



XXX CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
26 al 30 de noviembre de 2006, Punta del Este - Uruguay

ASOCIACIÓN INTERAMERICANA  
DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL - AIDIS



## TÍTULO

# AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA REATOR UASB - FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR OPERANDO COM E SEM DECANTADOR SECUNDÁRIO

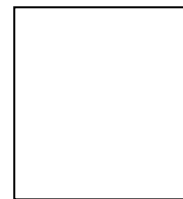
## NOME DOS AUTORES

**Patrícia Procópio Pontes** <sup>(1)</sup>

Engenheira Química. Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Professora da Coordenação de Química do CEFET-MG.

**Carlos Augusto de Lemos Chernicharo**

Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade de Newcastle upon Tyne -UK. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.



**Endereço** <sup>(1)</sup>: Av. Amazonas, 5253 – Nova Suíça – Belo Horizonte – MG – CEP 30480-000 - Brasil  
– Tel: (31) 3319 5151 – Fax: (31) 3319 5142 – e-mail: [patriciaprocopio@yahoo.com.br](mailto:patriciaprocopio@yahoo.com.br)

## RESUMO

O presente trabalho buscou avaliar a influência do uso de decantador secundário nas características do efluente de um sistema de tratamento que consistia de um reator UASB seguido de um filtro biológico percolador (FBP). Para a realização dos experimentos, utilizou-se um sistema de tratamento em escala piloto que foi alimentado com esgoto sanitário. Os resultados obtidos no presente trabalho indicaram um melhor desempenho do sistema de tratamento e um melhor percentual de atendimento aos padrões de lançamento para o sistema operando com decantador secundário. Entretanto, observou-se que o efluente do FBP, mesmo antes de seguir para o decantador secundário, apresentou valores de SST, DBO e DQO em níveis bastante satisfatórios. Os resultados mostram uma tendência bastante promissora no estudo da possibilidade da utilização do sistema reator UASB/FBP sem a presença do decantador secundário. Para essa configuração operacional, foram observados valores médios de DBO, DQO e SST de 43, 115 e 54 mg/L, respectivamente, no efluente do FBP. Os percentuais de atendimento aos padrões de lançamento de DBO e SST (igual a 60 mg/l) foram de 85 e 75%, respectivamente.

## PALAVRAS CHAVE

Esgoto sanitário, Reator UASB, **Filtro Biológico Percolador**, reatores com biofilme, Decantadores

## INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas anaeróbios como primeira etapa do tratamento de águas residuárias apresenta grande aplicabilidade no Brasil. Entretanto, a dificuldade dos reatores anaeróbios em produzir um efluente que atenda aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental brasileira torna necessária a realização do pós-tratamento de seus efluentes.

A utilização de filtros biológicos percoladores (FBP) como unidade de pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios foi estudada por inúmeros pesquisadores (Chernicharo & Nascimento, 2000, Porto et al., 2001, Silva & Gonçalves, 2005) demonstrando que o FBP pode promover uma importante remoção adicional de DQO e DBO, além de produzir um efluente com baixos teores de SST. Os filtros biológicos percoladores apresentam estabilidade operacional, resistência a choques de carga e resultam em ETEs mais compactas. Entretanto, esses sistemas apresentam como principais desvantagens o elevado custo de implantação, devido aos elevados volumes das unidades, e a pequena flexibilidade operacional.

O presente trabalho avalia a influência do decantador secundário na qualidade do efluente de um sistema de tratamento que consistia de um reator UASB seguido de um filtro biológico percolador (FBP). São apresentados os resultados obtidos para o sistema reator UASB/FBP operando com e sem decantador secundário. Dessa maneira, pretende-se avaliar a eficiência de uma configuração mais compacta para o sistema reator UASB/FBP.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Aparato Experimental

O sistema de tratamento consistiu de um reator UASB em escala piloto de 420L seguido de um filtro biológico percolador utilizado para o pós-tratamento de seu efluente. O suprimento de esgoto para o laboratório foi feito a partir do interceptor da margem direita do Ribeirão Arrudas, na cidade de Belo Horizonte, utilizando-se uma bomba submersível para o recalque dos esgotos. Antes de alimentar o reator UASB, os esgotos passavam pelas unidades de tratamento preliminar (cesto perfurado e caixa de areia) e por um tanque de acumulação/distribuição. O reator UASB era, então, alimentado com o esgoto sanitário por meio de um sistema automatizado de bombeamento, sendo o efluente deste reator encaminhado para o FBP e, em seguida, para o decantador. A configuração do sistema de tratamento é apresentada na Figura 1 e suas características na Tabela 1. A Figura 2 mostra uma vista do sistema de tratamento em escala piloto.

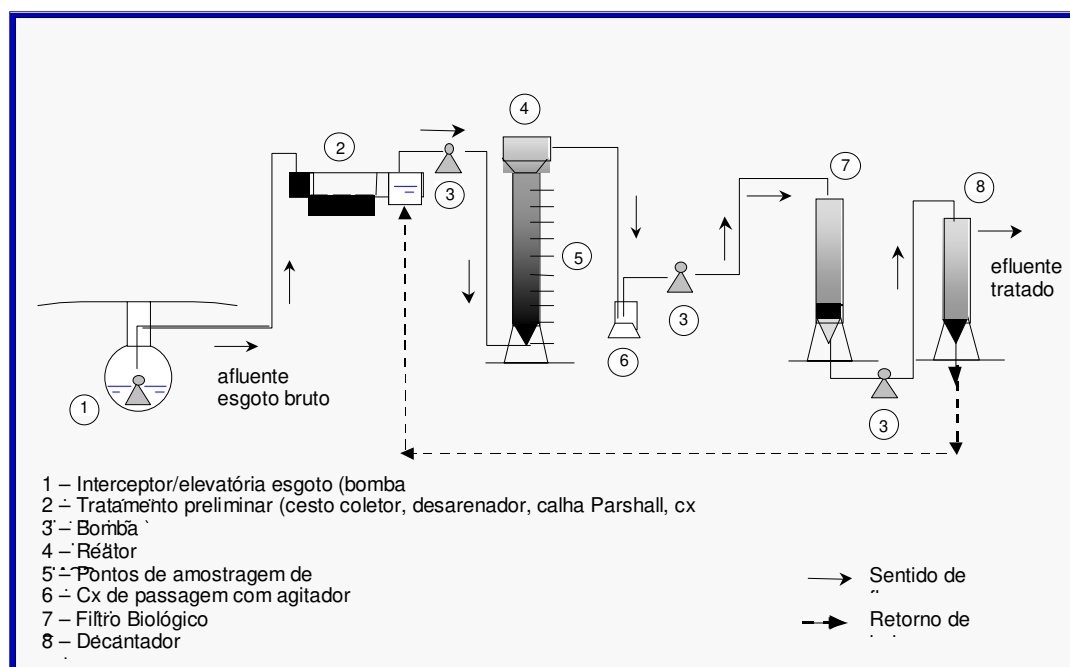
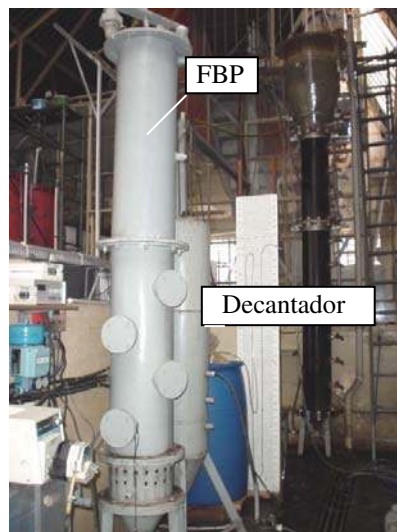


Figura 1 – Sistema Reator UASB/FBP em escala piloto

**Tabela 1 - Características do sistema em escala piloto**

Característica	Reator UASB	Filtro Biológico Percolador	
		Compartimento de reação	Compartimento de decantação
Material	Acrílico	Polipropileno	Polipropileno
Diâmetro (m)	0,30	0,30	0,30
Altura total (m)	4,20	2,00	1,50
Volume útil (L)	400	106	106
Área superficial (m <sup>2</sup> )	0,071	0,071	0,071

**Figura 2 – Sistema Reator UASB/FBP em escala piloto****Condições operacionais**

A pesquisa foi realizada com a planta em escala piloto operando com decantador secundário, tendo-se realizado a coleta de amostras do efluente antes e após o decantador secundário. A Tabela 2 resume as condições operacionais do sistema de tratamento.

**Tabela 2 – Características operacionais do sistema de tratamento**

Reator UASB				FBP		Compartimento de decantação
$\theta_h$ (h)	VA (m.h <sup>-1</sup> )	Carga orgânica volumétrica (kgDBO.m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup> )   (kgDQO.m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup> )		Altura MS (m)	TAS (m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	$\theta_h$ (h)
5,6	1,05	0,9	1,9	1,90	25,1	1,22

$\theta_h$ : tempo de detenção hidráulica médio - VA: velocidade ascensional média  
TAS: taxa de aplicação superficial média - MS: meio suporte

**Monitoramento do sistema de tratamento**

Durante o monitoramento da unidade piloto, foram realizadas análises do esgoto bruto, do efluente do reator UASB, do efluente final do FBP e do efluente do decantador secundário. Os parâmetros analisados foram: DBO (total e filtrada), DQO (total e filtrada), Sólidos Suspensos Totais, pH, temperatura. Para a maioria das coletas, foram realizadas amostragens compostas, sendo as análises desenvolvidas segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AWWA/APHA/WEF, 1998).

## Produção de sólidos no FBP

Os coeficientes de produção total de sólidos relacionam-se ao lodo descartado no FBP e aos sólidos perdidos com o efluente, e foram calculados por meio das equações 1 a 5, em relação à DQO aplicada e à DQO removida.

$$Y_{t_{DQOapl}} = \frac{M_{St}}{M_{DQOapl}} \quad (1)$$

na qual:

$Y_{t_{DQOapl}}$  = coeficiente de produção total de sólidos (gST.gDQO<sub>apl</sub><sup>-1</sup>)

$M_{St}$  = massa total de sólidos produzidos no sistema (gST)

$M_{DQOapl}$  = massa de DQO aplicada ao sistema (gDQO)

$$M_{St} = (Xd \times Vd) + (Qe \times Xe \times D) \quad (2)$$

na qual:

$Xd$  = concentração de sólidos totais descartados durante cada fase operacional (gST.L<sup>-1</sup>)

$Vd$  = volume descartado (L)

$Qe$  = vazão efluente (L.d<sup>-1</sup>)

$Xe$  = concentração de sólidos suspensos no efluente durante cada fase operacional (gSS.L<sup>-1</sup>)

$D$  = duração da fase operacional (d)

$$M_{DQOapl} = (Qa \times DQO_{afl} \times D) \quad (3)$$

na qual

$Qa$  = vazão afluyente (L.d<sup>-1</sup>)

$DQO_{afl}$  = concentração de DQO afluyente média (g.L<sup>-1</sup>)

$D$  = duração da fase operacional (d)

$$Y_{t_{DQOrem}} = \frac{M_{St}}{M_{DQOrem}} \quad (4)$$

na qual:

$Y_{t_{DQOrem}}$  = coeficiente de produção total de sólidos (gST.gDQO<sub>rem</sub><sup>-1</sup>)

$M_{DQOrem}$  = massa de DQO removida (gDQO)

$$M_{DQOrem} = Qa \times (DQO_{afl} - DQO_{efl}) \times D \quad (5)$$

na qual:

$Qa$  = vazão afluyente (L.d<sup>-1</sup>)

$DQO_{afl}$  = concentração de DQO afluyente (g.L<sup>-1</sup>)

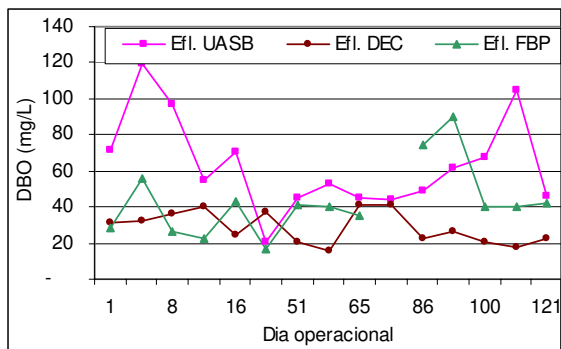
$DQO_{efl}$  = concentração de DQO filtrada no efluente (g.L<sup>-1</sup>)

$D$  = duração da fase operacional (d)

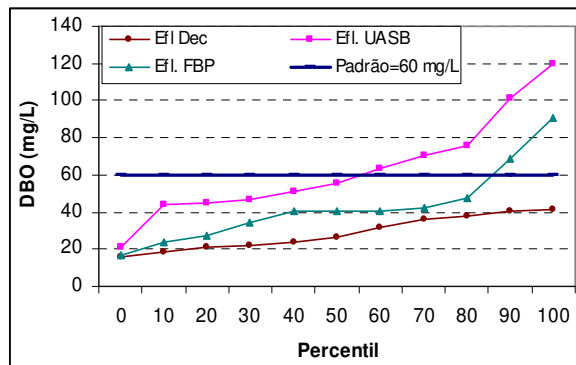
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Matéria orgânica carbonácea e sólidos suspensos

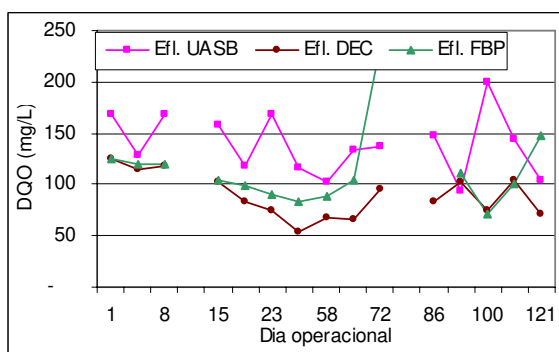
O resumo dos resultados de DBO, DQO e SST são apresentados na Tabela 3 e a série histórica nas Figuras 3, 5 e 7. Foi realizada uma análise estatística do percentual de resultados que se enquadraram aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental do estado de Minas Gerais, a fim de se avaliar a estabilidade do sistema e o grau de atendimento aos padrões de lançamento. O percentual de atendimento aos padrões de lançamento é apresentado nas Figuras 4, 6 e 8.



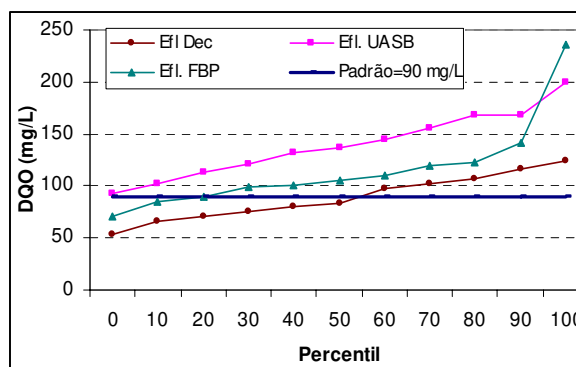
**Figura 3 – Série histórica para os resultados de DBO**



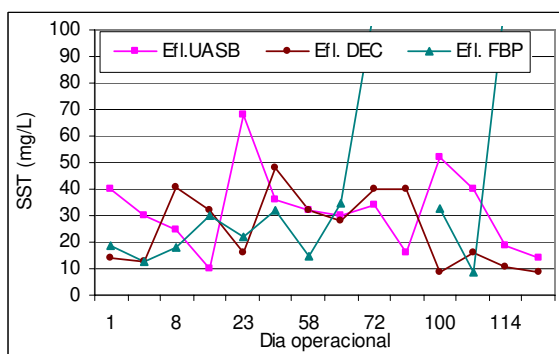
**Figura 4 – Percentual de atendimento aos padrões de lançamento para DBO**



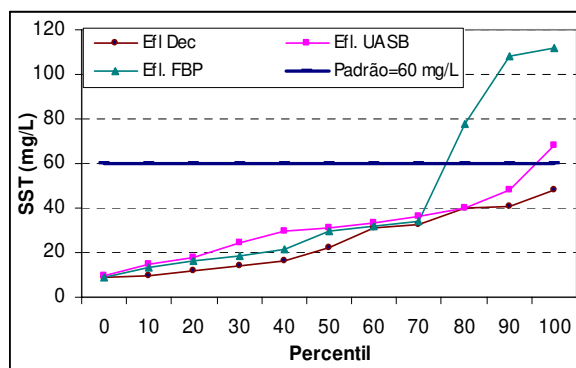
**Figura 5 – Série histórica para os resultados de DQO**



**Figura 6 – Percentual de atendimento aos padrões de lançamento para DQO**



**Figura 7 – Série histórica para os resultados de SST**



**Figura 8 – Percentual de atendimento aos padrões de lançamento para SST**

Tabela 3 - Resumo dos resultados médios de pH, T, DBO, DQO e SST

Parâmetro	Esgoto Bruto.	Efluente UASB	Efluente FBP	Efluente DS	Eficiência de remoção (%)		
					Reator UASB	Sistema UASB+FBP	Sistema UASB+FBP+DS
pH	6,2 a 7,2	6,3 a 7,4	6,2 a 7,9	6,8 a 8,2	-	-	-
T (°C)	24,8	24,5	24,7	24,8	-	-	-
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	524	139	115	89	73	78	83
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	315	63	43	29	81	86	91
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	206	32	54	25	-	-	-

FBP: filtro biológico percolador; DS: decantador secundário

A análise da Tabela 3 e das Figuras 3 a 8 indica que ocorreu uma maior eficiência média de remoção de DQO e DBO no sistema de tratamento operando com decantador secundário, entretanto os valores observados foram próximos aos obtidos para o sistema sem decantador secundário. Observa-se, ainda, que o Filtro Biológico Percolador operando sem decantador apresentou um efluente com concentrações médias inferiores aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação ambiental para os parâmetros de DBO e SST, com valores de 43 e 54 mg/L, respectivamente. Em relação à DQO, a concentração média observada no efluente do FBP (antes do DS) foi de 115 mg/L.

Em relação ao parâmetro DBO, a totalidade dos resultados atendeu ao padrão de lançamento de 60 mg.L<sup>-1</sup>, para o sistema operando com decantador secundário. Enquanto, para o sistema sem decantador secundário, o percentual de atendimento foi de aproximadamente 85 %.

Os resultados obtidos indicaram que, para o sistema operando com decantador secundário, cerca de 55 % dos resultados de DQO estiveram abaixo do padrão de lançamento de 90 mgDQO.L<sup>-1</sup>, enquanto aproximadamente 80% desses resultados estiveram muito próximos do valor máximo permitido. Já para o sistema operando sem decantador secundário, cerca de 20% dos resultados estiveram abaixo de 90 mgDQO.L<sup>-1</sup> e atenderam a legislação ambiental, sendo que cerca de 60% desses resultados estiveram próximos do padrão de lançamento.

Para o parâmetro SST, as concentrações finais do FBP foram mantidas abaixo de 60 mg.L<sup>-1</sup>, durante todo o período operacional, para o sistema com decantador secundário, e cerca de 75 % dos resultados atenderam ao padrão de lançamento para o sistema operando sem decantador secundário. Em relação ao teor de sólidos, os resultados obtidos apresentam um bom percentual de atendimento às legislações do Estado do Paraná (< 60mgSS/L), do Rio Grande do Sul (40 < SS < 120mg/L) e do Espírito Santo (< 100mgSS/L). O reator UASB foi o principal responsável pela remoção de sólidos no sistema de tratamento, tendo produzido um efluente de excelente qualidade em relação a esse parâmetro.

Os resultados obtidos no presente trabalho indicaram um melhor desempenho do sistema de tratamento e um melhor percentual de atendimento aos padrões de lançamento para o sistema operando com decantador secundário. Observa-se que o efluente do FBP, antes de seguir para o decantador secundário, apresentou valores médios de SST e DBO inferiores aos permitidos pela legislação ambiental para lançamento em corpos d'água, enquanto os valores médios de DQO foram superiores aos valores máximos permitidos pela legislação ambiental. Entretanto, deve-se considerar que o FBP foi operado com TAS = 25,1 m<sup>3</sup>.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> e com cargas orgânicas volumétricas de 3,1 Kg DQO.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup> e 2,0 kg DBO.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>. O uso de menores cargas orgânicas volumétricas poderia favorecer um melhor desempenho desse sistema de tratamento.

### Produção de sólidos nos filtros biológicos percoladores

Os resultados obtidos para a produção média de sólidos no FBP são apresentados na Tabela 4. Esses resultados foram próximos aos apresentados por Silva & Gonçalves (2005) para lodo aeróbio. Pode-se observar, ainda, que cerca de 50% dos sólidos no FBP produzidos foram perdidos no efluente do FBP.

**Tabela 4 - Produção específica média de sólidos no FBP em função da DQO**

Y	Total	Reator	Efluente
$gST.gDQO_{removida}^{-1}$	0,66	0,38	0,28
$gSVT.gDQO_{removida}^{-1}$	0,55	0,28	0,27
$gST.gDQO_{aplicada}^{-1}$	0,40	0,23	0,17
$SVT.gDQO_{aplicada}^{-1}$	0,34	0,17	0,17

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho indicaram um melhor desempenho do sistema de tratamento e um melhor percentual de atendimento aos padrões de lançamento para o sistema operando com decantador secundário, para o FBP operando com  $TAS = 25,1 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  e com cargas orgânicas volumétricas de  $3,1 \text{ Kg DQO}.\text{m}^{-3}.\text{d}^{-1}$  e  $2,0 \text{ kg DBO}.\text{m}^{-3}.\text{d}^{-1}$  no FBP. O uso de menores cargas orgânicas volumétricas poderia favorecer um melhor desempenho para o sistema de tratamento sem decantador secundário.

Os resultados mostram uma tendência bastante promissora no estudo da possibilidade da utilização do sistema UASB /FBP sem a presença do decantador secundário. Para essa configuração operacional, foram observados valores médios de DBO, DQO e SST de 43, 115 e 54 mg/L, respectivamente, no efluente do FBP. Os percentuais de atendimento aos padrões de lançamento de DBO e SST (igual a 60 mg/l) foram de 85 e 75%, respectivamente.

A produção de sólidos no FBP foi de cerca de  $0,66 gST.gDQO_{removida}^{-1}$ , tendo-se observado uma perda de 50% desses sólidos no efluente do sistema de tratamento.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP – Agência de Financiamento Nacional de Estudos e Projetos, ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, à FAPEMIG – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo financiamento da pesquisa, e à COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais pelo apoio na realização dos trabalhos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA/APHA/WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20<sup>th</sup> edition. Washington, 1998.
2. PORTO, M.T.R, CHERNICHARO, C.A L, PONTES, P.P. BEJAR, D.O. In: CHERNICHARO, C.A.L. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Coletânea de Trabalhos Técnicos. PROSAB. Belo Horizonte: Segrac, 2001.vol. 2.
3. CHERNICHARO C.A.L., NASCIMENTO M.C.P. A new configuration of trickling filter applied to the post-treatment of effluents from UASB reactors. In: LATIN-AMERICAN WORKSHOP AND SEMINAR ON ANAEROBIC DIGESTION, 6., 2000, Recife. Proceedings... Recife: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.
4. SILVA, G.M. & GONÇALVES, R.F. Desempenho de UASB + Filtro Biológico Percolador sem etapa de decantação tratando esgoto sanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande. Anais... Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.