



Tratamento anaeróbio de esgoto doméstico para fertirrigação

Vanessa F. da Silva¹; José T. de Sousa²; Fernando F. Vieira² & Keliana D. Santos³

¹ Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente PRODEMA UFPB/UEPB. R.: Narciso Costa Figueiredo, 166. Catolé, CEP 58105-165, Campina Grande, PB. Fone: (83) 33311162. E-mail: belaatiria@hotmail.com (Foto)

² Departamento de Química/UEPB. Fone: (83) 33153345. E-mail: jtDES@uol.com.br

³ Mestranda PRODEMA UFPB/UEPB. Fone: (83) 33352172. E-mail: kelianads@yahoo.com.br

Protocolo 134

Resumo: Utilizar esgoto tratado para as atividades agrícolas é proporcionar economia de fertilizante e de água de boa qualidade; podendo ser uma alternativa para convivência com a sua escassez. Diversas tecnologias de tratamento de esgotos já foram desenvolvidas na busca de produzir efluente adequado para fertirrigação evitando a contaminação do ambiente com bactérias, parasitas e vírus que criam graves problemas de saúde pública, propagando doenças bacterianas e virulentas, afetando trabalhadores e consumidores das culturas irrigadas. A presente pesquisa objetivou tratar esgotos domésticos utilizando reator UASB seguido de filtro biológico, visando à obtenção de efluente adequado ao reúso. O efluente do filtro continha macro e micronutrientes suficientes para o crescimento da maioria das culturas cultivadas na região semi-árida; no entanto, apresentou concentração de coliformes termotolerantes acima das recomendações da OMS, embora isento de ovos de helmintos. Desta forma, o efluente do filtro anaeróbio só deverá ser utilizado para fertirrigação de culturas restritas.

Palavras-chave: reciclagem de nutrientes, filtro biológico, reúso de água

Anaerobic treatment of the domestic sewer for fertirrigation

Abstract: The utilization of treated sewage for agricultural purposes means saving of fertilizer and water of good quality, therefore, it may be seen as an alternative in its scarcity. Several treatment processes have been developed to produce an effluent with a suitable quality for fertirrigation, while avoiding contamination of the environment with pathogens that may cause serious public health problems and may affect workers consumers of and agricultural product. This research had as its objective to treat sewage in a UASB reactor followed by an anaerobic filter with the aim of obtaining an adequate effluent for agricultural reuse. The filter effluent contained sufficient macro and micro nutrients to grow most crops under the local conditions of the semi arid region. However the concentration of thermo tolerant Coliforms was above the recommend maximum by the WHO, while no helminth eggs were observed in the effluent. Hence the effluent could only be used for restricted irrigation.

Key words: nutrient recycling, anaerobic filter, water reuse

INTRODUÇÃO

A utilização de esgotos tratados na agricultura apresenta diversas vantagens; além de dar uma destinação final aos dejetos líquidos, impede que os mesmos sejam lançados no meio ambiente evitando, desta forma, a contaminação e poluição dos mananciais das águas de superfície e do solo, e portanto, a disseminação de doenças (Shuval et al, 1997).

A Organização Mundial da Saúde assegura que o tratamento primário de esgotos domésticos já é suficiente para

torná-los adequados à irrigação de culturas de consumo indireto. No entanto, recomendam-se tratamentos secundário e terciário quando estas águas forem utilizadas na irrigação das culturas para consumo direto (Metcalf & Eddy, 2003).

Tratar esgotos utilizando reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) é uma opção positiva, sobretudo, para regiões de clima quente como no caso do Nordeste brasileiro (van Haandel & Lettinga, 1994). O efluente, produzido por este sistema apresenta grande quantidade de nutrientes, no entanto, não deve ser utilizado na agricultura, pois exige cuidados com relação

a patógenos e parasitas que podem contaminar os trabalhadores rurais e consumidores dos produtos. Logo, o efluente do UASB exige um pós-tratamento para produzir esgotos tratados com características de qualidade sanitária, recomendada pela WHO (1989) para irrigação irrestrita (\square 1000 UFC por 100 mL e \square 1 ovo de helminto por litro) (Cavalcanti *et al.*, 2000).

Com este fim, foi utilizado um filtro anaeróbio compartimentado preenchido com material descartável (PET) como suporte para aderência de biofilme. Este biofilme, uma película de matéria orgânica com microrganismos agregados ao material suporte, é responsável pelo tratamento dos esgotos, promovendo a digestão da matéria orgânica. Quando os esgotos passam através dos interstícios do meio suporte, a matéria orgânica tende a se aderir devido às forças de Van der Waals; os microrganismos, encontrando um meio e disposição de alimento se fixam, proliferando-se, causando o crescimento do biofilme e, conseqüentemente, maior consumo de matéria orgânica (Iwai & Kitao, 1994).

O sistema proposto busca contribuir com o tratamento dos esgotos sanitários, promovendo a digestão anaeróbia da matéria orgânica, resultando na redução dos parâmetros de DBO, DQO e sólidos suspensos, além da diminuição das quantidades de coliformes termotolerantes e manutenção dos nutrientes (principalmente N e P) produzido um efluente com padrões de qualidade para reúso na agricultura.

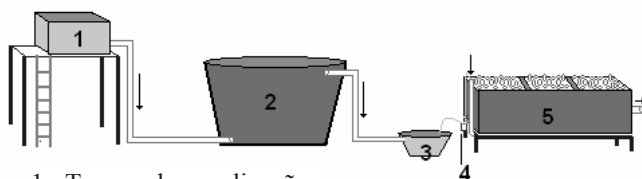
MATERIAL E MÉTODOS

Localização

O sistema experimental em escala piloto foi instalado e monitorado em uma área pertencente à Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), localizado no bairro do Tambor, no município de Campina Grande, PB (latitude sul $7^{\circ}13'$, longitude oeste $35^{\circ}52'$, e 550 m de altitude). O sistema foi constituído de um reator UASB construído de fibra de vidro com capacidade de 5 m^3 e um Filtro Anaeróbio de Chicanas (FAC), do mesmo material com duas divisórias de chicanas e capacidade aproximada de 1 m^3 , conforme o esquema apresentado na Figura 1.

Características operacionais

O reator UASB já se encontrava em funcionamento há 3 anos, com vazão de $20 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$, promovendo um Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) médio de 0,25 dia e $2,52 \text{ kg DQO m}^{-3} \text{ d}^{-1}$



- 1 - Tanque de equalização
- 2 - Reator UASB
- 3 - Tanque de alimentação
- 4 - Bomba
- 5 - FAC

Figura 1. Esquema do sistema de tratamento utilizado no experimento

de carga orgânica específica. O FAC continha material suporte constituído por garrafas de polietileno tereftalato (PET), material este utilizado pelo baixo custo, por se apresentar inerte química e biologicamente, ser leve e produzir um elevado volume de vazios (96%). Mantendo a carga superficial específica de $0,169 \text{ g DQO m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Alimentação do sistema UASB – FAC

O sistema tratava uma parcela do esgoto sanitário proveniente da rede coletora oriunda da zona urbana de Campina Grande, PB. O esgoto bruto passava, inicialmente, por um pré-tratamento, composto de um gradeamento e uma caixa de areia; em seguida, era bombeado ao tanque de equalização de onde alimentava, por gravidade, o reator UASB. O efluente era encaminhado diariamente, também por gravidade, a um tanque de alimentação, e então introduzido ao FAC através de uma bomba de pulso, com a variação da vazão média, de acordo com cada fase de operação.

Monitoramento do sistema UASB – FAC

O experimento foi monitorado durante o período de onze meses, de agosto de 2004 a junho de 2005, tendo sido dividido em 3 fases, como descrito na Tabela 1, com o objetivo de averiguar melhor a influência do TDH na eficiência do FAC.

Tabela 1. As três fases que compreenderam o experimento

Etapas	Período	TDH médio (dia)	Vazão (L h^{-1})
1º fase	Ago a Nov de 2004	7	5,4
2º fase	Dez de 2004 a Fev de 2005	9	4,2
3º fase	Mar a Jun de 2005	11	3,77

Do ponto de vista sanitário, é necessário que o efluente se enquadre nas normas vigentes, com os limites de tolerância microbiológica ao tipo de cultura a ser irrigado, (\square 1000 UFC por 100 mL e \square 1 ovo de helminto por litro) avaliado através do indicador de contaminação fecal: Coliformes Termotolerantes e parasitológico através da contagens de ovos de helmintos, com base no método de Bailenger (WHO, 1989).

Todas as análises laboratoriais realizadas seguiram as recomendações do APHA (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

pH e condutividade elétrica

Haja vista a utilização do efluente tratado para reúso na agricultura, faz-se indispensável a determinação de alguns parâmetros químicos, tais como: pH, sais dissolvidos, matéria orgânica e sólidos. A Tabela 2 apresenta a variação de pH durante as três fases de operação. Nota-se que o efluente do reator UASB se encontrava numa faixa de neutralidade e, após o tratamento no FAC, devido ao processo de amonificação, passou a ligeiramente alcalino; no entanto, pH máximo de 8,2 não compromete a perda do nitrogênio amoniacal pela volatilização da amônia (van Haandel & Lettinga, 1994).

Alta concentração de sais contidos nos efluentes utilizados para irrigação, prejudica a absorção de água pelas plantas, por

Tabela 2. pH das três fases dos efluentes do UASB e do FAC

Efluentes	UASB		FAC	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1ª Fase	6,8	7,5	7,8	8,2
2ª Fase	7,0	7,3	7,6	8,0
3ª Fase	6,7	7,9	8,1	8,2

se acumularem no solo. Por isso, há relevância da análise da condutividade elétrica, pois quantifica a concentração de sais dissolvidos no líquido. A Tabela 3 indica que a salinidade não sofreu modificação relevante quanto ao tratamento aplicado nas três fases, mantendo uma condutividade elétrica no efluente final em torno de 1,4 dS m⁻¹ sem grandes variações. Uma concentração considerada alta quando se trata de culturas com classificação sensível a tolerância a sais como, por exemplo, gergelim, feijão, laranja, mas poderá ser utilizada em irrigação de outras culturas com maior tolerância, como arroz e algodão, de acordo com a classificação apresentada por Gheyi et al. (1997).

Matéria orgânica (DBO₅ e DQO) e sólidos suspensos

Conforme a Tabela 4, o efluente do FAC apresenta baixas concentrações de matéria orgânica, expressa em DBO₅ e DQO, mantendo uma eficiência de remoção de 64, 66 e 71% de DBO₅ nas três fases, respectivamente, além de uma remoção de 65, 73 e 75% para DQO.

O efluente do FAC também apresentou baixa concentração de sólidos suspensos totais e voláteis, com eficiência de remoção de 81, 84 e 85% para os sólidos suspensos totais,

respectivamente nas três fases do experimento, e 83, 86 e 86% para os voláteis.

Apesar do aumento da eficiência estar aparentemente relacionado com a variação do TDH, a análise de variância apontou não haver diferença significativa para esses parâmetros, dentro das condições experimentais aplicadas; portanto, torna-se viável que o tratamento ocorra em menor tempo possível, possibilitando que quantidade maior de esgotos seja tratada, sem, contudo, aumentar os custos.

Nutrientes

A irrigação de culturas por meio dos esgotos domésticos se trata, na realidade, de uma fertirrigação, visto que estes já possuem os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta, porém os esgotos, quando tratados, tendem a apresentar as concentrações desses nutrientes reduzidas, fato que irá depender do tratamento recebido.

Observam-se na Tabela 5, as concentrações médias dos efluentes do UASB e do FAC, assim como a variação dos mesmos através do desvio padrão e coeficiente de variação dos dados analisados dos parâmetros: nitrogênio total (NTK), nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺), fósforo total (PT) e ortofosfato (P-PO₄³⁻) durante as três fases do experimento.

O efluente se caracteriza por apresentar elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo, variando entre 25,6 a 44,9 mg NTK L⁻¹ e 23,5 a 44,0 mg N-NH₄⁺ L⁻¹ para nitrogênio total e amoniacal, respectivamente; o fósforo total oscilou de 3 a 6,2 mg P L⁻¹ e o ortofosfato, de 1,9 a 5,3 mg P-PO₄ L⁻¹.

Como o processo aplicado é anaeróbico, verifica-se baixa remoção dos nutrientes. Havendo altas concentrações de nitrogênio e fósforo no efluente final, inclusive nas formas

Tabela 3. Condutividade elétrica das três fases dos efluentes do UASB e FAC

Análises Estatísticas	Médias					
	1ª Fase		2ª Fase		3ª Fase	
	UASB	FAC	UASB	FAC	UASB	FAC
Concentração (25 °C) (dS m ⁻¹)	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3
Desvio padrão (25 °C) (dS m ⁻¹)	0,05	0,06	0,05	0,11	0,13	0,15
Coeficiente de variação (%)	4	4	3	8	9	12

Tabela 4. Valores médios de matéria orgânica e sólidos suspensos durante as 3 fases

	Médias							
	DBO ₅		DQO		SST		SSV	
	UASB	FAC	UASB	FAC	UASB	FAC	UASB	FAC
1ª Fase								
Concentração (mg L ⁻¹)	39	14	210	76	58	9	48	7
Desvio padrão (mg L ⁻¹)	2,6	4,1	45,7	22,9	27,8	5,2	24,0	3,9
Coeficiente de variação (%)	6,7	29,4	21,7	29,9	48,3	55,9	50,2	57,8
2ª Fase								
Concentração (mg L ⁻¹)	36	12	253	71	86	13	75	9
Desvio padrão (mg L ⁻¹)	4,0	3,3	44,0	32,0	27,0	7,0	27,0	4,0
Coeficiente de variação (%)	11	27	17	47	32	49	36	44
3ª Fase								
Concentração (mg L ⁻¹)	40	12	228	56	70	10	55	7
Desvio padrão (mg L ⁻¹)	4,9	3,1	70,0	19,0	22,0	3,0	17,0	2,0
Coeficiente de variação (%)	12	26	31	33	32	30	30	27

Fonte: Silva, 2005

Tabela 5. Valores médios da concentração de nutrientes nas três fases

1ª Fase	Médias							
	NTK		N-NH ₄ ⁺		PT		P-PO ₄ ³⁻	
	UASB	FAC	UASB	FAC	UASB	FAC	UASB	FAC
Concentração (mg L ⁻¹)	53,2	38,4	49	36,2	6,97	4,37	5,6	3,7
Desvio padrão (mg L ⁻¹)	5,5	4,6	4,4	3,8	0,5	1,1	0,6	0,9
Coefficiente de variação (%)	10,3	11,9	9	10,6	7,5	25,2	11,3	23,9
2ª Fase								
Concentração (mg L ⁻¹)	54,7	38	47,1	34,4	6,7	4,4	5,9	4,0
Desvio padrão (mg L ⁻¹)	3,0	4,6	3	6	0,6	0,6	0,4	0,7
Coefficiente de variação (%)	5	12	7	17	8	14	6	17
3ª Fase								
Concentração (mg L ⁻¹)	42,7	31,3	37,5	28,7	5,9	4,0	5,1	3,6
Desvio padrão (mg L ⁻¹)	4,0	4	4	4	0,7	0,6	0,9	0,6
Coefficiente de variação (%)	9	10	10	13	11	15	17	17

Fonte: Silva, 2005

iônicas, sua utilização na agricultura evitará a utilização de adubo mineral tornando o cultivo menos oneroso e, pela quantidade de nutrientes dissolvidos no efluente, facilitará sua absorção pela planta (Sousa & Leite, 2003).

Qualidade sanitária do efluente produzido

Decaimento bacteriano: A Figura 2 apresenta o comportamento dos efluentes do reator UASB e FAC, quanto aos coliformes termotolerantes durante as três fases de operação.

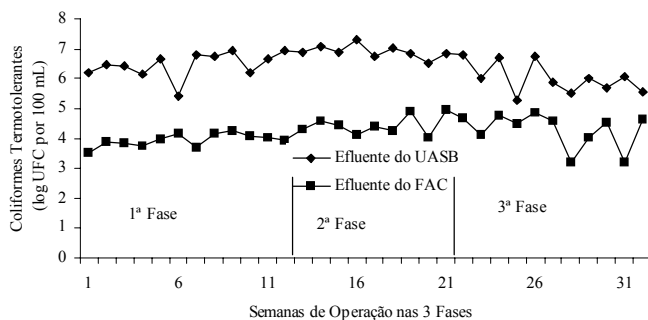


Figura 2. Comportamento dos coliformes termotolerantes durante todo o experimento

A concentração de coliformes termotolerantes presentes no efluente do reator UASB manteve-se na média geométrica de $2,72 \cdot 10^6$ UFC por 100 mL, com valores limites entre $1,85 \cdot 10^5$ a $2,09 \cdot 10^7$ UFC por 100 mL; após passar pelo FAC, apresentou uma média geométrica de $1,56 \cdot 10^4$ UFC por 100 mL, com valores limites entre $1,50 \cdot 10^3$ a $8,75 \cdot 10^4$ UFC por 100 mL. Mesmo com eficiência 99,48%, o efluente final não atende às condições sanitárias estabelecidas pela WHO (1989) para a irrigação de culturas consumidas cruas, porém para culturas de cereais e plantas arbóreas o efluente não apresenta nenhum risco de contaminação.

Ovos de helmintos: Em todas as análises realizadas durante as três fases do experimento, não se encontraram ovos de helmintos no efluente do filtro anaeróbio de chicanas; segundo

a WHO (1989) efluentes tratados sem a presença de helmintos são isentos também de organismos com cisto de protozoários, giárdias e cryptosporidium.

CONCLUSÕES

1. A eficiência de remoção de sólidos suspensos totais e voláteis no Filtro Anaeróbio de Chicanas, manteve-se na média de 85 e 86%, produzindo efluente com baixa concentração de sólidos, podendo ser aplicado numa irrigação por gotejamento;
2. O efluente produzido pelo filtro apresentou baixa concentração de matéria orgânica (DBO_5 12 mg L⁻¹) e alta de macronutrientes (nitrogênio e fósforo), pH variando de 7,3 a 8,2; portanto, podendo ser utilizados na fertirrigação de uma variedade de culturas, como feijão e milho;
3. O Filtro Anaeróbio de Chicanas utilizado no pós-tratamento de efluente do reator UASB produziu efluente ausente de ovos de helminto e coliformes termotolerantes na ordem de 10^3 a 10^4 UFC por 100 mL; efluente com essas características só poderá ser utilizado na fertirrigação de culturas forrageiras e culturas não consumidas cruas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CT-HIDRO, ao CNPq, BNB, à Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA, à Estação de Tratamento Biológico de Esgotos – 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. 1995, Washington, D. 1134p.
- Carvalho, O.J.; Povinelli, J. Biofiltro aeróbio submerso empregado no pós-tratamento do efluente de reator anaeróbio compartimentado. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande. Anais... Campo Grande: ABES, 2005. CD Rom.

- Cavalcanti, P. F. F., van Haandel, A. C. and Lettinga, G. *Polishing ponds for post treatment of digested sewage - part 1: flow through ponds*. VI Oficina e Seminário Latino-Americano de Digestão Anaeróbia, Recife. Anais... Recife: ABES, 2002. p. 352-358.
- Gheyi, H.G.; Queiroz, J.E.; Medeiros, J.F. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada in: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 36, 1997. Campina Grande. Anais... Campina Grande: SBEA, 1997, 15p.
- Gonçalves, R. F., Araújo, V. L. Tratamento secundário de esgoto sanitário através da associação em série de reatores UASB e biofiltros aerados submersos. Engenharia, Ciência e Tecnologia, Vitória, n.3, p.14-19, 1998.
- Iwai, S.; Kitao, T. Wastewater treatment with microbial films. Technomic, Japão, 1994.
- Metcalf; Eddy, Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse. 4 ed. McGRAW-HILL. 2003, 1819p.
- Shuval, H. et al. Development of a Risk Assessment Approach for Evaluating Wastewater Reuse Standards for Agriculture. Water Science and Technology, Oxford. v. 35, n. 11-12, p. 15-20, 1997.
- Silva, V.F. Análise da viabilidade de filtro anaeróbio de chicanas no pós-tratamento de esgotos sanitários. Campina Grande: UFPB/UEPB, 2005, 85p. Dissertação Mestrado.
- Sousa, J.T.; Leite, V.D. Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura, 2 ed, Campina Grande: EDUEP, 2003, 135p.