



## II-223 - TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS PARA REÚSO AGRÍCOLA

**José Tavares de Sousa<sup>(1)</sup>**

Mestre em Recursos Hídricos, UFPB (1986), Doutor em Hidráulica e Saneamento, USP (1996). Professor do Departamento de Química – Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Coordenador do Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental.

**Rita de Cássia Vieira Alves**

Licenciada em Química, Mestranda de Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB

**Geralda Gilvânea Cavalcante de Lima**

Mestre em Engenharia Química, UFPB (1989), Doutor em Engenharia Mecânica, UFPB (2002). Professor Titular do Departamento de Química – Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Danielle Patrício Brasil**

Licenciada em Biologia, Mestranda de Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB

**Eclésio Cavalcante Santos**

Licenciada em Biologia, Mestranda de Ciência e Tecnologia Ambiental – UEPB

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Basílio Araújo, 836. Catolé- CEP: 58. 410-200- Brasil - Tel: (83) 3337-1548 - E-mail: jtides@uol.com.br

### RESUMO

No presente trabalho foi investigado o desempenho de um reator UASB seguido de quatro sistemas de pós-tratamento (Filtro anaeróbio, Lagoa de polimento, Leito de brita e Terras úmidas vegetadas) com o objetivo de produzir efluente com qualidade sanitária adequada para reúso agrícola. A produção final dos efluentes oriundos dos quatro sistemas apresentaram concentrações variadas de nutrientes e qualidade sanitária diferenciada. Todo o processo de tratamento foi anaeróbio buscando tecnologia de baixo custo. O filtro anaeróbio de chicanas, com enchimento de material PET apresentou-se como o mais econômico, efluente isento de ovos de helmintos, no entanto, a concentração de coliformes termotolerantes manteve-se numa ordem de grandeza maior que  $10^4$  UFC.100 mL<sup>-1</sup>. Os efluentes advindos de terras úmidas vegetadas e do leito de brita, não apresentaram diferenças significativa ( $p>0,05$ ), com relação a qualidade sanitária e presença de nutrientes. O efluente oriundo da lagoa de polimento apresentou boa qualidade sanitária para fertirrigação, coliformes termotolerantes inferior a 1000 UFC.mL<sup>-1</sup>, isento de ovos de helmintos, no entanto, menor quantidade de nutrientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento anaeróbio, remoção de coliformes termotolerantes, reúso

### INTRODUÇÃO

Existe atualmente uma compreensão crescente por grande parte da população em torno da necessidade da utilização racional de esgotos tratados para diversas finalidades. Entende-se que a utilização de água de qualidade inferior, no caso específico de esgotos tratados, ajuda a demanda e proporciona a preservação de oferta de água, pois reduz substancialmente o lançamento de esgotos em águas superficiais, diminuindo os impactos de contaminação e eutrofização, além de manter a reciclagem de nutrientes, economizando fertilizantes químicos, ampliando áreas irrigadas, bem como, proporcionando a recuperação de áreas degradadas ou improdutivas.

A grande preocupação com relação a qualquer modalidade de reúso é a possibilidade de transmissão de doenças devido a grande quantidade e variedade de organismos patogênicos, bem como constituintes químicos de alta toxicidade, presentes em esgotos sanitários, consequentemente, diversos critérios têm sido utilizados na formulação e na aplicação de padrões de qualidade(Sousa et al.2009). Usar águas residuárias tratadas na agricultura é uma alternativa para a gestão dos recursos hídricos ao permitir a economia de água de boa qualidade para usos mais nobres e por atenuar a contaminação dos corpos d'água



Usar águas residuárias tratadas na agricultura é uma alternativa para a gestão dos recursos hídricos ao permitir a economia de água de boa qualidade para usos mais nobres e por atenuar a contaminação dos corpos d'água

Conforme se pode observar na tabela 1 há diferenças na aplicação dos critérios de reúso de água entre os países ricos e os em desenvolvimento.

Tabela 1-Realidades entre países ricos e em desenvolvimento, com relação ao reúso.

Países Ricos	Países em Desenvolvimento
Padrões de qualidade extremamente exigente	Padrões de qualidade menos exigente
Altos custos de tratamento do efluente	Tecnologias simples, a baixo custo.
Baixíssimos riscos de contaminação	Riscos controlados

O presente trabalho investigou a utilização de filtro anaeróbio, de terras úmidas vegetadas, leito de brita, lagoa de polimento no pós-tratamento de efluente anaeróbio (reator UASB) com a objetivo de produzir águas residuárias tratadas com características químicas e sanitárias para irrigação irrestrita, bem como, comparar entre os quatro efluentes produzidos, quanto a qualidade sanitária e custos de implementação dos sistemas,

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Estação de Tratamento Biológico de Esgotos (EXTRABES) localizada em área pertencente à Companhia de Águas e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA), no município de Campina Grande – PB, com coordenadas geográficas de 07° 13' S e 35° 52' W e altitude de 550 m, onde está instalado o grupo de pesquisa do Programa de Saneamento Básico (PROSAB).

O esgoto bruto, utilizado durante o experimento, era captado através de uma bomba submersa instalado em um poço de visita de um interceptor da CAGEPA. O esgoto captado era recalcado por uma bomba, KSB, 220V, modelo 50-160K, até a caixa de cimento – amianto com capacidade para armazenar 1000 litros, dotada de uma bóia controladora de nível, que tinha a função de regular o funcionamento da bomba de recalque. O esgoto escoava por gravidade através de mangueiras de plástico de 12 mm de diâmetro até uma segunda caixa de 1000 litros, provida de uma bomba dosadora do tipo peristáltica com vazão de  $20\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$ , para alimentar o reator UASB.

O sistema experimental de tratamento de esgotos doméstico foi constituído de um reator UASB de  $5\text{m}^3$  construído de fibra de vidro, foi monitorado o Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) de seis horas e produzia efluente para ser pós-tratado em quatro unidades diferentes: 1) filtro anaeróbio de chicana com fluxo ascendente, com capacidade para  $1\text{m}^3$ , construído de fibra de vidro funcionou com TDH de 7 dias. 2) lagoa de polimento de 10 metros de comprimento e 1 de largura e 0,60 de profundidade monitorada com 12 dias de TDH. 3), leito de brita com área de  $10\text{m}^2$  (1m de largura por 10 de comprimento), com enchimento de brita 19 com 49% de volume de vazios e TDH de 7 dias. 4) terra úmida vegetada, sistema apresentando as mesmas característica do anterior, diferenciado apenas pelo povoamento de 15 propágulos por metro quadrado *juncus sp*

Foram realizadas análises dos efluentes do reator UASB, do filtro anaeróbio de chicanas, da lagoa de polimento e das terras úmidas vegetadas e leito de brita, uma vez por semana, verificando-se os parâmetros referentes a matéria orgânica, DQO, sólidos e suas frações, nitrogênio amoniacal e kjeldahl total, fósforo total e orto-fosfato e coliformes termotolerantes, todas as análises obedeceram às recomendações do Standard Methods for the Examination of wastewater (APHA, 1995), enquanto que os ovos de helmintos foram determinados pelo método de Bailerger (WHO, 1989).

Os parâmetros obtidos, foram tratados estatisticamente, estimando-se medidas de dispersão e de tendência central. Para tanto, foram aplicados procedimentos estatísticos de inferência com a análise de variância (ANOVA), com 5% de nível de significância



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios e os desvios padrão obtidos durante a operação dos sistemas de tratamento que foram monitorados durante doze meses. Observa-se que, os quatro sistemas experimentados funcionaram anaerobiamente mantendo grande quantidade de nutrientes, disponibilizados para a fertirrigação.

A Lagoa de polimento operada com 12 dias de TDH produziu efluente isento de ovos de helmintos, mas, devido ao intenso processo fotossintético das algas, o pH cresceu, mantendo-se na média de 8,9; conforme Tabela 2. Essas condições operacionais promoveram a perda de nitrogênio para a atmosfera, devido a dessorção do gás amoníaco e a precipitação de fósforo na forma de sais insolúveis a exemplo de hidroxiapatita, vivianita e estruvita.

O filtro anaeróbio sempre foi utilizado para pós-tratamento de efluente oriundo de tanque séptico projetado com base nas NBR 7229 (1982) e NBR 7229 (1993) para loteamentos com populações inferiores a 1000 habitantes. No entanto, com o surgimento do reator UASB no início da década de 80 passaram-se a utilizar o filtro anaeróbio para efetuar o polimento de efluente de reator UASB. Nesse aspecto, o filtro anaeróbio funcionou como sistema de polimento do efluente do UASB com eficiência de 68 e 86% de DQO e SSV, respectivamente (Tabela 2). e CTer em torno de  $3,2 \times 10^3$  UFC.mL<sup>-1</sup> (Tabela 3)

Tabela 2 - Valores médios e desvio padrão dos principais parâmetros analisados do esgoto bruto e dos efluentes das cinco unidades monitoradas.

PARÂMETROS	EB	EFLUENTE				
		UASB	LP	FA	LB	TUV
DQO (mg. L <sup>-1</sup> )	620	220	150	70	80	58
Desvio Padrão	120	75	78	15	42	38
NTK (mg. N-NK. L <sup>-1</sup> )	59,0	52,5	13,0	26,8	38,0	30,0
Desvio Padrão	8,8	7,9	8,0	10	3,5	4
N – amoniacal (mg N-NH <sub>4</sub> . L <sup>-1</sup> )	42,0	45,0	8,0	33,0	36,0	21,0
Desvio Padrão	8,9	8,8	7,5	12	9,0	5
Fósforo Total (mgP. L <sup>-1</sup> )	7,0	6,9	4,6	4,2	5,3	3,5
Desvio Padrão	1,6	1,1	1,2	1,8	0,6	2
Ortofosfato (mg P-PQ <sub>4</sub> <sup>-3</sup> – L <sup>-1</sup> )	4,5	4,8	2,5	3,6	4,8	1,8
Desvio Padrão	2,6	0,8	1,1	1,3	0,6	1,0
Potássio (mg k. L <sup>-1</sup> )	25,0	24,0	26	24	25,0	23
Desvio Padrão	1,1	1,1	1,5	1,0	1,2	1,5
S S (mg SS. L <sup>-1</sup> )	280	85	28	18	15	16
Desvio Padrão	60	35	15	3	3	2
S S V (mg SSVL <sup>-1</sup> )	210	70	32	10	11	10
Desvio Padrão	50	33	19	2	2	
CE 25°C (ds. m <sup>-1</sup> )	1,29	1,42	1,30	1,3	1,32	1,20
Desvio Padrão	0,11	0,20	0,18	0,19	0,17	
Ovos de helmintos (ovos. L <sup>-1</sup> )	420	490	N.D	N.D	N.D	N.D
	79	188				

**EB:** Esgoto Bruto; **UASB:** reator anaeróbio de manta de lodo; **LP:** Lagoa de Polimento; **FA:** Filtro anaeróbio ; **LB:** Leito de brita e **TUV:** Terras úmidas vegetadas

Com relação aos efluentes oriundos do leito de brita e terras úmidas construídas apresentaram grandes quantidades de nutrientes e isentos de ovos de helmintos (Tabela 2).

As velocidades de sedimentação medidas para os ovos de *Ascaris* e os cistos de *Giardia* são de 65 cm.h<sup>-1</sup> e 1 cm.h<sup>-1</sup>, respectivamente (Shuval *et al.*, 1986). É válido destacar que a sedimentação é um mecanismo apenas de transferência dos ovos e cistos, não estando necessariamente relacionada com a morte destes. Para irrigação irrestrita os critérios recomendados pela OMS (1989) para a remoção de helmintos, são pouco severos, flexíveis quanto a qualidade bacteriológica e omissa quando se trata de protozoários e vírus. No entanto, com base em novas metodologias a exemplo da Avaliação de Qualidade de Risco - AQR e do indicador “ Anos de



Vida Ajustado para Incapacidade”, DALYs surgiram as diretrizes da OMS para reúso, de água segundo a WHO (2006) que são mais exigentes quanto a qualidade sanitária

O pós-tratamento do efluente do UASB em terras úmidas vegetada com TDH de 7 dias, produziu efluente límpido com baixa concentração de sólidos suspensos voláteis (menor que  $10\text{mg.L}^{-1}$ ) e DQO inferior a  $60\text{mg.L}^{-1}$ , isento de ovos de helmintos, no entanto, a concentração de coliformes termotolerantes manteve-se numa ordem de grandeza variando de  $10^3$  a  $10^4$  UFC.100 mL<sup>-1</sup>. Sendo assim, de acordo com a WHO(2006) esses efluentes exigem ainda um pós-tratamento para tornar-se adequado para a fertirrigação de cereais e culturas consumidas cruas. Nesse aspecto, a Tabela 3 apresenta os valores médios dos exames realizados no esgoto bruto e nos efluentes estudados durante todo período de operação dos sistemas..

Tabela 3- Valores Médios, Máximo e Mínimo e Medidas de Tendência Central das Análises de Coliformes Termotolerantes

Coliformes Termotolerantes UFC. 100 mL <sup>-1</sup>	EB	EFLUENTE				
		UASB	LP <sup>(1)</sup>	FA	LB	TUV
Média Geométrica	$3,1 \times 10^7$	$8,5 \times 10^6$	980	$3,2 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$	$1,4 \times 10^3$
Mediana	$4,1 \times 10^7$	$8,8 \times 10^6$	800	$1,5 \times 10^3$	$1,4 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$
Máximo	$8,2 \times 10^7$	$1,9 \times 10^7$	$1,0 \times 10^3$	$4,1 \times 10^4$	$8,3 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$
Mínimo	$8,9 \times 10^6$	$8,9 \times 10^5$	$1 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$	$3,1 \times 10^2$	$3 \times 10^2$

**FA:** Filtro anaeróbio; **LB:** leito de Brita; **TUV:** Terras úmidas vegetadas; **LP:** lagoa de polimento

Estão apresentados na Tabela 4 os valores médios da demanda de área e custo de implantação e qualidade sanitária na produção de efluente para reúso agrícola, os valores apresentados foram estimados baseado nas seguintes considerações: adotou-se uma população de 10 mil habitantes com uma geração de  $1000\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$  de esgotos. Para a lagoa de polimento com TDH de 12 dias com 0,60 m de profundidade, exige uma área de dois hectares considerando-se 25% de acréscimo que corresponde às taludes e via de acesso. Os outros três sistemas foram monitorados com TDH de 7 dias, portanto, menos área utilizada

Tabela 4- Demanda de área, custo de implantação e categoria do efluente para irrigação

Sistema	Demanda de Área (m <sup>2</sup> .hab <sup>-1</sup> )	Custde Implantação (R \$.hab <sup>-1</sup> )	Categoria
Lagoa de Polimento	1,50 a 2,50	28,00 a 40,00	Irrigação Irrestrita
Filtro Anaeróbio	1,00 a 1,50	20,00 a 25,00	Irrigação Restrita
Terras Úmidas	1,00 a 1,50	25,00 a 35,00	Irrigação Restrita
Leito de Brita	1,00 a 1,50	22,00 a 30,00	Irrigação Restrita

Conforme se pode observar na Tabela 4, nas condições de monitoramento do experimento, extrapolados para uma população de dez mil habitantes, na região nordeste do Brasil, com uma “per capita” de  $100\text{L.hab}^{-1}\text{dia}^{-1}$ , o efluente de qualidade sanitária satisfatória para Irrigação Irrestrita permanece sendo a lagoa de polimento, apesar de exigir maior área maior custo de implantação. Os efluentes dos demais sistemas experimentados, não apresentaram restrições com relação a DQO e SSV

## CONCLUSÕES

O efluente produzido em lagoa rasa de polimento com TDH de 12 dias, apresentou boa qualidade sanitária para fertirrigação, coliformes termotolerantes inferior a  $1000\text{UFC.mL}^{-1}$  isento de ovos de helmintos, no entanto, devido aos altos valores de pH, que variou de 8,0 a 9,8; ocorreu uma considerável remoção de fósforo e nitrogênio, disponibilizando menos nutrientes para fertirrigação.



Durante o período experimental a eficiência de remoção de material carbonáceo expresso em DQO nos quatro sistemas foi considerável, não se observando diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre. No entanto, foi observada diferença significativa com relação ao efluente da lagoa de estabilização, provavelmente devido a DQO alta, maior que  $100 \text{ mg. L}^{-1}$ , oriunda da produção de algas na lagoa.

O efluente advindo de terras úmidas vegetadas apresentou uma menor concentração de nutrientes, devido à remoção realizada pelas macrófitas, no entanto, com relação ao efluente oriundo de leito de brita, a remoção de nutrientes durante o período experimental, não foi observado diferenças significativa ( $p > 0,05$ )

O pós-tratamento do efluente do UASB no filtro anaeróbio com Chicanas e TDH de 7 dias, produziu efluente com ausência de ovos de helmintos, mas, a concentração de coliformes termotolerantes manteve-se numa ordem de grandeza maior que  $10^4 \text{ UFC.100 mL}^{-1}$ . Sendo assim, de acordo com a OMS esses efluentes exige mais um pós - tratamento para tornar-se adequado para a fertirrigação de culturas industrial, como algodão, árvores frutíferas, pastagens e forrageiras

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. AWWA.WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 15 ed. Washigton, DC: American Public Health Association. American Water Works Association Water Pollution Control Federation, 1995, 1134p.
2. METCALF & EDDY.Inc. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. 4. Ed. NewYork, McGraw - Hill Book, 2003. 1815p.
3. SHUVAL, H., ADIN. A. FATTAL, Wastewater Irrigation in Developing Countries Health Effects and Technical Solutions. World Bank Technical. Paper Number 51, Integrated Resource Recovery Projects series number GLO/80/004, Washington, D.C. 324 p. 1986.
4. SOUSA, J. T.; LOPES, W.S.; SHIVA, P. AND LEITE, V. D, Teatment of Sewage for Use in Agriculture In: Sewage Treatment: Processes and Impact. In: Sewage Treatment: Processes and Impact. p. 100-133.2009
5. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Technical report series. 778. Geneva: World Health and Organization. 1989.72p.
6. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume2: watewarter use in agriculture. Geneva: World Health and Organization, 2006. 213p