

## PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE ANAERÓBIO EM LAGOA DE POLIMENTO

**Mario T. Kato e Lourdinha Florencio**

*Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Escola de Engenharia de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Grupo de Saneamento Ambiental. Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária. 50740-530 Recife, Pernambuco, Brasil. Tel.: +55 81 3271-8743 / 8742 / 8228. Fax: +55 81 3271-8219 / 8205. E-mail:kato@npd.ufpe.br; flor@npd.ufpe.br*

### RESUMO

O desempenho de uma unidade experimental na ETE Mangueira, Recife, constituída de lagoa de polimento, foi acompanhado durante um período de 250 dias. O objetivo foi o de avaliar a eficiência deste sistema para o pós-tratamento de efluente de um reator anaeróbio tipo UASB, quando operado com tempo de detenção hidráulica ( $\Theta_h$ ) longo, de 20 dias, sob 3 condições de lâmina de água, 0,3 m, 0,6 m e 1,0 m. A eficiência acompanhada foi relativa à remoção de DQO remanescente e principalmente, de coliformes no efluente anaeróbio. Utilizou-se dois tanques em série com um volume útil total de 2880 L, divididos em 4 comprimentos por chicanas, de forma a se favorecer o fluxo tipo tubular. Os resultados médios acompanharam os obtidos em experimentos anteriores, com valores de  $\Theta_h$  igual ou menores que 10 dias; maiores eficiências foram obtidas, em geral, tanto para a remoção de DQO como de coliformes, para maiores valores de  $\Theta_h$ ; e para um mesmo valor de  $\Theta_h$ , a eficiência para ambos os parâmetros foi maior para as maiores profundidades das lâminas. Os valores médios de DQO filtrada no efluente neste experimento foram de 64 mg/L, 53 mg/L e 49 mg/L, para profundidades de 0,3 m, 0,6 m e 1,0 m, respectivamente. As concentrações médias de SSV ficaram entre 35 e 91 mg/L, ao passo que os coliformes atingiram valores da ordem de  $10^2$  a  $10^3$ . Esses resultados, comparados com outros anteriores na mesma unidade piloto com chicanas, demonstram que para valores de  $\Theta_h$  de no mínimo 3,5 dias, é possível obter efluente final com DQO filtrada menor que 100 mg/L; entretanto, valores de coliformes da ordem de até  $10^3$  no efluente só foram obtidos com  $\Theta_h$  entre 10 e 20 dias.

### PALAVRAS CHAVE

Efluente anaeróbio; esgotos sanitários; lagoa de polimento; pós-tratamento; reator UASB; remoção de DQO e coliformes.

### INTRODUÇÃO

O uso da tecnologia anaeróbia no país, para o tratamento de esgotos sanitários, em especial com o emprego do reator de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB), vem se consolidando desde a década de oitenta, porém de forma mais acelerada a partir do início da década de noventa. Isso pode ser verificado pelo expressivo número de estações de tratamento de esgotos (ETE) com reatores UASB em vários estados, como por exemplo, Paraná, Pernambuco, Minas Gerais, Espírito Santo, Distrito Federal, Tocantins, entre outros. Pesquisas e desenvolvimento

tecnológico efetuados em centros universitários e empresas de saneamento, principalmente, aliado às condições ambientais favoráveis, permitiram que os resultados pudessem ser difundidos e aplicados na prática. Atualmente, pode-se afirmar que o país ocupa uma posição de destaque nessa área de atuação em nível mundial, em especial no caso de tratamento anaeróbio de esgotos domésticos.

Entretanto, em que pese os avanços obtidos, e apesar de se reconhecer a alta eficiência dos sistemas anaeróbios na remoção de matéria orgânica em termos de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e de sólidos suspensos totais (SST), nem sempre a qualidade dos efluentes anaeróbios atende a legislação ambiental. Muitas vezes isso ocorre nos casos de lançamento dos efluentes em corpos receptores, cuja qualidade exige maiores rigores. Não obstante, nem por isso se subtraem os méritos dos processos anaeróbios. Sistemas eficientes constituídos de pré-tratamento com reatores anaeróbios, e com unidades de pós-tratamento, podem atender às exigências de qualidade para os efluentes, ainda com vantagens técnicas, e mesmo econômicas, em relação aos sistemas convencionais. Várias alternativas de pós-tratamento de efluentes anaeróbios se encontram em desenvolvimento, ao passo que algumas já se encontram em uso na prática, como é o caso das denominadas lagoas de polimento (Schellinkhout et al., 1991; Rodríguez-Vitoria et al., 1996; Morais et al., 1999; Luduvic et al., 2000; Soares et al., 2000; Florencio et al., 2000; Florencio e Kato, 2001).

De acordo com Cavalcanti et al. (2001), a denominação de lagoas de polimento é para distinguir-se de lagoas de estabilização, uma vez que o primeiro sistema se refere ao pós-tratamento de efluentes, ao passo que o segundo, ao tratamento de esgoto bruto. Outra característica importante das lagoas de polimento se refere ao seu principal objetivo. Devido à remoção significativa de DBO e SST num reator anaeróbio, por exemplo, as concentrações remanescentes no efluente e, conseqüentemente, as cargas orgânicas correspondentes, não seriam os fatores determinantes para o pós-tratamento. Assim, é de esperar um tempo de detenção hidráulica ( $\Theta_h$ ) muito mais reduzido, em comparação com as das tradicionais lagoas de estabilização. O principal fator passa a ser, pois, a remoção de patógenos, e não mais, ou nem tanto, a estabilização da matéria orgânica.

Lagoas de polimento associadas a pré-tratamento anaeróbio são também indicadas quando se pretende remover nitrogênio e fósforo do efluente final, em função das condições favoráveis de pH (van Haandel e Lettinga, 1994; Cavalcanti et al., 2001). A menor produção de  $\text{CO}_2$  devido a baixa carga orgânica, associada à maior atividade de fotossíntese que o consome, pode resultar em elevado valor de pH nas lagoas de polimento, de até 9 ou maior. Com isso, favorece-se a formação de amônia molecular que pode se desprender da fase líquida. Ao mesmo tempo, favorece-se a maior concentração de íon fosfato, e em conseqüência, a sua precipitação na forma de fosfato de cálcio, por exemplo.

Entretanto, apesar das amplas possibilidades de se ter um pós-tratamento para o polimento de efluentes anaeróbios em termos de DBO, SST, patógenos e nutrientes, vários aspectos ainda necessitam ser melhor estudados, com o objetivo de se otimizar os parâmetros de projeto. Entre eles se destacam o  $\Theta_h$ , a profundidade e o regime hidráulico.

Algumas lagoas de polimento em escala real existentes, para o pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, vem sendo operados com  $\Theta_h$  de aproximadamente 3,5 dias (Rodríguez-Vitoria, 1996; Florencio e Kato, 2001; Morais et al., 1999). Esses valores de  $\Theta_h$  são bem menores que os usuais para lagoas facultativas ou de maturação em sistemas convencionais de lagoas de estabilização. Alguns resultados em escala real demonstram uma eficiência complementar em

lagoa de polimento para a remoção de DBO e DBO<sub>5</sub>, com valores médios obtidos em amostras filtradas no efluente de 50 mg/L e 26 mg/L, respectivamente. A concentração de coliformes fecais no efluente tem atingido valores próximos de 10<sup>3</sup> NMP/100 mL (Morais et al., 1999; Maia e Florencio dos Santos, 2001). Pouco tem sido relatado a respeito da sedimentação e acúmulo de lodo nas lagoas de polimento em escala real, devido ao teor de SST nos efluentes anaeróbios. Catunda et al. (2000) em lagoa de polimento piloto (32,5 m<sup>3</sup>), obtiveram um valor de 70 g de lodo / m<sup>3</sup> de efluente anaeróbio na entrada. Estudos anteriores em unidade experimental (Arantes et al., 2000) revelam que em geral, maiores remoções de DQO e coliformes foram obtidas com maiores valores de tempo de detenção, em carreiras com  $\Theta_h$  entre 2 e 10 dias; e que, para um determinado valor de  $\Theta_h$ , os melhores resultados ocorreram nas carreiras com maiores lâminas de água, decrescendo de 1,0 m para 0,6 m e 0,30 m.

Tendo em vista os resultados parciais obtidos anteriormente em períodos relativamente curtos para cada carreira, com valores de  $\Theta_h$  de até 10 dias (Arantes et al., 2000), bem como a necessidade de melhor avaliar o uso de lagoas de polimento para o pós-tratamento de efluentes anaeróbios a longo termo e com  $\Theta_h$  maior (20 dias), este trabalho teve como objetivo focar o desempenho de unidade em escala piloto, para a remoção de DQO e sólidos suspensos e de coliformes remanescentes no efluente de reator UASB em escala real.

## METODOLOGIA

Os trabalhos experimentais foram realizados em uma unidade piloto, implantada junto à ETE, localizada no bairro da Mangueira em Recife, Pernambuco. A ETE era composta de um reator UASB e de uma lagoa de polimento. A ETE foi dimensionada para uma população de projeto de 18.000 habitantes, porém estava atendendo cerca de 13.500 habitantes. A rede de esgotos era do tipo condominial. O reator UASB possuía um volume total de 810 m<sup>3</sup>, dividido em 8 células que operavam em paralelo. O valor de projeto de  $\Theta_h$  para o reator era de 8 h e para a lagoa de 3,5 d.

A unidade piloto da lagoa de polimento foi construída ao lado da caixa de areia da ETE, junto com outras unidades experimentais do projeto PROSAB da UFPE. A lagoa utilizada era constituída de dois tanques, que podiam operar em paralelo ou em série, dependendo do  $\Theta_h$  aplicado. Cada tanque tinha uma área de 1,20 m x 1,20 m e uma altura útil máxima de 1,0 m, totalizando um volume útil máximo de 1440 L. O material utilizado na construção dos tanques foi alvenaria de tijolos com impermeabilização adequada. Cada tanque foi dividido em 4 compartimentos através do uso de chicanas, com o objetivo de obter um regime hidráulico próximo do tubular. Ao final de cada tanque foram instalados registros nas alturas de 0,3 m, 0,6 m e 1,0 m, com o objetivo de se operar as lagoas com 3 lâminas de água distintas. Neste experimento os dois tanques foram conectados através de uma tubulação com registro. Devido ao valor de  $\Theta_h$  selecionado para a operação durante todo o período experimental (20 dias), os dois tanques operaram sempre em série. Na Figura 1 é apresentado o esquema da unidade experimental.

A alimentação da lagoa piloto era feita com efluente de uma das células do UASB da ETE Mangueira, coletado no canal externo do reator; por gravidade, o efluente era lançado num recipiente de 200 L, a partir do qual, através de bomba dosadora, se alimentavam os tanques. Em continuidade ao experimento anterior (Arantes et al., 2000), as lâminas de água foram variadas. Entretanto, neste experimento cada altura foi fixada dentro das lagoas a partir da borda superior do tanque, ao invés do fundo, como no experimento anterior. Para manter essa disposição, subia-

se o fundo dos tanques com o uso de tijolos e fixação de madeira no sentido horizontal, para minimizar a infiltração de esgoto e possível interferência no fluxo do líquido.

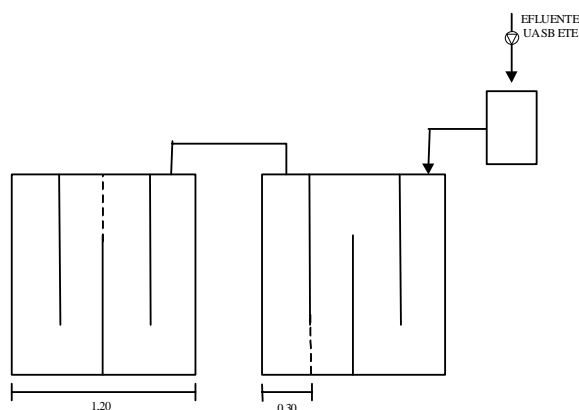


Figura 1 – Esquema da unidade experimental com lagoas de polimento

As características operacionais (volume e vazão) para os valores do tempo de detenção hidráulica e profundidades diferentes estabelecidos para este experimento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características operacionais das lagoas

$\Theta_h$ (d)	H = 0,3 m		H = 0,6 m		H = 1,0 m	
	Volume (L)	Vazão (L/h)	Volume (L)	Vazão (L/h)	Volume (L)	Vazão (L/h)
20	864	1,8	1728	3,6	2880	6,0

Durante todas as 3 sub-fases, os dois tanques em série operaram com as chicanas, o que implicava numa relação comprimento/largura igual a 32. O período experimental total foi de 250 dias, com distribuição da operação entre as fases e sub-fases conforme mostra a Tabela 2. As características médias do esgoto coletado no recipiente de 200 L que alimentava a lagoa são também apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Características médias do afluente à lagoa

Fase	Sub-fase	Período (dias)	Temp. (°C)	pH	DQO total (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	Coli. Totais (NMP/100mL)	Coli. Fecais (NMP/100mL)
$\Theta_h$ 20 d	H = 0,3 m	109	31,6	6,79	132	116	55	$1,3 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^4$
	H = 0,6 m	91	30,3	6,91	146	135	89	$1,4 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^4$
	H = 1,0 m	33	30,0	6,84	146	118	79	$1,8 \cdot 10^5$	$7,0 \cdot 10^4$

As coletas e medições eram efetuadas às 8:00 h, sendo toda a amostragem durante a fase experimental do tipo simples. As medições de pH, temperatura e OD eram efetuadas diariamente no local. As demais análises de DQO total e filtrada, sólidos suspensos totais e voláteis, e coliformes, foram efetuadas 3 vezes por semana. As análises de DQO filtrada eram feitas utilizando o papel de filtro de 1,2  $\mu$ m, enquanto que os sólidos suspensos foram feitos utilizando

o papel de fibra de vidro de 0,45  $\mu\text{m}$ . O método utilizado para os ensaios de bacteriologia foi o cromogênico (Colilert). Todos os demais ensaios foram feitos de acordo com o Standard Methods (AWWA/APHA/WEF, 1995). As análises foram feitas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) da UFPE, cujo campus se situava próximo à ETE Mangueira.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As principais características médias do efluente da lagoa de polimento piloto, bem como a eficiência de remoção de DQO, são apresentadas na Tabela 3. As variações das concentrações de DQO afluente e efluente se encontram na Figura 2; as de eficiência de remoção de DQO, na Figura 3; e as de SST e SSV no efluente, na Figura 4. Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de coliformes totais e fecais no efluente da lagoa, bem como a eficiência de remoção média. Na Figura 5 é apresentada a variação da concentração de coliformes no afluente e efluente. Os valores médios de pH se situaram em torno de 8,25, com um máximo de 9,5 durante todo o experimento.

Tabela 3 – Características médias de DQO e sólidos suspensos no efluente da lagoa piloto

Fase	Sub-fase	DQO		Eficiência remoção de DQO		SST (mg/L)	SSV (mg/L)
		Total (mgO <sub>2</sub> /L)	Filtrada (mgO <sub>2</sub> /L)	Total (%)	Filtrada (%)		
$\Theta_h = 20 \text{ d}$	H = 0,3 m	96	64	26	47	47	35
	H = 0,6 m	102	53	29	61	109	91
	H = 1,0 m	101	49	30	67	53	42

Tabela 4 – Características médias de coliformes no efluente das lagoa piloto

Fase	Sub-fase	Coliformes totais	Coliformes fecais	Eficiência de remoção coliformes fecais (%)
		(NMP/100 mL)	(NMP/100 mL)	
$\Theta_h = 20 \text{ d}$	H = 0,3 m	$1,2 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^3$	84,54
	H = 0,6 m	$1,1 \cdot 10^4$	$3,9 \cdot 10^2$	98,39
	H = 1,0 m	$1,9 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^3$	97,03

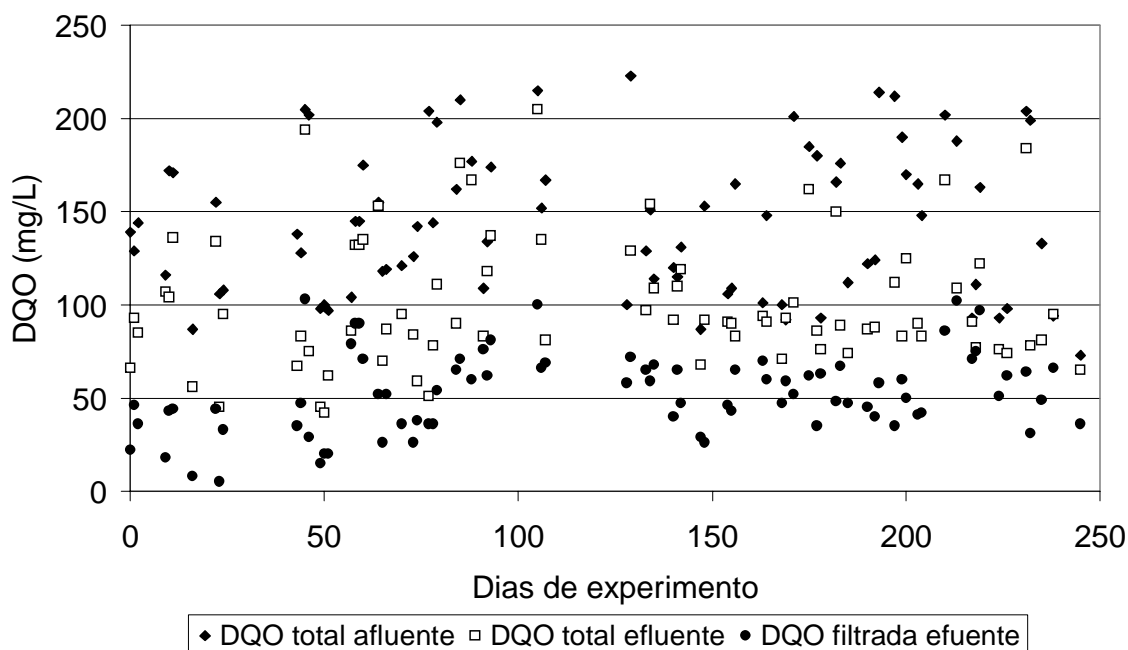


Figura 2 – Variações de concentrações de DQO no afluente e efluente na lagoa piloto

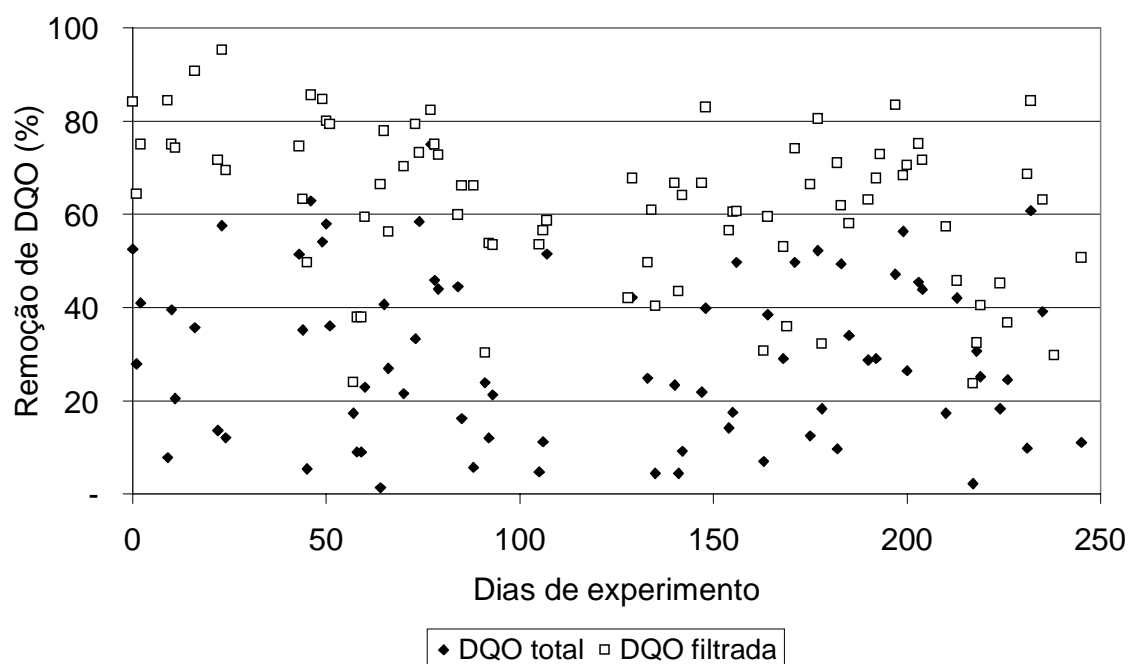


Figura 3 – Eficiência de remoção de DQO na lagoa piloto

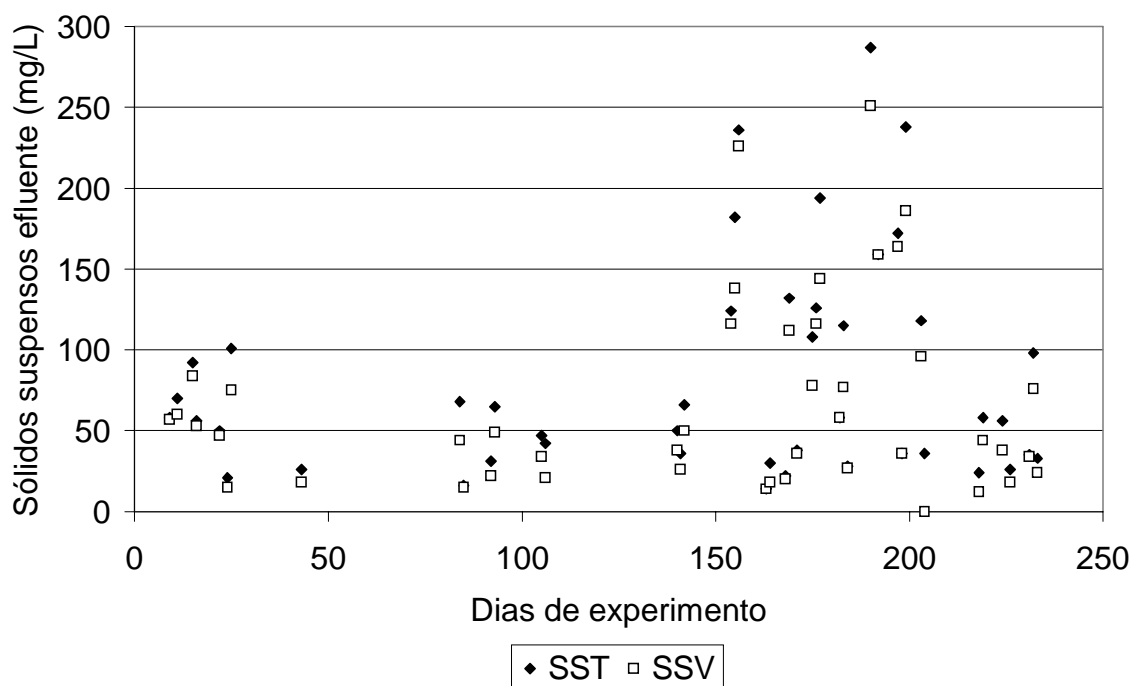


Figura 4 – Variações de concentrações de SST e SSV no efluente da lagoa piloto

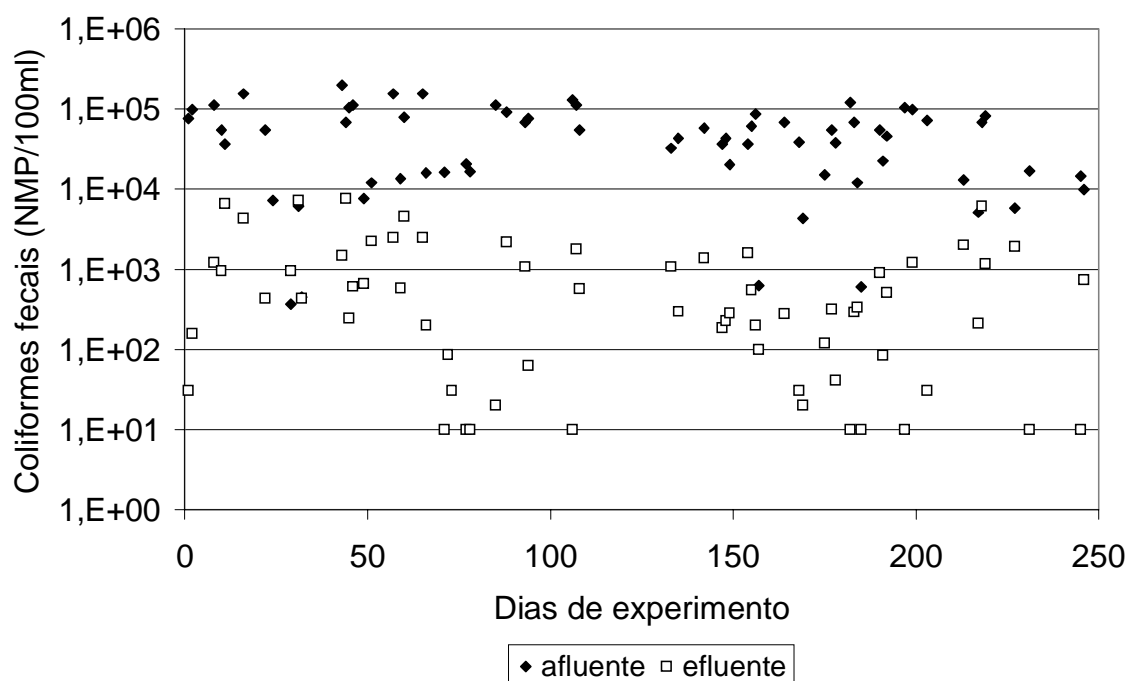


Figura 5 – Variações de concentrações de coliformes no efluente da lagoa piloto

Os resultados deste experimento com lagoa de polimento em unidade piloto, operando com  $\Theta_h$  de 20 dias, com 3 diferentes lâminas de água, em fluxo que favoreceu o regime tubular, demonstram que para as condições impostas, é possível obter efluentes com DQO filtrada entre 49 e 64 mg/L. Os valores de SSV no efluente foram entre 35 mg/L e 91 mg/L. As cargas aplicadas foram baixas, em função da concentração da DQO afluente, bem como do valor alto de  $\Theta_h$  aplicado de 20 dias. As cargas orgânicas volumétricas aplicadas foram em torno de  $7.10^{-3}$  kg DQO/m<sup>3</sup>.d; as cargas orgânicas superficiais, entre  $1,98.10^{-3}$  a  $7,3.10^{-3}$  kg DQO/m<sup>2</sup>.dia; e as cargas hidráulicas específicas, de somente 0,015 a 0,050 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia.

Os resultados deste experimento são bem semelhantes aos obtidos em experimentos anteriores na mesma unidade experimental com  $\Theta_h$  de 5 dias e de 10 dias, cujos valores de DQO filtrada ficaram entre 23 mg/L e 86 mg/L (Arantes et al., 2000). Portanto, aparentemente, as diferenças para a remoção de DQO remanescente de efluente anaeróbio em lagoa de polimento não são significativas para valores de  $\Theta_h$  entre 5 e 20 dias.

Para esta faixa de  $\Theta_h$ , uma diferença observada no efluente da lagoa de polimento, para cada valor de  $\Theta_h$  aplicado, foi a diminuição do valor de DQO filtrada com o aumento da profundidade. O mesmo foi observado em relação aos coliformes totais e fecais.

Nos experimentos com  $\Theta_h$  entre 3,5 a 10 dias, a relação comprimento/largura era de 16, ao passo que neste experimento com  $\Theta_h$  de 20 dias, essa relação era o dobro. Os resultados comparativos de remoção de DQO revelam, portanto, que esse parâmetro também não influenciou de maneira significativa no desempenho da lagoa de polimento.

Os resultados mais significativos neste experimento, comparado com os anteriores, deram-se com relação aos coliformes. Observou-se uma diminuição da concentração de coliformes com a lagoa operando com  $\Theta_h$  de 20 dias, uma vez que somente neste caso se obteve valores médios próximos de 1000 NPM/100 mL, o que pode ser considerado bastante satisfatório. Entretanto, os resultados globais na faixa de  $\Theta_h$  entre 3,5 dias a 20 dias, não refletem bem a influência das principais variáveis. É bem possível que os fatores geométricos, como profundidade e relação comprimento/largura, tenham sido secundários comparados com a influência do grau de mistura e dispersão que ocorreram nos experimentos.

Embora os experimentos naquela faixa tenham sido conduzidos com lâminas rasas, o que em princípio favoreceria um menor grau de mistura transversal, e consequentemente, um menor grau de dispersão, com fluxo mais próximo do tubular, é bem possível que isso não tenha de fato ocorrido. As pequenas dimensões dos tanques, bem como as condições naturais de trabalho no local, devem ter provocado maiores interferências no regime de fluxo para as menores lâminas, principalmente. Consequentemente, os resultados em função daquelas variáveis não seguiram os esperados, conforme referido em outros trabalhos similares (van Haandel e Lettinga, 1994; von Sperling, 1999; Cavalcanti et al., 2001).

A compartimentação da lagoa de polimento piloto, com o uso de chicanas para favorecer o fluxo tipo tubular, aparentemente não evitou o maior problema já citado de mistura transversal e consequente maior número de dispersão. O desvio da eficiência de remoção teórica em relação aos resultados experimentais que se apresentam com valores menores, já foi comprovado por Cavalcanti et al. (2001). Apesar dos resultados satisfatórios e promissores obtidos no presente experimento, bem como em experimentos anteriores com a mesma unidade experimental, em termos de valores absolutos no efluente (DQO, sólidos suspensos e coliformes totais e fecais), observa-se que a influência das variáveis devem ser melhor investigadas e avaliadas. Os resultados



de monitoramento por longo período em lagoa de polimento em escala real da ETE Mangueira, com  $\Theta_h$  real entre 3,5 e 5 dias, sem chicanas, vem apresentado resultados iguais ou melhores aos obtidos nos experimentos com a unidade piloto, com  $\Theta_h$  entre 3,5 dias e 20 dias.

## CONCLUSÕES

O desempenho da lagoa de polimento como pós-tratamento de efluente anaeróbio foi significativo, com a unidade tendo apresentado eficiências de remoção de DQO, sólidos suspensos e coliformes significativas, para tempo de detenção hidráulica de 20 dias, com operação com lâminas rasas, de 0,3 m, 0,6 m e 1,0 m. Valores de DQO filtrada no efluente de 64 mg/L, 53 mg/L e 49 mg/L, respectivamente, foram obtidos lâminas de 0,3 m, 0,6 m e 1,0 m. Valores médios de SSV no efluente ficaram abaixo de 91 mg/L. E as concentrações médias de coliformes fecais atingiram valores da ordem de  $10^2$  a  $10^3$  (NPM/100 mL).

Comparados com valores de  $\Theta_h$  aplicados em experimentos anteriores, entre 3,5 dias e 10 dias, não houve diferença significativa em termos de remoção complementar de DQO de efluentes anaeróbios. Entretanto, houve uma diferença perceptível no tocante à remoção de coliformes, sendo maior no caso de maiores valores de  $\Theta_h$ . Os resultados obtidos neste experimento, como nos anteriores com a mesma unidade piloto, revelam que as algumas variáveis que influenciam na eficiência de lagoas de polimento, não seguiram o preconizado na teoria. É possível que o efeito da dispersão na lagoa de polimento piloto tenha sido a principal causa do desvio observado. Eficiências semelhantes ou melhores, tanto em termos de DQO, como de coliformes, com tempos de detenção hidráulica menores e sem fluxo de pistão forçado, foram obtidos em escala real.

De qualquer maneira, os resultados obtidos com as lagoas de polimento, tanto em escala piloto como real, indicam que o pós-tratamento de efluentes anaeróbios nessas unidades é bastante viável biologicamente, com perspectivas ainda mais promissoras, conforme também demonstrado em outros trabalhos. Alguns parâmetros de projeto poderão ser melhor avaliados em investigações posteriores.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte do projeto da UFPE no programa PROSAB (Programa de Saneamento Básico), Edital 3 - Continuidade, na rede de pesquisas do tema 2 (pós-tratamento de efluentes anaeróbios). Agradecemos o apoio financeiro da FINEP, CNPq (bolsas IC e AT-NM) e Caixa, instituições coordenadoras do PROSAB. Agradecemos também à COMPESA, URB – Recife, Fibra Revestimentos (Jaboatão dos Guararapes) e Edmilson Marinho pelo apoio na ETE Mangueira; aos bolsistas IC e AT do CNPq que participaram do projeto PROSAB da UFPE: Cinthia M.S. Silva, George M. Queiroga, Gilvanildo J. Oliveira, Jâmisson Q. Uchôa, Juilma A. Silva, Juliana C. Moraes e Saulo L. Araújo; ao técnico químico do LSA-UFPE Ronaldo Fonseca e às bolsistas Taciana A. Santos e Cynthia B. Maranhão.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ARANTES, R.F.M, VIEIRA, A.G.F., KATO, M.T. e FLORENCIO, L. Uso de lagoa de polimento para efluente de reator UASB. In: C.A.L. Chernicharo (coord.), *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, Coletânea de Trabalhos Técnicos*, vol. 1, pp. 33-42. Projeto PROSAB, FINEP. Belo Horizonte, 2000.
- AWWA/APHA/WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19<sup>th</sup> edition. Washington, 1995.
- CATUNDA, P.F.C., MAYER, M.G.R., MOREIRA, E.A.M. e VAN HAANDEL, A. Acumulação de lodo em lagoas de polimento tratando esgoto digerido. In: C.A.L. Chernicharo (coord.), *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, Coletânea de Trabalhos Técnicos*, vol. 1, pp. 67-74. Projeto PROSAB, FINEP. Belo Horizonte, 2000.
- CAVALCANTI, P.F.F., ADRIANUS VAN HAANDEL, A., VON SPERLING, M., KATO, M.T., LUDUVICE, M.L. e MONTEGGIA, L.O. Pós-tratamento de efluentes anaeróbios em lagoas de polimento. In: C.A.L. Chernicharo (coord.), *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, Coletânea de Trabalhos Técnicos*, vol. 2 (este livro). Projeto PROSAB, FINEP. Belo Horizonte, 2001.
- FLORENCIO, L., KATO, M.T. and MORAIS, J.C. Domestic sewage treatment in Mangueira full-scale UASB plant at Recife, Pernambuco. Anais da VI Oficina e Seminário Latino-Americano de Digestão Anaeróbia, Recife, Pernambuco, pp. 113-121. Recife, Editora UFPE, 2000.
- FLORENCIO, L., KATO, M.T. Perspectives of anaerobic treatment for domestic sewage in Recife Metropolitan Region. Proceedings of the Farewell Seminar of Prof. Dr. Gatzke Lettinga, Anaerobic Digestion for Sustainable Development, Wageningen, The Netherlands, pp. 175-178. Wageningen, 2001.
- LUDUVICE, M., NEDER, K.D. e PINTO, M.T. Utilização de lagoas rasas no pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB). In: C.A.L. Chernicharo (coord.), *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, Coletânea de Trabalhos Técnicos*, vol. 1, pp. 33-42. Projeto PROSAB, FINEP. Belo Horizonte, 2000.
- MAIA, C.S. e FLORENCIO DOS SANTOS, M.L. Aspectos físico-químicos dos efluentes tratados para a irrigação. Trabalho a ser apresentado no IX CONIC-UFPE. Recife, 2001.
- MORAIS, J. C., L. FLORENCIO e KATO, M.T. Avaliação de um sistema de esgotamento e tratamento descentralizado. Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, pp. 506-512. Rio de Janeiro, ABES, 1999.
- RODRÍGUEZ-VITORIA, J.A. Experiencias en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales domésticas. Memorias del IV Seminario-Taller Latino Americano sobre Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales, Bucaramanga, Colombia, pp. 197-220. Bucaramanga, 1996.
- SCHELLINKHOUT, A. and COLLAZOS, C.J. Full scale application of the UASB technology for sewage treatment. Anais do VI Simpósio Internacional de Digestão Anaeróbia, São Paulo, Brasil, pp. 145-152. São Paulo, 1991.
- SOARES, A.M.E., VON SPERLING, M., CHERNICHARO, C.A.L. e MELO, M.C. Avaliação da remoção de patogênicos em lagoas de estabilização com diferentes relações geométricas tratando o efluente de um reator UASB compartimentado. In: C.A.L. Chernicharo (coord.), *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, Coletânea de Trabalhos Técnicos*, vol. 1, pp. 57-66. Projeto PROSAB, FINEP. Belo Horizonte, 2000.
- VAN HAANDEL, A.C. e LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos. Um manual para regiões de clima quente. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1994.
- VON SPERLING, M. Performance evaluation and mathematical modelling of coliform die-off in tropical and subtropical waste stabilization ponds. *Water Research*, **33** (6), 1435-1448, 1999.