

---

## ANÁLISE PARASITOLÓGICA

---

### EM EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO

---

### DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

---

*Jeferson Gaspar dos Santos, <sup>1</sup> Roque Passos Piveli, <sup>2</sup> Fabio Campos, <sup>2</sup> Gilberto Sundefeld, <sup>2</sup> Thaila Santana Sousa <sup>3</sup> e Silvana Audra Cutolo <sup>1</sup>*

#### RESUMO

O reúso de esgoto tratado na agricultura tem se consolidado mundialmente como forma de atenuar os efeitos da diminuição da disponibilidade de água de boa qualidade no globo. Contudo, esta prática oferece riscos à saúde pública em razão dos organismos patogênicos capazes de sobreviver no esgoto, entre os quais a OMS destaca os protozoários e os helmintos parasitos do homem. O presente trabalho teve como objetivos detectar a presença dos parasitos intestinais de importância sanitária presentes no esgoto tratado e verificar os riscos potenciais de acordo com as diretrizes da OMS. Amostras de efluentes foram coletadas em duas estações de tratamento localizadas na cidade de Piracicaba, estado de São Paulo. A média de ovos de helmintos no período de estudo nas ETEs Cecap e Piracicamirim foi de 3,78 e 0,89 ovos/L, respectivamente. Sendo assim, os efluentes provenientes da ETE Cecap atendem às condições de reúso indicadas na categoria C. Os efluentes da estação Piracicamirim estão em conformidade com as condições de reúso das categorias A e B, nas quais, segundo a diretriz da OMS (49), são necessários valores  $\leq 1$  ovo/L.

DESCRITORES: Helmintos. Reúso de água. Tratamento de esgoto. Saúde pública.

#### ABSTRACT

Parasitological analysis in effluents from wastewater treatment plants

The reuse of treated wastewater in agriculture has been established worldwide as a way to mitigate the decreased availability of good quality water in the world. However, this practice presents

- 
- 1 Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP-USP)
  - 2 Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
  - 3 Centro Universitário Fundação Santo André

Endereço para correspondência: Jeferson Gaspar dos Santos. Avenida Mascote, 385 – Apto 83 – Vila Mascote, São Paulo – SP. CEP: 04363-000. E-mail: jefersongaspar@usp.br

Órgão financiador: CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior por intermédio do programa de Demanda Social

Recebido para publicação em: 1/2/2011. Revisto em: 13/1/2012. Aceito em: 13/9/2012.

public health risks due to pathogens that may survive in sewage. Among these pathogens, the WHO highlights protozoa and helminths that parasitize man. The present work aimed to detect the presence of intestinal parasites of public health importance present in treated sewage and to verify the potential risks in accordance to WHO guidelines. Effluent samples were collected from two treatment plants located in the city of Piracicaba – SP. The average helminth eggs for the study period in the treatment plants CECAP and Piracicamirim was 3.78 and 0.89 eggs/L, respectively. Therefore, effluents from the CECAP meet the conditions of reuse contemplated in category C and the Piracicamirim station comply with the conditions of reuse contemplated in categories A and B, in which, according to the WHO guidelines values  $\leq 1$  egg/L are required.

KEY WORDS: Helminths. Water reuse. Wastewater treatment. Public health.

## INTRODUÇÃO

A diminuição da disponibilidade da água de boa qualidade para suprir as necessidades da população em nível mundial é resultado, entre outros fatores, do consumo elevado pela agricultura irrigada. De acordo com o Ministério da Integração Nacional (28), dos 3.830 km<sup>3</sup> de água captada em níveis globais, 2.644 km<sup>3</sup> são destinados à atividade agrícola.

Para minimizar os impactos dessa atividade sobre os recursos hídricos, muitos países têm demonstrado a viabilidade do emprego, na agricultura, dos efluentes de esgoto tratado. De acordo com Tonon (46), este método baseia-se na reutilização dos nutrientes originários da decomposição da matéria orgânica a fim de beneficiar o crescimento das culturas agrícolas, atividade esta que tem se mostrado promissora, sobretudo nas condições encontradas em nosso país.

Contudo, esta prática oferece riscos à saúde pública e, de acordo com Metcalf & Eddy (27), as águas residuárias tratadas e destinadas ao reúso agrícola devem ser avaliadas quanto aos aspectos de sodicidade, salinidade, excesso de nutrientes e, sobretudo, quanto aos aspectos sanitários: bactérias, cistos de protozoários, ovos de helmintos e vírus, uma vez que representam riscos potenciais à saúde humana e animal.

Os aspectos relacionados com a saúde pública são apontados por Hespanhol & Prost (20) como responsáveis por grande parte do sucesso ou fracasso de qualquer programa de reúso de efluentes tratados.

No Brasil, contudo, não existem normas específicas que estabeleçam parâmetros parasitológicos para reúso de água de qualidade inferior. Seguem-se, assim, as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (48, 49).

Já os parâmetros microbiológicos estão inseridos na Resolução n° 357 do CONAMA (30), segundo a qual para coliformes termotolerantes são exigidas coletas com frequência bimestral e sem a possibilidade de flexibilização dos valores limites de coliformes fecais quando houver dificuldades para sua detecção laboratorial (39).

No presente trabalho, realizamos um levantamento qualitativo e quantitativo dos parasitos intestinais de importância sanitária presentes no efluente

desinfetado de duas estações de tratamento de esgoto (ETE) localizadas na cidade de Piracicaba, estado de São Paulo. Conforme os resultados obtidos, o efluente final de cada estação foi classificado segundo as diretrizes de qualidade parasitológica e microbiológica (coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*) para irrigação de culturas agrícolas da Organização Mundial da Saúde (49).

*Tabela 1.* Diretrizes da qualidade microbiológica recomendada para esgotos tratados utilizados para a irrigação de culturas agrícolas<sup>(1)</sup>

Categoria	Condição de reuso	Grupo de exposição	Nematodas Intestinais (ovos/L) <sup>(2)</sup>	Coliformes fecais (Nº/100 ml) <sup>(3)</sup>
A	Irrigação de vegetais consumidos crus, campos de esporte, parques públicos	Trabalhadores, consumidores, público	≤ 1	≤ 1000 <sup>(4)</sup>
B	Irrigação de culturas de cereais, culturas industriais, culturas forrageiras, pastagens e árvores <sup>(5)</sup>	Trabalhadores	≤ 1	Sem recomendação de padrão
C	Irrigação localizada de culturas na categoria B sem exposição de trabalhadores e público em geral	Não há	Não se aplica	Não se aplica

(1) Em situações específicas, fatores epidemiológicos, socioculturais e ambientais locais devem ser levados em consideração e as diretrizes modificadas de acordo com as necessidades.

(2) Espécies de *Ascaris*, *Trichuris*, *Necator* e *Ancylostoma*, média aritmética do número de ovos por litro.

(3) Média geométrica do número de CF por 100mL durante o período de irrigação.

(4) Para a irrigação de parques e jardins onde o acesso de público é permitido, deve-se utilizar um padrão mais restritivo (≤ 200 coliformes fecais por 100 mL).

(5) No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve ser interrompida duas semanas antes da colheita e nenhum fruto deve ser apanhado do chão. A irrigação por aspersão não deve ser utilizada.

Fonte: Adaptado de WHO (1989) (48).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Descrição da área

O município de Piracicaba está localizado a 22°43'31" de latitude sul e a 47°38'57" de longitude oeste, a uma altitude de 547 metros. Ocupa uma área aproximada de 1.370 km<sup>2</sup> e sua população estimada no ano de 2010 foi de 364.571 habitantes. Dos 1.100 óbitos hospitalares registrados na cidade, 111 ocorreram por doenças infecciosas e parasitárias (21).

A ETE Cecap é composta por um sistema australiano que inclui um tratamento preliminar com grade, caixa de areia e calha Parshal, seguido de tratamento secundário com uma lagoa anaeróbia, lagoas facultativas, primárias e secundárias. Serve a uma população aproximada de 7.000 habitantes, recebendo também chorume de aterros sanitários e despejos de caminhões limpa-fossa. Durante o período de pesquisa, a vazão média foi de 9,73 L/s. Os efluentes são submetidos

a um processo de tratamento por filtro de areia pressurizado com o objetivo de reter os sólidos em suspensão, cistos de protozoários e ovos de helmintos. Este filtro é constituído por um leito de areia com 15,0 cm de altura e granulometria de 0,8 mm a 2,0 mm. Posteriormente, os efluentes passam por um processo de desinfecção em tanque de contato de cloro com a finalidade de eliminar principalmente as bactérias termotolerantes e *E. coli*.

Na ETE Piracicamirim, é realizado um tratamento preliminar por meio de peneira rotativa e caixa de areia aerada. O tratamento secundário se dá por reatores UASB, seguidos por lagoa aerada e decantadores secundários de lodo ativado. A estação atende uma população de aproximadamente 65.000 munícipes, operando com uma vazão média de 217 (204) L/s. Os efluentes são submetidos ainda a um tratamento por filtro de areia com características semelhantes ao empregado na ETE Cecap, cuja finalidade é a remoção de cistos de protozoários e ovos de helmintos. Em seguida, são submetidos à desinfecção por radiação ultravioleta que ocorre em um reator de secção retangular com lâmina líquida de 4,0 cm. Este reator é equipado com cinco lâmpadas UV, emersas, de 15 watts cada, com gás de mercúrio e baixa pressão. A dose média aplicada é igual a 2,76 wh.m<sup>3</sup> a um fluxo contínuo de 2,0 m<sup>3</sup>/h, com tempo de exposição de 20 segundos.

#### Coleta das amostras

O cronograma inicial da pesquisa estabeleceu coletas mensais em cada ETE no período de fevereiro de 2008 a maio de 2009. As amostras foram coletadas seguindo as orientações de Ayres & Mara (3), sendo necessários 10 litros de efluente tratado. Os frascos foram devidamente identificados e transportados para o laboratório sob refrigeração a 4°C.

#### Técnicas de análise parasitológica em amostras ambientais

A técnica utilizada para detecção de ovos de helmintos consiste na concentração das partículas em suspensão por meio de sedimentação com auxílio de centrífuga e posterior flutuação dos ovos com a adição de solução de sulfato de zinco a 33% para possibilitar a flutuação das estruturas parasitárias (26, 33, 48, 51).

As amostras foram analisadas qualitativa e quantitativamente por meio da observação em câmara de Sedgwick-Rafter no microscópio óptico comum. A análise qualitativa foi realizada pela identificação dos ovos de helmintos encontrados, de acordo com o formato e o tamanho e com o auxílio de Atlas de Parasitologia e chaves de classificação segundo a orientação da OMS (33). Já a análise quantitativa foi realizada pela determinação numérica de ovos de helmintos em 1,0 mL. Os resultados das amostras líquidas devem, segundo regras internacionais, ser expressos por litro (3).

Os valores obtidos foram correlacionados aos resultados das análises físico-químicas de sólidos totais, sólidos em suspensão, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e análises microbiológicas de coliformes totais e *E. coli*.

Os dados das análises microbiológicas e físico-químicas foram obtidos do Laboratório de Saneamento da Escola Politécnica da USP. As análises seguiram as recomendações contidas no Standard Methods. Para a determinação dos coliformes, foi empregada a formulação comercial Colilert® (45).

Os resultados das análises biológicas e físico-químicas dos efluentes tratados das estações de tratamento de esgoto estão apresentados em tabelas com dados quantitativos, valores médios, mínimos e máximos e desvio padrão com nível de significância de  $p \leq 0,05$  encontrados nas amostras líquidas dos sistemas das ETEs Cecap e Piracicimirim, nos pontos de coleta estabelecidos.

Matrizes foram construídas com dados quantitativos, médias, desvio padrão, valores mínimos, medianos e máximos das análises físico-químicas e biológicas das amostras líquidas das estações de tratamento. No teste de correlação de Spearman  $r_s \geq 0,50$ , foram consideradas apenas as correlações positivas e negativas e o nível de significância  $\alpha \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

### ETE Cecap

Três diferentes ovos de helmintos foram encontrados no efluente tratado da estação Cecap: *Ascaris spp*, *Taenia spp* e *Toxocara spp* (Tabela 2). O número médio de ovos de helmintos observado foi de 3,74 ovos/L de esgoto tratado. *Toxocara spp* foi a espécie mais encontrada com 3,08 ovos/L, representando uma frequência de 82% do total encontrado. O valor médio de ovos de *Ascaris spp* foi de 0,61 ovos/L, sendo 0,35 ovos/L referente a ovos férteis e 0,26 ovos/L, aos ovos inférteis, respondendo, em conjunto, por 16% da frequência total. Os ovos de *Taenia spp* encontrados apresentaram uma média de 0,05 ovos/L e frequência de 1%.

*Tabela 2.* Número médio de ovos de helmintos, desvio padrão e frequência de diferentes espécies de helmintos intestinais detectados no efluente da ETE Cecap, no município de Piracicaba-SP, com o emprego da técnica de centrífugo-sedimentação e flutuação em solução de sulfato de zinco 33%

Parasitos	N	Total	M	DP	Min.	Max	Fr.
<i>Ascaris spp</i> - Fértil	15	5,31	0,35	0,93	0,00	3,48	9%
<i>Ascaris spp</i> - Infértil	15	3,92	0,26	1,01	0,00	3,92	7%
<i>Taenia spp</i>	15	0,77	0,05	0,20	0,00	0,77	1%
<i>Toxocara</i>	15	46,17	3,08	11,92	0,00	46,17	82%
Total Helmintos	15	56,17	3,74	13,99	0,00	54,33	100%

N – nº de amostras coletadas; Total - nº total de ovos encontrados nas amostras examinadas; M – Média; DP – Desvio padrão; Fr. - Frequência

Os valores apresentados na Tabela 3 são referentes às análises bacteriológicas realizadas na ETE Cecap. Observamos que a média de coliformes termotolerantes e *E. coli* encontrados durante o período de coleta no efluente desinfetado foi de, respectivamente,  $1,28 \times 10^3$  NMP/100 mL e  $6,40 \times 10^1$  NMP/100 mL.

**Tabela 3.** Número médio e desvio padrão de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* detectados no efluente da ETE Cecap, no município de Piracicaba-SP, com o emprego da formulação comercial Colilert®

Data da Coleta	Coli-Termot. (NMP/100 mL)	E. coli (NMP/100 mL)
23/04/2008	<1	<1
18/06/2008	<1	<1
13/08/2008	$9,80 \times 10^2$	$1,00 \times 10^2$
24/09/2008	<1	<1
08/10/2008	<1	<1
03/12/2008	$1,30 \times 10^3$	$3,60 \times 10^2$
08/04/2009	$7,90 \times 10^2$	$5,20 \times 10^1$
20/05/2009	$7,30 \times 10^1$	<1
MÉDIA	$1,28 \times 10^3$	$6,40 \times 10^1$
DESVIO PADRÃO	$2,72 \times 10^3$	$1,25 \times 10^2$

Coli-Termot – Coliformes termotolerantes; *E. coli* – *Escherichia coli*

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises físico-químicas dos parâmetros sólidos totais (ST), sólidos em suspensão (SST) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Os valores médios do período de pesquisa foram 670 mg/L, 94 mg/L e 14 mg/L, respectivamente.

**Tabela 4.** Número médio e desvio padrão de sólidos totais, sólidos em suspensão e demanda bioquímica de oxigênio detectados no efluente da ETE Cecap, no município de Piracicaba-SP, nos anos de 2008 e 2009, com o emprego das técnicas contidas no Standard Methods (45)

Datas de coletas	Sólidos totais (ST) – mg/L	Sólidos em suspensão (SST) – mg/L	DBO
20/02/2008	...	...	...
23/04/2008	410	52	...
21/05/2008	420	92	44
18/06/2008	500	48	19
13/08/2008	580	72	44
24/09/2008	590	102	...
08/10/2008	...	...	...
05/11/2008	...	90	...
03/12/2008	720	126	...
08/04/2009	630	90	53
20/05/2009	660	72	...
MÉDIA	670	94	40
D. PADRÃO	111,7	24,5	14,6

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio; “...” - amostras não coletadas

A Tabela 5 demonstra a aplicação do teste de correlação de Spearmann. Não foi observada uma correlação significativa entre os ovos de helmintos e indicadores microbiológicos. Entretanto, o referido teste mostrou haver uma correlação negativa entre os ovos de helmintos, sólidos totais ( $r_s$ ,039) e DBO ( $r_s$ ,027).

**Tabela 5.** Correlação entre os ovos de helmintos e os indicadores microbiológicos e análises físico-químicas no efluente desinfetado da ETE Cecap

		Correlação Efluente Desinfetado Cecap				
		ST	SS	DBO	CT	<i>E. coli</i>
Helmintos	Coefficiente de correlação	-,733	-,046	-,764	-,351	-,283
	Sig. (2-tailed)	,039*	,906	,027*	,393	,496
	N	8	9	8	8	8
<i>Ascaris spp</i>	Coefficiente de correlação	-,733	-,046	-,764	-,351	-,283
	Sig. (2-tailed)	,039	,906	,027*	,393	,496
	N	8	9	8	8	8

ST – Sólidos totais; SS – Sólidos em suspensão; DBO – Demanda bioquímica de oxigênio; CT – Coliformes termotolerantes; *E. coli* – *Escherichia coli*

#### ETE Piracicamirim

Na ETE Piracicamirim, foram observados sete ovos de helmintos (Tabela 6) entre os quais se encontravam: *Ancylostoma spp*, *Ascaris spp*, *E. vermiculares*, *Hymenolepis spp*, *Trichuris spp*, *Taenia spp* e *Toxocara spp*. A média de helmintos observada foi de 0,85 ovos/L. Os ovos férteis e inférteis de *Ascaris spp* apresentaram, em conjunto, uma média de 0,46 ovos/L, sendo, respectivamente, 0,19 e 0,27 ovos/L. Este parasito foi responsável por uma frequência de 54% do total observado. Os ovos de *Taenia spp* e os ovos de *Hymenolepis spp* apresentaram uma média de 0,12 ovos/L cada, o que gerou uma frequência de 14% para cada espécie. As demais espécies observadas somaram uma média de 0,15 ovos/L, correspondendo a uma frequência de 19%.

Os valores apresentados na Tabela 7 referem-se às análises bacteriológicas realizadas na ETE Piracicamirim. Nela podemos observar que a média de coliformes termotolerantes e *E. coli* encontrados no esgoto desinfetado, durante o período de coleta, foram de  $1,53 \times 10^5$  NMP/100 mL e de  $3,31 \times 10^4$  NMP/100 mL, respectivamente.

A Tabela 8 apresenta os resultados das análises físico-químicas dos indicadores sólidos totais (ST), sólidos em suspensão (SST) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Os valores médios no período de pesquisa foram, respectivamente, 380 mg/L, 71 mg/L e 36 mg/L.

A Tabela 9 demonstra a aplicação do teste de correlação de Spearmann. Entre os resultados provenientes da ETE Piracicamirim, o teste de correlação de Spearmann não apresentou correlação significativa entre os ovos de helmintos e os indicadores microbiológicos e entre os ovos de helmintos e os indicadores físico-químicos.

**Tabela 6.** Número médio de ovos de helmintos, desvio padrão e frequência de diferentes espécies de helmintos intestinais detectados no efluente da ETE Piracicamirim, no município de Piracicaba-SP, com o emprego da técnica de centrífugo-sedimentação e flutuação em solução de sulfato de zinco 33%

Parasitos	N	Total	M	DP	Min.	Max	Fr.
<i>Ancylostoma</i> spp	9	0,30	0,03	0,10	0,00	0,30	4%
<i>Ascaris</i> spp – Fértil	9	1,69	0,19	0,31	0,00	0,83	22%
<i>Ascaris</i> spp – Infértil	9	2,46	0,27	0,53	0,00	1,66	32%
<i>E. vermiculares</i>	9	0,29	0,03	0,10	0,00	0,29	4%
<i>Hymenolepis</i> spp	9	1,08	0,12	0,28	0,00	0,56	14%
<i>Trichuris</i> spp	9	0,55	0,06	0,12	0,00	0,29	7%
<i>Taenia</i> spp	9	1,09	0,12	0,20	0,00	0,54	14%
<i>Toxocara</i> spp	9	0,28	0,03	0,09	0,00	0,28	4%
Total Helmintos	9	7,74	0,85	1,20	0,00	3,86	100%

N – nº de amostras coletadas; Total- nº total de ovos encontrados nas amostras examinadas; M – Média; DP – Desvio padrão; Fr. – Frequência

**Tabela 7.** Número médio e desvio padrão de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* detectados no efluente da ETE Piracicamirim, no município de Piracicaba-SP, com o emprego da formulação comercial Colilert®

Datas das coletas	Coli-Termot. (NMP/100 mL)	E. coli (NMP/100 mL)
14/05/2008	4,40x10 <sup>5</sup>	6,30x10 <sup>2</sup>
16/07/2008	1,00x10 <sup>3</sup>	1,00x10 <sup>5</sup>
20/08/2008	2,50x10 <sup>4</sup>	1,90x10 <sup>3</sup>
04/03/2009	1,45x10 <sup>5</sup>	3,00x10 <sup>4</sup>
Média	1,53x10 <sup>5</sup>	3,31x10 <sup>4</sup>
Desvio padrão	2,02x10 <sup>5</sup>	4,66x10 <sup>4</sup>

Coli-Termot – Coliformes termotolerantes; *E. coli*– *Escherichia coli*

**Tabela 8.** Número médio e desvio padrão de sólidos totais, sólidos em suspensão e demanda bioquímica de oxigênio detectados no efluente da ETE Piracicamirim, no município de Piracicaba-SP, nos anos de 2008 e 2009, com o emprego das técnicas contidas no Standard Methods (45)

Datas de coleta	Sólidos totais (ST) – mg/L	Sólidos em suspensão (SST) – mg/L	DBO
26/03/2008	390	56	...
14/05/2008	320	24	33
16/07/2008	380	68	41
20/08/2008	...	...	40
15/10/2008	400	68	32
04/03/2009	360	74	38
Média	380	71	37
Desvio padrão	31,6	20,1	4,1

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio; “...” Amostras não coletadas



Tabela 9. Correlação entre os ovos de helmintos e os indicadores microbiológicos e análises físico-químicas no efluente desinfetado da ETE Piracicamirim

		ST	SS	DBO	CT	<i>E. coli</i>
Helmintos	Coefficiente de correlação	,600	-,359	,000	-,200	,400
	Sig. (2-tailed)	,285	,553	1,000	,800	,600
	N	5	5	5	4	4
<i>Ascaris</i> sp	Coefficiente de correlação	,900	,051	-,300	-,400	,800
	Sig. (2-tailed)	,037*	,935	,624	,600	,200
	N	5	5	5	4	4

ST – Sólidos totais; SS – Sólidos em suspensão; DBO – Demanda bioquímica de oxigênio; CT – Coliformes termotolerantes; *E. coli* – *Escherichia coli*

## DISCUSSÃO

O tratamento adequado do esgoto pode ser considerado um pré-requisito para a busca da sustentabilidade, seja na obtenção de efluentes que atendam aos padrões de lançamento do corpo receptor, seja para a sua utilização produtiva. Representa uma alternativa na solução dos problemas de poluição da água e de escassez de recursos hídricos ao contribuir para a proteção ambiental, para a geração de alimentos e de outros produtos (31), sendo também de fundamental importância para a melhoria do quadro de saúde da população.

A concentração das formas parasitárias no esgoto afluente de uma estação de tratamento varia em decorrência das condições de saúde da população assistida pela rede coletora (47). Os autores citam ainda que os valores mais elevados estão associados às populações expostas a condições de saneamento desfavoráveis. Para satisfazer às exigências da OMS para a irrigação, é necessária uma alta eficiência de remoção no tratamento que atinja entre 90% e 99,9%.

De acordo com a literatura pesquisada, são vastos os estudos realizados no Brasil e no mundo que buscam um melhor entendimento e o aperfeiçoamento das técnicas de tratamento de esgoto (4, 8, 11, 18, 32, 38, 40, 41, 43, 51). No Brasil, os sistemas de lagoas de estabilização são as técnicas de tratamento mais utilizadas (35).

Cutolo & Rocha (13) constataram muitos exemplos de ETE do tipo lagoa de estabilização, em que a taxa de remoção de ovos de helmintos atinge 99%. Nestes sistemas, os ovos de helmintos e os cistos de protozoários são removidos do esgoto pela sedimentação que ocorre, em grande parte, nas lagoas anaeróbias e facultativas. A OMS (49) admite que, para tal sistema, um período de 8 a 10 dias de tempo de detenção hidráulica seja suficiente para o cumprimento de suas diretrizes para irrigação ( $\leq 1$  ovo/litro de efluente tratado) e preconiza também a remoção dos demais organismos patogênicos sedimentáveis (47).

Os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (reatores UASB) começaram a ser estudados no Brasil na década de 1980 (42). Sua principal característica é o curto tempo de detenção hidráulica, entre 6 e 12 horas. Neste modelo de tratamento, não há a necessidade de uma fase de decantação primária,

uma vez que a quantidade de lodo produzida é baixa e este já é descartado, estabilizado e adensado (12). A remoção dos ovos de helmintos ocorre pela adsorção em flocos, além da sedimentação simples. A matéria orgânica presente no efluente de reatores UASB pode ser constituída tanto por biomassa arrastada dos reatores como por material particulado originalmente presente no afluente.

A impossibilidade de realizar, em alguns meses em ambas as estações, as coletas estabelecidas no cronograma inicial gerou uma diferença no número de amostras analisadas das ETEs. Estes percalços, no entanto, não interferiram nos resultados finais do trabalho por não se tratar de uma análise comparativa entre os dois sistemas utilizados.

Os resultados qualitativos das análises desenvolvidas demonstram que os ovos de *Ascaris* spp foram as formas parasitárias observadas em maior número de vezes durante a pesquisa apenas nas amostras da ETE Piracicamirim. Já no efluente da ETE Cecap, o parasito mais observado foi *Toxocara* spp. A prevalência de *Ascaris* spp em amostras de águas residuárias também foi relatada em estudos conduzidos por Amahmid et al. (1); Destro & Amorim (16); Ellis et al. (17); Figueiredo et al. (19); Passamani et al. (37); Paulino et al. (38); Sousa et al. (43) e Zerbini et al.(52).

Os valores apresentados são contrários aos obtidos por Blumenthal et al. (7); Amahmid et al. (1); Bastos et al. (4); Brandão et al. (9); Destro & Amorim (16) e Araújo et al. (2), que não encontraram parasitos em seus efluentes finais. Entretanto, König et al. (23) relataram em uma ETE (constituída por lagoas de estabilização primária, em série e lagoas aeradas) no estado da Paraíba, Brasil, a presença de 17 ovos/L em um efluente tratado, dentre oito estações avaliadas. Já, Ellis et al. (17) encontraram em um sistema de lagoas de estabilização, localizado nas Ilhas Cayman, oito amostras de efluente final com presença de *Necator americanus* em 18 amostras analisadas.

O elevado número de ovos obtido nas amostras da ETE Cecap deve-se, em grande parte, aos resultados observados na primeira coleta realizada no mês de fevereiro de 2008, quando foram encontrados 54,3 ovos de helmintos/L de esgoto tratado. Estes resultados coincidem com o período de chuvas, ocorrido nos meses de dezembro de 2007 a fevereiro de 2008 com índices de 168, 334 e 107 mm. Valores semelhantes não foram relatados em nenhuma das amostras subsequentes. Como consequência, o valor médio encontrado nesta ETE foi de 0,17 ovos/L.

Na ETE Piracicamirim, o sistema não opera em condições plenas em virtude de problemas na manta de impermeabilização da lagoa aerada. Por este motivo, para a presente pesquisa o efluente dos reatores UASB foi tratado em um sistema piloto constituído por decantação, seguido de filtração em filtro de areia e desinfecção. O tempo de detenção hidráulica para as vazões medidas neste sistema é de, aproximadamente, 8,2 horas.

Observamos uma grande variação, entre os autores estudados, quanto à densidade de ovos encontrados nos efluentes dos reatores UASB. Zerbini et al. (52) e Souza (44) apresentaram, respectivamente, um total de 195 e 229,9 ovos/L,

valores muito acima dos obtidos em nosso estudo. Já em relação aos valores médios, Passamani et al. (37) obtiveram média de 3,7 ovos/L; Soares et al.(41), médias entre 4,06 e 37,00 ovos/L e Paiva & Van Haandel (36), média de 140 ovos/L do UASB. Os resultados observados encontram-se próximos dos valores apresentados nos trabalhos de Cavalcante et al. (10), com uma média de 0,65 ovos/L de helmintos.

Cutolo (15) relata que a presença constante dos indicadores parasitológicos no efluente final de uma estação de tratamento demonstra que o ambiente favorece a evolução e a manutenção do ciclo de vida dos parasitos e que a população humana está exposta a estes e outros agentes infecciosos e parasitológicos.

Os riscos à saúde pública estão relacionados à contaminação dos trabalhadores rurais ou da estação de tratamento, dos consumidores de produtos vegetais e de produtos animais e de populações residentes nas proximidades das estações de tratamento de esgotos ou de áreas agricultáveis. O maior risco à saúde ocorre quando o organismo é capaz de sobreviver por grandes períodos de tempo e se movimentar vigorosamente pelo solo (11).

Souza (44) define assim os conceitos de riscos potenciais e riscos reais:

Os riscos potenciais referem-se simplesmente à presença de um agente patogênico no solo ou na cultura. Os riscos reais são baseados em evidências epidemiológicas que demonstram um aumento de incidência de doenças em populações expostas ou um agravamento à saúde.

E conclui:

A simples detecção de um determinado agente patogênico em esgotos, solos ou culturas não significa o imediato desenvolvimento da doença, pois existem fatores característicos dos microrganismos, dos hospedeiros e fatores extrínsecos que atuam como barreiras de proteção.

A fim de mitigar os riscos à saúde pública causados pela presença de parasitos nas águas residuárias, a OMS (48) estabeleceu, em 1989, três categorias de águas de reúso. Para esta classificação são considerados os cultivos a serem irrigados, os possíveis grupos de pessoas expostas, a quantidade de ovos de helmintos e coliformes fecais presentes e o tratamento necessário para a obtenção de tal qualidade microbiológica.

O valor de  $\leq 1$  ovo/L de helminto no efluente tratado é embasado em evidências microbiológicas provenientes de estudos de campo realizados no Brasil. Nestes estudos não foram detectados ovos de helmintos em culturas irrigadas com efluentes de lagoas facultativas que continham  $\leq 0,5$  ovos por litro (49). No entanto, pesquisas realizadas no México indicam que estes índices podem não fornecer proteção suficiente, principalmente às crianças menores de 15 anos de idade, em situações em que as condições ambientais favoreçam a sobrevivência do ovo e seu

acúmulo no solo ou nas plantas (7). Quando a irrigação localizada é utilizada em culturas altas cujas partes colhidas não estejam em contato com o solo, as metas de desempenho especificado para concentrações de ovos de helmintos não são necessárias (49).

Ações de prevenção à contaminação por protozoários e helmintos mostram-se indispensáveis ao constatarmos que, entre as causas de óbitos conhecidas no Brasil em 1980, as doenças infecciosas e parasitárias ficaram entre as duas primeiras em quantidade de anos potenciais de vida perdidos. Em 1990, o risco de morte por doenças infecciosas e parasitárias caiu de forma considerável, mas ainda se mostra preocupante. O prejuízo nacional provocado pelas doenças infecciosas e parasitárias assume maior importância quando fica comprovado que se está morrendo de uma causa que, diferentemente das demais, é de fácil prevenção, o que denota que os avanços obtidos no âmbito social e da saúde durante a década foram insuficientes para manter o controle das doenças infecciosas e parasitárias no Brasil (29, 34).

As enfermidades causadas por estes patógenos encontram-se listadas entre as Doenças Tropicais Negligenciadas que, segundo a OMS, acometem mais de 1 bilhão de pessoas ao redor do mundo (50). O termo doenças negligenciadas é geralmente utilizado para as doenças de alto impacto social em grande parte do planeta, mas que, por tipicamente afetarem países em desenvolvimento e nestes as populações mais empobrecidas, não despertam o interesse da indústria farmacêutica e de insumos biológicos e mesmo dos meios acadêmicos (24). Sabe-se também que, nas regiões em desenvolvimento, o registro de óbitos é problemático por questões de cunho social e político-administrativo, entre outras. Os óbitos causados por doenças infecciosas e parasitárias parecem estar mais sujeitos aos fatores que levam à má notificação. As doenças infecciosas e parasitárias atingem uma expressiva população menos privilegiada, de baixa renda, com baixo nível escolar e que não dispõe de condições de saneamento básico e assistência primária à saúde, sendo, portanto, mais susceptível a não notificação dos óbitos (34).

Jimenez (22) ressalta que, apesar de os ovos de helmintos constituírem uma preocupação importante para a reutilização de águas residuais e de lodos para a agricultura e aquicultura, ainda existe pouca informação sobre o seu comportamento durante os diferentes processos de tratamento. Além disso, as informações disponíveis são poucas e tratam, sobretudo, de *Ascaris* (principalmente no lodo condicionado de esgoto), portanto não refletem situações reais no mundo em desenvolvimento, onde os ovos de helmintos são realmente uma preocupação. Fica assim evidenciada a necessidade de mais investigação sobre este tema e de que as pesquisas sejam feitas especialmente em local com águas residuais e lodo condicionado de esgoto contendo diferentes espécies helmínticas. É importante que não se utilize apenas *Ascaris*, que não necessariamente se comporta como outros parasitos provenientes de seres humanos. Vale ressaltar a necessidade da formação de pessoal de laboratório em países em desenvolvimento para identificar ovos de

helmintos em águas residuais e obter mais informações sobre o seu conteúdo e sua remoção no tratamento de processos já existentes.

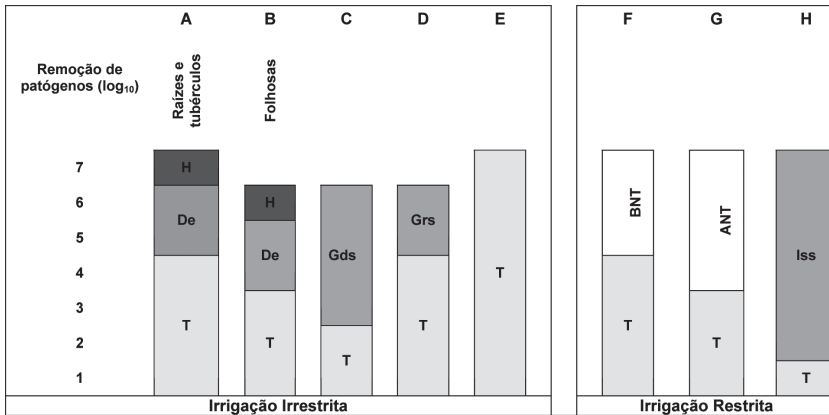
No Brasil, a Resolução nº 54, de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos estabelece as modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto, não potável, de águas residuárias (6). No entanto, os padrões de qualidade são ditados pela Resolução nº 357 do CONAMA (30). Cabe ressaltar que esta resolução não contempla os indicadores parasitológicos cuja presença ou ausência está vinculada aos indicadores microbiológicos (coliformes termo-tolerantes e *E.coli*). E, para um efluente atingir os valores recomendados, é necessária a inclusão de uma etapa de desinfecção (46).

Basicamente existem dois métodos possíveis de serem aplicados: um por intermédio de agentes químicos como cloro, dióxido de cloro, cloraminas e ozônio e outro pela utilização de agentes físicos como calor e radiação ultravioleta (46). Cabe ainda destacar que ambos os métodos mencionados não produzem efeito satisfatório em relação aos ovos de helmintos e cistos de protozoários por agirem em nível intracelular (5).

No presente estudo não foi obtida correlação significativa entre os indicadores microbiológicos e os resultados das análises parasitológicas nas duas estações. Tal correlação não foi obtida também por Levantesi et al. (25). Este fato nos mostra que os coliformes termotolerantes não podem ser considerados como indicadores plenos da eficiência do tratamento de esgotos e devem ser empregados com critérios e ressalvas, uma vez que são rigorosamente adequados apenas como indicadores da qualidade bacteriológica dos esgotos (47, 49).

Em estudos conduzidos para reúso de águas residuárias no meio urbano, foram verificadas correlações com a vazão e demanda química de oxigênio (DQO) por Cutolo et al. (14). Entretanto, em nossos estudos na ETE Cecap, houve correlação significativa negativa entre os ovos de helmintos, sólidos totais e DBO. Fato este observado por Cutolo et al. (14) que verificaram a correlação positiva entre ovos de helmintos e vazão e correlação negativa com o DQO.

Nas diretrizes mais recentes, publicadas em 2006, a OMS utiliza o conceito de “risco tolerável” como associado à exposição a rotavirus, considerando que a remoção deste patógeno a níveis satisfatórios garantiria proteção contra infecções causadas por bactérias e protozoários (6). Atribui, assim, como valor de carga tolerável de doença  $\leq 10^{-6}$  DALY por pessoa/ano. Para a prática da irrigação restrita, na qual o produto irrigado não se destina ao consumo cru por seres humanos, indica que uma redução de 3 a 4 logs seria suficiente considerando-se o emprego ou não de mão de obra. Nas atividades de irrigação irrestrita – culturas normalmente consumidas cruas –, preconiza que uma redução de 6 a 7 logs seria suficiente para atingir o nível desejado. Esta redução pode ser o produto da utilização conjunta da técnica de tratamento de efluente mais adequada, associada a medidas de proteção à saúde para as quais os índices de redução são previamente estimados.



T- tratamento; De- Decaimento no ambiente; H- Higiene dos alimentos (lavagem); Gds- irrigação por gotejamento de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo; Grs- irrigação por gotejamento de plantas que se desenvolvem rentes ao nível do solo; BNT- agricultura de baixo nível tecnológico (mão de obra intensiva); ANT- agricultura de alto nível tecnológico (mecanização); ISS- irrigação subsuperficial. Fonte: Bastos et al.2008. Adaptado de WHO (2006) (6).

**Figura 1.** Exemplos de combinação de medidas de proteção à saúde para uma carga tolerável de doenças  $\leq 10^{-6}$  DALYs pppa.

Desta maneira, para garantir a proteção dos trabalhadores e dos consumidores, torna-se importante a adoção de medidas de manejo associadas à prática do reúso: a escolha do tipo de cultura a ser irrigada, a técnica adequada para a rega ou, ainda, a aplicação em sistemas hidropônicos que tendem a diminuir o contato com a parte comestível da planta (6, 51). A utilização de equipamentos de proteção pessoal para os trabalhadores, os cuidados com a higiene dos alimentos e os programas de distribuição de medicamentos são medidas que também devem ser consideradas (49).

Sendo assim, cuidados e medidas que sejam capazes de reduzir os riscos associados a essa prática necessitam ser definidos e adotados a fim de se preservar a saúde da população. Padrões microbiológicos, mais adequados à realidade brasileira foram sugeridos por Bastos et al. (6). Os autores utilizaram pesquisas produzidas pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) e os estudos de avaliação de risco e as evidências epidemiológicas que fundamentam as diretrizes da OMS (49).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reúso de água constitui uma ferramenta de fundamental importância entre aquelas que têm por fim o uso racional e eficiente dos recursos hídricos. Neste contexto, o esgoto tratado assume um papel importante no planejamento e gestão

sustentável dos recursos hídricos, uma vez que destina a água de boa qualidade exclusivamente para fins mais nobres.

Os esgotos sanitários são compostos por 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos. Assim, podem conter os mais variados organismos patogênicos e em concentrações elevadas, não deixando dúvidas sobre a possibilidade de riscos à saúde inerentes às práticas de reúso (6).

No presente trabalho, constatamos que, em relação à presença de parasitos intestinais, os efluentes provenientes da ETE Cecap atendem às condições de reúso explicitadas na categoria C das diretrizes da OMS (48, 49) quando considerados os resultados de 20 de fevereiro de 2008. Eliminados estes valores, o efluente tratado desta ETE passa a ser classificado nas categorias A e B. Os efluentes da estação Piracicamirim estão em conformidade com as condições de reúso necessárias para a utilização nas categorias A e B, nas quais, segundo a diretriz da OMS (48, 49), são necessários valores inferiores a 1 ovo por litro.

Os resultados microbiológicos referentes à presença de *E. coli* demonstram a possibilidade de utilização dos efluentes das duas ETES nas categorias restrita e irrestrita, quando empregadas as técnicas complementares de remoção adicional sugeridas pela OMS (49).

Outros fatores necessitam da atenção dos órgãos competentes no ato da formulação dos marcos regulatórios para a prática de reúso além dos cuidados com a saúde pública. Devem ser considerados ainda os aspectos sociais, culturais, econômicos, financeiros e ambientais.

A discussão de padrões mais adequados à realidade de nosso país deve ser fomentada. A simples proibição das práticas de reúso mostra-se ineficiente, pois se deve admitir que a prática de reúso indireto, inclusive para a irrigação de produtos comestíveis, é uma realidade no Brasil em virtude das baixas estatísticas de tratamento de esgoto (6).

## REFERÊNCIAS

1. Amahmid O, Asmana S, Bouhoum K. Urban wastewater treatment in stabilization ponds: occurrence and removal of pathogens. *Urban Water 4*: 255-261, 2002.
2. Araújo ALC, Ingunza MDPD, Tinôco JD, Neto COA. Avaliação da eficiência de lagoas de estabilização aplicadas ao tratamento de resíduos de tanques-sépticos. In *Anais do 30º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental* [evento na internet]; Punta Del Este, Uruguai, 2006. Disponível em: [http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR04352\\_Calado\\_Araujo.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR04352_Calado_Araujo.pdf) Acesso em 11 set 2009.
3. Ayres RM, Mara DD. Análises de águas residuais para su uso em agricultura. *Manual de técnicas parasitológicas y bacteriológicas de laboratorio*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 1996.
4. Bastos RKX, Neves JCL, Bevilacqua PD, Silva CV, Carvalho GRM. Avaliação da Contaminação de Hortaliças Irrigadas com Esgotos Sanitários. In: *XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Cancun, México; out 27- 31 2002.
5. Bastos RKX. *Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e Piscicultura*. Rio de Janeiro: ABES, 2003.



6. Bastos RKK, Kiperstok A, Chernicharo CAL, Florencio L, Monteggia LO, Von Sperling M, Aisse MM, Bevilacqua PD, Piveli RP. Subsídios a regulamentação do reúso da água no Brasil- Utilização de esgotos sanitários tratados para fins agrícolas, urbanos e piscicultura. *Rev DAE* 177: 50-62, 2008.
7. Blumenthal UJ, Mara DD, Peasey Anne, Ruiz-Palacios G, Stott R. *Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines*. *Bull. World Health Org* 78: 1104-1116, 2000.
8. Bouhoum K, Amahmid O. Municipal wastewater reuse for irrigation: Productivity and contamination level of irrigated crops by pathogens. In: *Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management*; 2002 jan 7-10; Tunis. EPCOWM, 2002. p.582-587.
9. Brandão LP, Mota S, Maia LF. Perspectivas do uso de efluentes de lagoas de estabilização em irrigação. Brasil. In: *Anais do VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SIBESA* [evento na internet]; Vitória, BR, 2002. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/otres.pdf> Acesso em 18 fev 2010.
10. Cavalcante FL, Andrade Neto CO, Araújo ALC, Melo HNS, Nobre PM. Estudo da remoção de ovos de helmintos e coliformes fecais em decanto digestore e filtro anaeróbio. In: *Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental FITABES 2007*. [Evento na internet]; 2007; Belo Horizonte, BR. Disponível em: <http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/II-463.pdf> Acesso em 11 set 2009.
11. Cavinatto AS, Paganini WS. Os microrganismos nas atividades de disposição de esgotos no solo – estudo de caso. *Rev Eng Sanit Ambient* 12: 42-51, 2007.
12. Chernicharo CAL, Teixeira AR, Souto TFS, de Paula FS. Influência da alteração da distribuição do tamanho de partículas no desempenho de reator UASB tratando esgoto doméstico. *Rev Eng Sanit Ambient* 14: 159-166, 2009.
13. Cutolo SA, Rocha AA. Uso de parasites como indicadores sanitários para análise da qualidade das águas de reúso. In: *Anais do 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*; dez 3-8; Porto Alegre, RS, Brasil. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000.
14. Cutolo AS, Matte MH, Rocha AA. Monitoring of parasitological contamination in treated wastewater from activated sludge system. *Management for Environmental Quality: an International Journal* 17: 43-56, 2006.
15. Cutolo SA. *Reuso de águas residuárias e saúde pública*. São Paulo: ANNABLUME, 2009. p.62.
16. Destro CAM, Amorim R. Avaliação do desempenho do sistema de lagoas de estabilização do bairro CPA III em Cuiabá/MT, a partir de variáveis físico-químicas e biológicas. In: *Anais do 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste* [evento na internet]; 2007; Cuiabá, BR. Disponível em: [http://www.abrh.org.br/novo/i\\_simp\\_rec\\_hidric\\_norte\\_centro\\_oeste77.pdf](http://www.abrh.org.br/novo/i_simp_rec_hidric_norte_centro_oeste77.pdf) Acesso em 18 fev 2010.
17. Ellis KV, Rodrigues PCC, Gomez CI. Parasite ova and cysts in waste stabilization ponds. *Wat Res* 27: 1455-1460, 1993.
18. Ensink JHJ, Hoek W van der, Mukhtar M, Tahir Z, Amerasinghe FP. High risk of hookworm infection among wastewater farmers in Pakistan. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 99: 809-818, 2005.
19. Figueiredo AMF, Araújo HWC, Ceballos BSO, Sousa JT, Santos KD. Aspectos sanitários de efluentes tratados utilizados na cultura do quiabo (*Abelmoschus esculentus*). In: *Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental* [evento na internet]; 2005; Campo Grande, BR. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-115.pdf>. Acesso em 26 nov 2009.
20. Hespanhol I, Prost AME. Who Guidelines and National Standards for reuse and Water Quality. *Wat Res* 28: 119-124, 1994.
21. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [homepage na internet]. Brasília; c2010 [atualizado em 15 dez 2009]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> Acesso em 28 jun 2010.



22. Jimenez B. Helminths (Worms) eggs control in wastewater and sludge. *In: International Symposium on New Directions in Urban Water Management*. 12-14 sep; Paris: UNESCO. 2007.
23. König A, Ceballos BSO, Caetano AM, Medrado RE. Ovos de helmintos nos sistemas de tratamento de esgoto do estado da Paraíba – Brasil. *In: Anais do VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SIBESA [evento na internet]*; 2002; Vitória, BR. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/osiete.pdf>. Acesso em 18 fev 2010.
24. Lapa e Silva JR. Doenças Negligenciadas: Doenças Micobacterianas. *Gaz Méd Bahia* 78: 80-85, 2008.
25. Levantesi C, La Mantia R, Masciopinto C, Böckelmann U, Ayuso-Gabella MN, Salgot M. Quantification of pathogenic microorganisms and microbial indicators in three wastewater reclamation and managed aquifer recharge facilities in Europe. *Sci Total Environ*. 2010. Disponível em: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V78-50R0DSJ6&\\_user=5674931&\\_coverDate=08%2F07%2F2010&\\_alid=1442491870&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_cdi=5836&\\_sort=r&\\_docanchor=&view=c&\\_ct=1&\\_acct=C000049650&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=5674931&md5=d54183434640a8f6aca475ca2991cb0d](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V78-50R0DSJ6&_user=5674931&_coverDate=08%2F07%2F2010&_alid=1442491870&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5836&_sort=r&_docanchor=&view=c&_ct=1&_acct=C000049650&_version=1&_urlVersion=0&_userid=5674931&md5=d54183434640a8f6aca475ca2991cb0d). Acesso em 10 ago 2010.
26. Leventhal R, Cheadle RF. *Medical Parasitology: A Self-Instructional Text*, 4th ed., F.A. Davis, Philadelphia, PA. 2000.
27. Metcalf & Eddy. *Wastewater Engineering: Treatment and reuse*. 4<sup>th</sup> ed. Revisão de George Tchobanoglous, Franklin Burton e David Stensel. New York: Mc Graw-Hill, 2003. p.1401.
28. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola. *Água, irrigação e segurança alimentar*. Brasília (DF); 2008.
29. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. *Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso*. 7<sup>ª</sup> edição ver. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2008.
30. Ministério do Meio Ambiente (MMA) / Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre os usos preponderantes, classificação dos corpos de água e padrões de lançamento de efluentes. Diário oficial da União.
31. Mota FSB, Von Sperling M. *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. Rio de Janeiro: ABES, Considerações Iniciais, 2009. p. 21.
32. Olanczuk-Neyman K, Geneja M, Quant B, Dembinska M, Kruczalak K, Kulbat E, Kulik-Kuziemska I, Mikolajski S, Gielert M. Microbiological and Biological Aspects of the Wastewater Treatment Plant “Wschod” in Gdank. *Pol J Environ Stud* 12: 747-757, 2003.
33. Organización Mundial de la Salud. *Métodos básicos de laboratorio en parasitología medica*. OMS: Ginebra, 1992.
34. Paes NA, Silva LA. Doenças infecciosas e parasitárias no Brasil: uma década de transição. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health* 6: 99-109, 1999.
35. Paganini WS. *Disposição de esgotos no solo: (escoamento à superfície)*. São Paulo: Fundo Editorial da AESABESP, 1997.
36. Paiva FV, Van Haandel AC. Verificação na remoção de coliformes e ovos de helmintos em esgoto hospitalar tratado por um sistema combinado composto por um reator UASB- lodos ativados. *In: Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental FITABES 2007. [Evento na internet]*; 2007; Belo Horizonte, BR. Disponível em: <http://www.saneamento.polii.ufjr.br/documentos/24CBES/II-283.pdf>. Acesso em 11 set 2009.
37. Passamani FRF, Bof VS, Figueiredo KF, Motta JS, Rocha VJR, Gonçalves RF. Remoção de coliformes fecais e patógenos em um conjunto UASB-BF tratando esgoto sanitário. *In: anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental [evento na internet]*; 1999; Rio de Janeiro, BR. Disponível em: <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/brasil20/i-088.pdf>. Acesso em 11 set 2009.
38. Paulino RC, Castro EA, Thomaz-Soccol V. Tratamento anaeróbico de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos de helmintos. *Rev Soc Bras Med Trop* 34: 421-428, 2001.

39. Pizella DG, Souza MP. Análise da Sustentabilidade Ambiental do Sistema de Classificação das Águas Doces Superficiais Brasileiras. *Rev Eng Sanit Ambient* 12: 139-148, 2007.
40. Semenas L, Brugni N, Viozzi G, Kreiter A. Monitorio de parasitos em efluentes domiciliários. *Rev Saúde Pública* 33: 379-384, 1999.
41. Soares AME, Zerbini AM, Melo MC, Von Sperling M, Chernicharo CAL. Perfil longitudinal de *Escherichia coli* e ovos de helmintos em um sistema reator UASB/Lagoa de polimento com cicanas. In: *Anais do 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*; dez 3-8; Porto Alegre, RS, Brasil. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000.
42. Sobrinho PA, Jordão EP. *Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios – Uma análise crítica*. 2001 Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabCarlos/Cap-9.pdf>. Acesso em 2 jul 2009.
43. Sousa JT de, Ceballos BSO de, Henrique IN, Dantas JP, Lima SMS. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *R Bras Eng Agríc Ambiental* 10: 89-96, 2006.
44. Souza A. Os microrganismos nas atividades de disposição de esgotos no solo: Estudo de caso. São Paulo [Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública], 2005.
45. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 21<sup>th</sup> edn, American Public Health Association/ American Water Association/ Water Environment Federation, Washington DC, USA; 2005
46. Tonon D. Desinfecção de Efluentes Sanitários por Cloração Visando o Uso na Agricultura. Campinas. [Dissertação de mestrado Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP], 2007.
47. Von Sperling M, Jordão EP, Kato MT, Sobrinho PA, Bastos RKX, Pivelli R. Lagoas de Estabilização. In: Gonçalves RF, coordenador. *Desinfecção de efluentes sanitários*. Rio de Janeiro: RiMa, 2003. p. 277-336.
48. World Health Organization. “*Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*”, Technical Report Series, No. 778, World Health Organization, Geneva (1989).
49. World Health Organization. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. 1ª Edição. Genebra: WHO, 2006.
50. World Health Organization. Soil-transmitted helminths. Genebra: Disponível em [http://www.who.int/intestinal\\_worms/en/](http://www.who.int/intestinal_worms/en/) WHO, 2008.
51. Yanko WA. *Occurrence of pathogens in distribution and marketing municipal sludge*. EPA 600/1-87-014, 1987.
52. Zerbini AM, Chernicharo CAL, Viana EM. Estudo da remoção de ovos de helmintos e indicadores bacterianos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos por reator anaeróbio e aplicação superficial no solo. In: *Anais Eletrônicos do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 895- 904.