.

Utilizaram-se efluentes dos reatores UASB, lagoa de polimento e leito de brita, para irrigação de culturas de quiabo. Os leitos de brita eram alimentados com uma vazão 0,42 (m³.dia) dos efluentes do UASB; cada leito, com área de 10m² (10m x

1m); altura 0,60m. Parte do efluente do reator UASB alimentava as lagoas de polimento, complementando o tratamento. A Tabela 2 apresenta as dimensões das lagoas.

Tabela 2. Dimensões e características operacionais da Lagoa de Polimento

	Largura (m)	Comprimento (m)	Profundidade (m)
Raia 1	1,0	2,05	0,57
Raia 2	0,88	2,04	0,53
Raia 3	0,88	2,01	0,48
Raia 4	0,89	2,00	0,44

O cultivo do quiabo (*Abelmoschus esculentus*) foi realizado em solo de baixa fertilidade, dividido em 20 parcelas, realizando-se 5 tratamentos com 4 repetições, distribuídas em um delineamento experimental de blocos casualizados: (T1) – Irrigação com água de abastecimento; (T2) – Irrigação com água de abastecimento e adubação mineral; (T3) – Irrigação com efluente da Lagoa de Polimento; (T4) – Irrigação com efluente do Leito de Brita e (T5) – Irrigação com efluente do UASB.

Na Tabela 3, são apresentados parâmetros microbiológicos e parasitológicos e métodos analíticos utilizados na caracterização dos efluentes, solos e quiabos.

A produtividade dos tratamentos foi realizada utilizando-se a massa “in natura” dos quiabos colhidos. A fim de evitar o efeito de bordadura, utilizaram-se apenas os quiabos colhidos na fileira do meio para cada parcela, fazendo-se uma extrapolação para se obter a produtividade total. Com a finalidade de verificar o comportamento com relação à produtividade de cada um dos tratamentos estudados utilizou-se, como procedimento estatístico a análise de variância (fator único) e, para identificar entre quais tratamentos havia diferença significativa, usou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efluente do reator UASB apresentou menor concentração de ovos de helmintos que o esgoto bruto (Tabela 4), embora esta diferença tenha sido baixa. O valor médio encontrado (143 ovos/L) se aproxima ao do esgoto bruto, evidenciando a escassa sedimentação no reator UASB (TDH=5h), com percentual de remoção de apenas 34%. A diversidade de ovos de helmintos no efluente do UASB e no

Tabela 1. Características físicas e operacionais do reator UASB e do Leito de Brita

Dimensões	Reator UASB	Leito de Brita
Volume (m ³)	5,0	6,0
Altura (m)	1,5	0,60
Tempo de Detenção Hidráulico (dia)	0,25	7,0
Vazão afluente (m ³ /h)	1,0	0,42

Tabela 3. Parâmetros microbiológicos e parasitológicos e os métodos analíticos utilizados na caracterização dos efluentes, dos solos e da cultura do quiabo utilizados no experimento

Parâmetros Microbiológicos	Métodos Analíticos
Efluentes e Cultura	
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	Técnica da Membrana Filtrante (APHA, 1998)
Escherichia coli UFC/100mL)	Técnica Cromogênica (Ec-MUG)
Parâmetros Parasitológicos	
Efluentes	
Ovos de Helmintos	Método de Bailenger (WHO, 1989) modificado
Cistos de Protozoários	Método de Ritchie (WHO, 1989) modificado
Solos	Método de Ensaio p/ Amostras Ambientais (CETESB, 1992)

UFC/100mL – Unidades formadoras de colônias por 100mL. **NMP/g – Números mais prováveis por grama

Tabela 4: Concentração média (ovos/L) e frequência dos ovos de helmintos encontrados no esgoto bruto e nos efluentes, durante o ciclo vegetativo do quiabo

Espécies de Helmintos	EB		UASB		LB		L P	
	Nºovos/L	%	Nºovos/L	%	Nºovos/L	%	Nºovos/L	%
<i>Ascaris sp.</i>	147,5	67,7	127,5	89	0	0	0	0
<i>Ancilostomideos</i>	7,1	3,3	5	3,5	0	0	0	0
<i>Trichuris sp.</i>	44,2	20,4	3,3	2,3	0	0	0	0
<i>Enterobius sp.</i>	9,6	4,4	3,3	2,3	0	0	0	0
<i>Hymenolepis sp.</i>	8,8	4	4,2	2,9	0	0	0	0
Total de ovos	217	100	143	100	0	0	0	0

EB: Esgoto bruto; UASB: reator anaeróbio de manta de lodo; LB: Leito de brita; LP: Lagoa de polimento

EB, foi a mesma, com predominância de *Ascaris sp.* com 127 ovos/L, representando aproximadamente 89% do total de ovos analisados, seguido de *Ancilostomideos*, com 5 ovos/L (3,5%), *Hymenolepis sp.* 4,2 ovos/L (2,9%), *Enterobius sp.* e *Trichuris sp.*, com média de 3 ovos/L (2,2%) cada um.

Verifica-se que a concentração de ovos de *Ascaris sp* é maior e esta diferença pode ter diferentes origens, como: predominância de casos de ascaridíase na população desprovida de esgotamento sanitário; maior resistência desses ovos em relação aos das outras espécies de helmintos; e densidade dos ovos como, por exemplo, os ovos de *Ascaris sp.* e *Ancilostomideos* que, encontrados em maior quantidade, apresentam densidades de 1,11 e 1,0 (Léon & Cavalcanti, 1999). Não foi evidenciado ovos de helmintos nos efluentes da lagoa de polimento nem do leito de brita, significando que esses sistemas de tratamento são excelentes na remoção dos parasitos (R=100%).

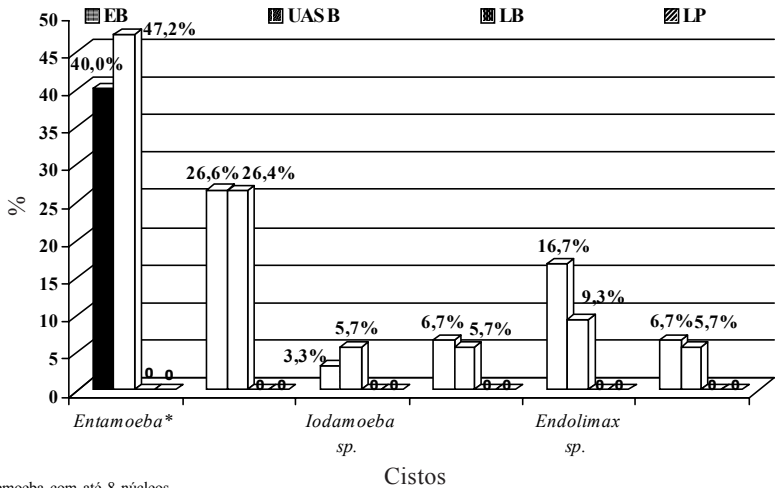
Os cistos de *Entamoeba* (com até 4 núcleos) se destacaram no esgoto bruto e no efluente do UASB, com frequência média de aparecimentos de 40% e 47%, respectivamente. Cistos de *Giardia sp.* também foram encontrados nesses dois tipos de amostra (6,7% esgoto bruto; 5,7% no efluente do reator UASB), seguidos de cistos de *Balantideo sp* (6,7 e 5,7% nos efluentes respectivos) (Figura 1). Das amebas não patogênicas nas amostras de esgoto bruto e reator UASB, destacou-se a *Entamoeba* (até 8 núcleos), com 26,6 e 26,4% de positividade,

seguida de *Endolimax* (16,7 e 9,3%), *Iodamoeba* (3,3 e 5,7%) respectivamente.

Apesar da sedimentação ser um dos mecanismos mais eficazes para remoção dos ovos de helmintos e de cistos de protozoários em amostras líquidas, devido às diferenças de densidade, levando ao acúmulo destes parasitas ao sedimento, observou-se maior concentração de cistos de protozoários no efluente do reator UASB (TDH=5h) que no esgoto bruto; este resultado se explica possivelmente, pela ressuspensão eventual do lodo do reator UASB, ou até mesmo pela melhor visualização nas lâminas de contagem durante a verificação dos cistos no efluente na observação microscópica, em virtude deste efluente ser mais claro que o esgoto bruto. Os parasitas detectados no presente trabalho são considerados de grande importância epidemiológica e clínica, em razão dos efeitos sobre a saúde pública.

Nenhuma forma parasitária foi detectada nos efluentes da Lagoa de Polimento nem do Leito de Brita (Figura 1), apresentando excelente percentual de remoção (R=100%) para cistos de protozoários.

Os coliformes termotolerantes apresentaram no esgoto bruto, média geométrica de 1,7x10⁷ UFC/100mL (Figura 2). Esses valores estão dentro da faixa típica para esgotos brutos (10⁶–10⁹ UFC/100ml) (Bastos et al., 2003). No efluente do reator UASB, a concentração média de coliformes termotolerantes foi de 6,1x10⁶ UFC/100mL, redução de 64,11%, evidenciando ser impróprio para irrigação irrestrita, causando forte contaminação,



* Entamoeba com até 4 núcleos; **Entamoeba com até 8 núcleos

Figura 1. Diversidade e frequência relativa de cistos de protozoários (n=12) encontrados no esgoto bruto, e efluentes do reator UASB, da lagoa de polimento e do leito de brita

visto não estar dentro das recomendações da WHO (1989). Efluente com esta qualidade bacteriológica só pode ser usado para águas destinados à irrigação de culturas tipo C (WHO, 1989), ou seja, culturas processadas industrialmente e cereais e forrageiras.

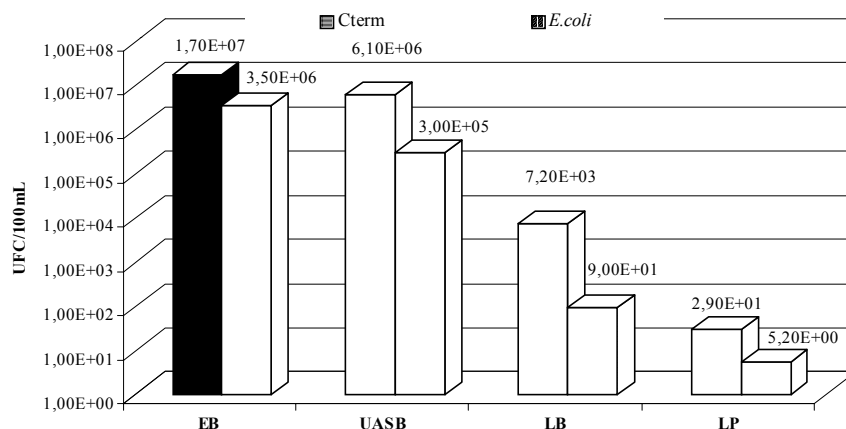
Concentrações menores de coliformes termotolerantes foram encontradas no efluente do leito de brita (média $7,2 \times 10^3$ UFC/100mL), o que evidencia excelente eficiência ($R=99,98\%$). O efluente da lagoa de polimento apresentou média de $2,9 \times 10^1$ UFC/100mL, com eficiência de remoção de coliformes termotolerantes de 99,999%. Em lagoas de polimento, os microrganismos são inativados e destruídos por processos naturais com a ação sinérgica da temperatura, luz solar, pH, oxigênio dissolvido, escassez de alimento, predação, competição e compostos tóxicos (Mara & Silva, 1979).

A Figura 2 mostra que, no esgoto bruto, a média geométrica de *E. coli* foi de $3,50 \times 10^6$ UFC/100mL; já no efluente do reator UASB, foi de $3,0 \times 10^5$ UFC/100mL. A remoção de *Escherichia coli* no efluente do reator UASB foi de 91,43%, e está dentro da prevista na literatura, porém os valores absolutos finais não

estão de acordo com a concentração exigida para uso irrestrito (Bastos et al., 2003). Nos efluentes do Leito de Brita, a concentração média de *Escherichia coli* foi de $9,0 \times 10^1$ UFC/100mL, com eficiência de remoção 99,97% e compatível com a remoção de coliformes termotolerantes. No efluente da Lagoa de Polimento observou-se maior remoção de *Escherichia coli* (99,999), visto que a concentração foi de apenas 5,2 UFC/100mL; portanto, se fossem consideradas as concentrações de *E. coli*, os efluentes do leito de brita e da lagoa de polimento poderiam ser aplicados na irrigação irrestrita.

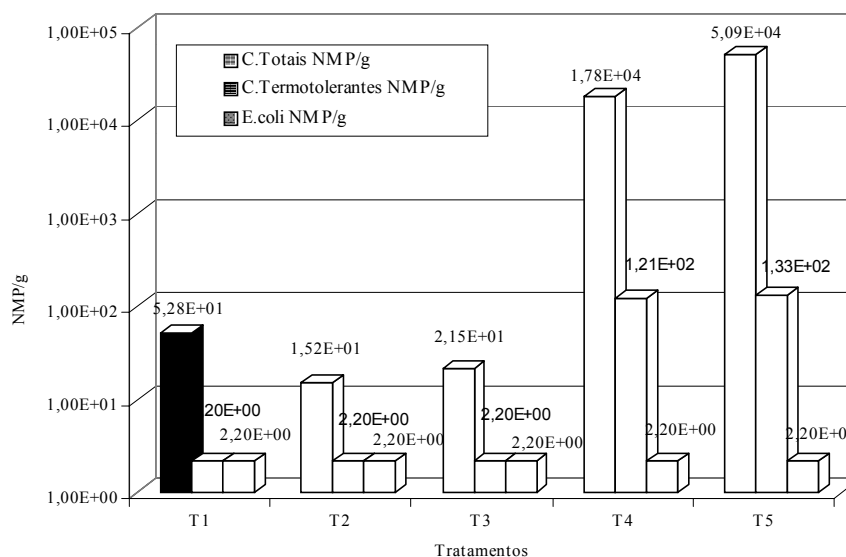
A Figura 3 apresenta os resultados das concentrações de coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, no quiabo, expressos em NMP/g.

Os quiabos analisados apresentaram valores médios de coliformes termotolerantes de 2,2 NMP/g para os irrigados com os tratamentos T1, T2 e T3. Para os quiabos irrigados com os tratamentos T4 e T5, os valores foram $1,21 \times 10^2$ NMP/g e $1,33 \times 10^2$ NMP/g, respectivamente (Figura 3). Esta contaminação nos quiabos irrigados com os efluentes do leito de brita e do reator UASB, pode ser relacionada com a proximidade de alguns frutos



EB - Esgoto bruto; UASB - reator anaeróbio de manta de lodo; LB - Leito de brita; LP - Lagoa de polimento; UFC/100mL - Unidade formadora colônia p/ 100mililitros

Figura 2. Concentrações de coliformes termotolerantes e *E. coli* nos efluentes no período experimental



T1 - Irrigação com água de abastecimento; T2 - Irrigação com água de abastecimento e solo com adubo mineral; T3 - Irrigação com efluente da lagoa de polimento; T4 - Irrigação com efluente do leito de brita; T5 - Irrigação com efluente do reator UASB. NPM/g - N° mais prováveis por grama de quiabo

Figura 3. Concentrações de coliformes totais, coliformes termotolerantes e *E. coli* realizadas no quiabo.

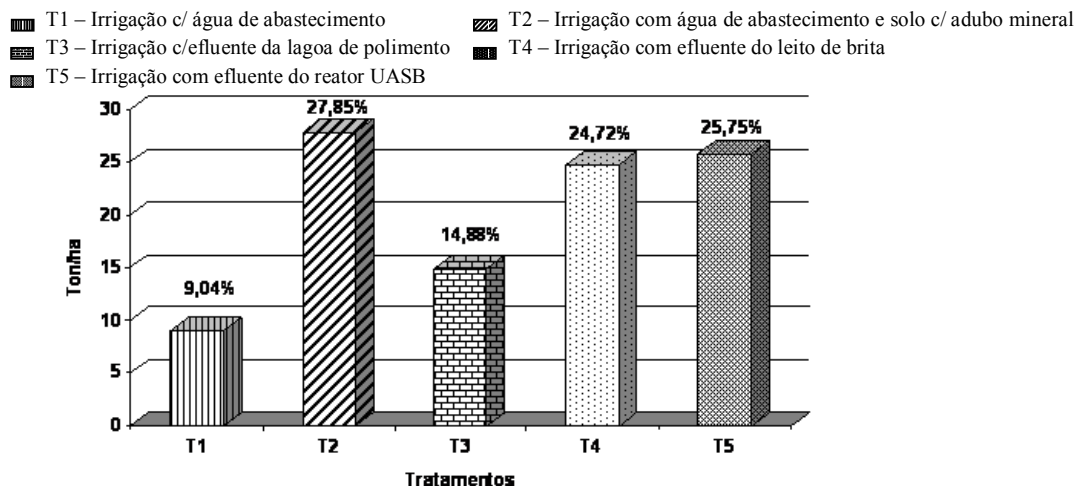


Figura 4. Produtividade dos quiabos irrigados e respectivos tratamentos utilizados

aos solos irrigados, visto que algumas plantas permaneciam arqueadas.

Quiabos com contaminação por coliformes termotolerantes acima de 100NMP/g são impróprios para o consumo, segundo padrões da resolução ANVISA nº. 12 (2001), que determina o máximo de 10^2 coliformes termotolerantes por grama para culturas consumidas cruas ou cozidas, mas a determinação de *E.coli* nos alimentos fornece maior segurança sobre as condições sanitárias do produto. Em vegetais frescos, o único indicador válido é *E. coli*, uma vez que os demais são encontrados naturalmente neste tipo de alimento (Franco & Landgraf, 2002). Os exames efetuados mostraram que nenhuma amostra de quiabo irrigado com os cinco tratamentos apresentou contaminação por *Escherichia coli*.

Estudos realizados em diferentes países indicam que a utilização de águas não tratadas para irrigação de hortaliças é a prática que mais influencia na redução da qualidade sanitária desses alimentos (Feachem et al., 1983; Shuval et al., 1986), porém, quando se usam efluentes de tratamento para a irrigação, estes referidos efluentes apresentam menores valores de coliformes e contaminação reduzida dos produtos irrigados. O quiabo irrigado com o efluente da lagoa de polimento apresentou contaminação de acordo com os padrões da ANVISA, sendo adequado para o consumo.

Os solos utilizados nos experimentos com os tratamentos T1, T2, T3 e T4, não apresentaram contaminação por ovos de helmintos e cistos de protozoários visto que, nas análises desses efluentes, não se constatou qualquer forma parasitária; entretanto, elevadas concentrações e diversidade desses parasitos foram observadas no efluente do reator UASB (T5), não sendo verificada sua positividade para o solo. A ausência de parasitos nos solos pode ser atribuída à permanência das amostras em embalagens em que não entrava oxigênio até o momento da análise, o que pode ter causado sua morte e degradação pela ação bacteriana, constituindo-se em fatores que colaboram para não persistência dos ovos de helmintos e dos cistos de protozoários no solo. Segundo Rey (1991), durante o embrionamento, que se faz em temperaturas entre 15 e 35°C, os ovos de helmintos são mais sensíveis à falta de umidade e de oxigênio.

A Figura 4. mostra o efeito da fertirrigação na produtividade das culturas irrigadas. Verificou-se que os quiabos irrigados pelo T2 (irrigação com água de abastecimento e solo com adubação mineral) apresentou a maior produtividade (27,85 t/ha). Os tratamentos: T5 e T4 (efluente de UASB e efluente do leito de brita, respectivamente), apresentaram produtividade menor (25,75 e 24,72 t/ha) (Figura 4); no entanto, estatisticamente esses tratamentos (T2, T4 e T5) não tiveram diferenças significativas ($p>0,05$); portanto, os efluentes do reator UASB e do leito de brita têm características similares quando comparados ao T2. Apresentaram menor produtividade os quiabos irrigados com tratamentos com água de abastecimento e solo sem adubação e efluente de lagoa de polimento, T1 (9,04 t/ha) e T3 (14,88t/ha).

CONCLUSÕES

1. Os sistemas leito de brita e lagoa de polimento, operados nas condições do experimento, produziram efluentes isentos de ovos de helmintos e cistos de protozoários.
2. O leito de brita apresentou efluentes com coliformes termotolerantes acima dos padrões recomendados.
3. O efluente da lagoa de polimento apresentou baixa concentração de coliformes termotolerantes e *E.coli*, verificando-se alta eficiência de remoção (99,999% e 99,998%), aptos, portanto, para irrigação irrestrita.
4. Maior prevalência de ovos de *Ascaris sp.* e cistos de *Entamoeba* (4 núcleos) foram encontrados no efluente do reator UASB.
5. Nenhuma forma parasitária foi encontrada nos solos de todos os tratamentos analisados.
6. Os quiabos irrigados com os efluentes do leito de brita e do reator UASB apresentaram contaminação de $1,21 \times 10^2$ e $1,33 \times 10^2$ NMP/g respectivamente para coliformes termotolerantes.
7. O tratamento T2 (água de irrigação com adubação mineral) apresentou a maior produtividade (27,85t/ha.); não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos T4 e T5, efluentes do leito de brita e do reator UASB, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CT-Hidro, ao CNPq, à Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba – CAGEPA, a EXTRABES e ao Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB.

LITERATURA CITADA

- APHA. AWWA. WPCF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 15 ed. Washington, DC.. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution control Federation. 1998. 1134p.
- ANVISA. Resolução nº 12, de 02 de Janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, através da revogação da portaria SVS/MS 451, de 19 de Setembro de 1997.
- Bastos, R.K.X.; Bevilacqua, P.D.; Keller. Organismos patogênicos e efeitos na saúde humana. In: Desinfecção de efluentes sanitários. PROSAB 3. Rio de Janeiro. ABES. 2003. p.27-88.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. CETESB, São Paulo, 1992.
- Feachem, R.G.; Bradley, D.J.; Garelick, H.; Mara, D.D. Sanitation and Disease – Health Aspects of Excretas and Wastewater Management. Washington, D.C. John Wiley e Sons LTD., 1983. 501p.
- Franco, B.D.G. M.; Landgraf, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo. Ed. Atheneu, 2002.
- Léon, S.; Cavalcanti, J.M. Tratamento e uso de águas residuárias. Tradução de H.R. Greeyi, A. König, B.S.O. Ceballos e F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB. 1999. 110p.
- Mara, D.D.; Silva, S.A. Sewage Treatment in Waste Stabilization Ponds: Recent Research in Northeast Brazil. *Prog. Water Tec.*, v. II, n. 1/2. 1979.
- Mara, D.D.; Pearson, H.W. Waste Stabilization Ponds – Design Manual for Mediterranean Europe. Copenhagen: WHO, 1987. 53p.
- Mota, S.; Bezerra, F.C.; Tomé, L.M. Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgotos tratados. In: 19^a. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 14-19 set. Foz do Iguaçu, 1997. Rio de Janeiro, ABES, CD-Rom, p. 20-25, 1997.
- Monte, M.H.F.; Sousa, M.S. *Effect on crop of irrigation with facultative pond effluent*. *Water Science and Technology*, Oxford. v.26, n.7/8, p. 1603-1613, 1992.
- Rey, L. Bases da Parasitologia Médica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1991. 329 p.
- SHUVAL, H.I., *et al.* 1986. Wastewater Irrigation in Developing Countries. World bank Technical Paper Number 51, Washington, D.C. 322p.
- Sousa, J.T. de; LEITE, V.D. *Tratamento e Utilização de Esgotos Domésticos na Agricultura*. Campina Grande: ed. EDUEP, 2003. 135p.
- Shuval, H.I., *et al.* 1986. Wastewater Irrigation in Developing Countries. World bank Technical Paper Number 51, Washington, D.C. 1986. 322p.
- Vasquez-Montiel, O.; Horan, N.J.; Mara, D.D. Management of wastewater for reuse in irrigation. *Water Science and Technology*, Oxford. v. 33, n. 10-11, p. 355-362, 1996.
- WHO - World Health Organization. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture technical report series. 778. Geneva: World Health and Organization, 1989, 74p.