

## II-137 - COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM REATOR ANAERÓBIO DE LEITO FIXO COM UM REATOR ANAERÓBIO-AERÓBIO DE LEITO FIXO NO TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS DE UM CÂMPUS UNIVERSITÁRIO

**Andreia do Santos Goffi<sup>(1)</sup>**

Acadêmica de Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Campo Mourão (DAAMB/UTFPR).

**Ellen Caroline Baettker<sup>(2)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Estudante de Mestrado em Engenharia Civil na Área de Saneamento pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Curitiba (PPGEC/UTFPR).

**Cristiane Kreutz<sup>(3)</sup>**

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre e Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Docente do Departamento Acadêmico de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão (DAAMB/UTFPR).

**Karina Querne de Carvalho<sup>(4)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutora em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (DACC/UTFPR).

**Fernando Hermes Passig<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (DAQBI/UTFPR).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** BR 369 km 0,5, caixa postal 271 – Campo Mourão – PR - CEP: 87301-006 - Brasil - Tel: (44) 3518-1434 - e-mail: andreiagoffi@hotmail.com

### RESUMO

O objetivo geral desse projeto foi comparar o desempenho de um reator anaeróbio de leito fixo com um reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo e fluxo ascendente no tratamento dos esgotos sanitários do câmpus universitário. Para isso, operou-se um reator com volume de 6,72 l contendo a biomassa imobilizada em dois tipos de material suporte: argila expandida e matrizes cúbicas de espuma de poliuretano. O mesmo reator foi operado em duas etapas, sendo a Etapa I apenas anaeróbia e a Etapa II combinada anaeróbia-aeróbia com recirculação. O comportamento do reator foi avaliado pela determinação dos parâmetros como temperatura, pH, alcalinidade à bicarbonato, ácidos voláteis, DQO (bruta e filtrada) e a série de sólidos, também foram realizadas séries de Nitrogênio (nitrogênio total kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrito e nitrito). Na etapa I de operação do reator, verificou-se eficiência de remoção de DQO bruta e filtrada de 62% e 43%. A análise dos resultados para o reator em operação combinada anaeróbio-aeróbio, pode-se constatar que teve ganhos obtidos quando se fez a aeração da parte superior do reator. Na etapa II, obteve eficiência de remoção de DQO bruta e filtrada de 87% e 59%, respectivamente, e também para nitrificação do efluente, visto que o nitrito passou a ser convertido a nitrato caracterizando a ocorrência da nitrificação. Apesar da etapa II ter sido mais eficiente não se pode deixar de ressaltar a importância do tratamento anaeróbio, pois, ao longo do trabalho, ficaram evidente que a união dos aspectos positivos de cada processo traz grandes vantagens para o tratamento de esgoto sanitário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Espuma de poliuretano, Material suporte, Reator de fluxo ascendente.

## INTRODUÇÃO

Muitas pesquisas já comprovam que o processo anaeróbio é uma boa alternativa para o tratamento de águas residuárias, se bem projetados e bem operados apresentam bons resultados, contudo a busca pelo pós tratamento do efluente tonou-se um elemento essencial para a compatibilidade com as normas de meio ambiente impostas pela legislação brasileira, tendo em vista que mesmo o Brasil sendo um dos pioneiros processos anaeróbios para o tratamento o mesmo é incapaz de suprir os padrões da legislação.

A combinação dos dois processos anaeróbio e aeróbio tem como objetivo a otimização das vantagens de cada processo, uma vez que reatores anaeróbios apresentam baixos custos de implantação e operação do sistema, além de serem mais compactos e com menor formação de lodo, enquanto reatores aeróbios apresentam maiores eficiências na remoção de nutrientes, nitrogênio e fósforo (ABREU; ZAIAT, 2008).

O desenvolvimento de novas configurações de reatores deve ter essencialmente como base critérios que busquem otimizar o processo de tratamento, segundo Souza (2011) deve-se dar atenção especial para fenômenos de transferência de massa, cinética, microbiologia e hidrodinâmica do sistema de reação.

O objetivo deste artigo foi comparar o desempenho de um reator anaeróbio de leito fixo com um reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo de fluxo ascendente e no tratamento de esgotos sanitários de um câmpus universitário.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O reator anaeróbio de leito fixo com escoamento ascendente e fluxo contínuo foi confeccionado em *plexiglass* com diâmetro interno de 9,3 cm, comprimento de 1,10 m, volume útil de 4,75 L e volume total de 6,70 L (Figura 1).

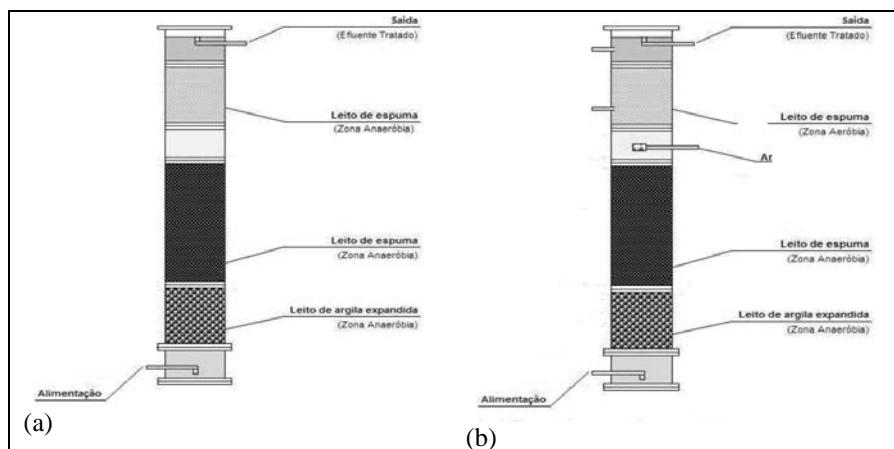


Figura 1. Desenho esquemático do reator anaeróbio (a); reator combinado anaeróbio-aeróbio (b).

No reator foram utilizados dois tipos de material suporte: argila expandida com granulometria média variando de 5 mm a 15 mm na parte inferior do reator e matrizes cúbicas de espuma de poliuretano com 0,01 m de aresta, densidade aparente de 23 kg/m<sup>3</sup> e porosidade de aproximadamente 95%, na parte superior. A espuma de poliuretano do reator foi inoculada com lodo anaeróbio, proveniente de um reator RALF da Estação de Tratamento de Esgotos da cidade.

Na etapa I, o reator foi operado com vazão afluente de 0,6 L.h<sup>-1</sup>, tempo de detenção hidráulica teórico de 8 h, a temperatura ambiente. A alimentação do reator era feita com uma bomba dosadora tipo pistão com fluxo em pulso, antes do afluente ser bombeado para o reator ele passava por peneira instalada na ponta da mangueira a fim promover a retenção de sólidos mais grosseiros.

Na etapa II, o reator foi operado com vazão afluente de 0,6 L.h<sup>-1</sup>, tempo de detenção hidráulica teórico de 8 h, a temperatura ambiente, foi conduzida a implementação de um aerador ao reator, a vazão de ar foi medida utilizando um fluxômetro, nesta etapa foi avaliado o desempenho do reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo.

Foram realizados 3 perfis de amostragem temporal, em cada perfil foram coletadas amostras durante 24h em intervalos de tempo de 3 h, para determinação dos parâmetros físico-químicos pH, DQO, DBO, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total Kjeldahl e sólidos totais de acordo com metodologias reportadas por Eaton et al. (2005); alcalinidade a bicarbonato de acordo com Ripley et al. (1986); e ácidos voláteis de acordo com Dillaro; Albetson (1961) em amostras do afluente e efluente do reator para cada etapa.

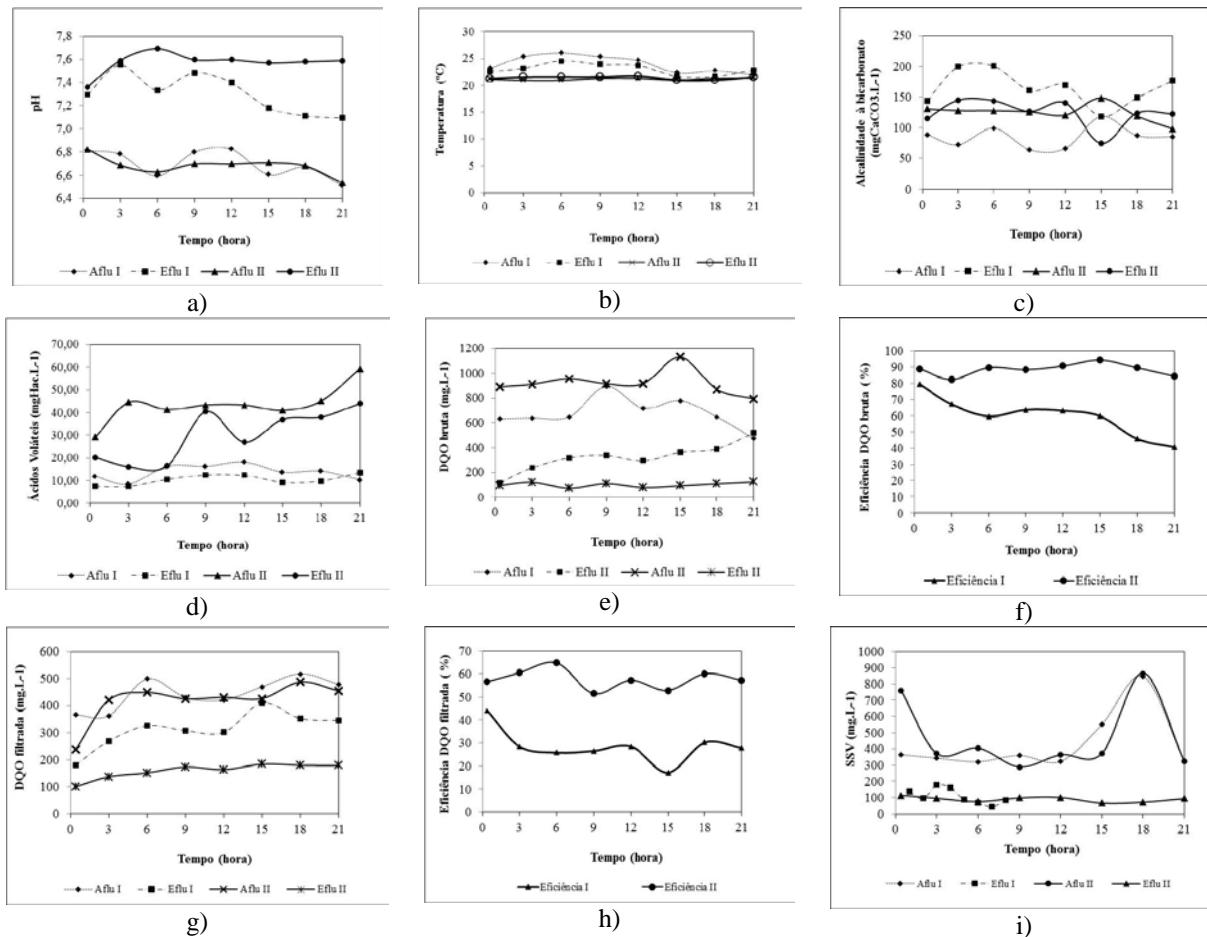
## RESUTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentado um resumo dos resultados obtidos nos perfis de amostragem temporal nas etapas I e II.

**Tabela 1- Resultados médios obtidos no funcionamento do reator de leito fixo.**

PARÂMETROS PERFIL	Etapa I Anaeróbio						Etapa II Anaeróbio-Aeróbio							
	1		2		3		1		2		3			
	a	e	a	e	a	e		a	e	a	e		a	e
T (°C)	23,8	22,3	24,3	23,6	24,0	23,1	21,9	22,3	23,0	23,0	18,3	18,8		
pH	6,8	7,8	6,5	6,8	6,8	7,4	7,0	7,8	6,4	7,7	6,6	7,1		
Alcalinidade Parcial	61	117	54	120	46	128	192	239	47	90	67	6		
Alcalinidade Intermediária	37	50	44	50	23	49	95	100	27	53	41	6		
Alcalinidade Total	98	168	98	98	69	177	287	340	75	75	107	12		
Alcalinidade à bicarbonato (mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	89	200	88	164	57	169	223	197	58	133	96	7		
Ácidos Voláteis (mgHAc.L <sup>-1</sup> )	12	8	14	8	18	11	91	69	23	15	16	7		
DQO bruta (mg.L <sup>-1</sup> )	533	200	1028	626	546	87	1070	197	696	62	890	49		
Eficiência remoção DQO Bruta (%)	-	60	-	39	-	82	-	77	-	91	-	95		
DQO filtrada (mg.L <sup>-1</sup> )	573	376	588	434	171	127	526	318	578	90	147	70		
Eficiência remoção DQO filtrada (%)	-	34	-	43	-	65	-	42	-	43	-	65		
N-NTK	-	-	-	-	160	133	-	-	130	118	72	51		
Eficiência remoção N-NTK (%)	-	-	-	-	-	16	-	-	-	9	-	29		
N- Amon	-	-	-	-	77	93	-	-	20	9	35	8		
Eficiência remoção N-Amon (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	-	78		
N- Org	-	-	-	-	83	40	-	-	110	109	37	43		
Eficiência remoção N-Org	-	-	-	-	-	52	-	-	-	1	-	-		
Nitrito	-	-	-	-	0,038	0,052	-	-	0,094	0,631	0,026	0,593		
Nitrito	-	-	-	-	-	1,3	0,7	-	-	-	1,8	46,8		
Fósforo	-	-	-	-	31,5	20,3	-	-	-	-	0,7	0,8		
Eficiência remoção Fósforo	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-	-		
Sólidos Suspensos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	360	77	844	224	476	44	345	77	2983	280	333	80		
Eficiência remoção Sólidos Suspensos Totais (%)	-	79	-	73	-	91	-	78	-	91	-	76		
Sólidos Suspensos Fixos (mg.L <sup>-1</sup> )	50	5	109	13	233	5	47	5	615	138	92	14		
Sólidos Suspensos Voláteis (mg.L <sup>-1</sup> )	310	72	735	211	243	38	299	60	2367	143	241	66		
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	1381	658	1994	911	1126	415	1053	658	20342	61	1213	670		
Eficiência remoção Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	-	52	-	54	-	63	-	38	-	100	-	45		
Sólidos Totais Fixos (mg.L <sup>-1</sup> )	247	184	326	307	259	51	188	184	288	23	325	209		
Sólidos Totais Voláteis (mg.L <sup>-1</sup> )	1134	474	1668	604	866	364	864	474	21353	70	888	460		
DBO	-	-	176	79	227	193	-	-	169	77	182	80		
Eficiência de remoção DBO (%)	-	-	-	55	-	15	-	-	-	54	-	56		

É possível verificar na Figura 1 a variação da, pH, temperatura, alcalinidade a bicarbonato, ácidos voláteis, DQO bruta e filtrada e eficiência de remoção durante o período dos perfis de amostragem temporal.



**Figura 1. Resultados dos perfis de amostragem temporal de 24 h das etapas I e II para os parâmetros: a) pH; b) temperatura; c) alcalinidade a bicarbonato; d) ácidos voláteis; e) DQO bruta; f) eficiência da DQO bruta; g) DQO filtrada; h) eficiência da DQO filtrada e i) SSV.**

Com a mudança da etapa I para etapa II o reator apresentou instabilidade operacional no período inicial. Provavelmente os micro-organismos aeróbios dos compartimentos com aeração estavam se adaptando à nova condição operacional. No entanto, novamente o reator apresentou capacidade de estabilização e voltou a operar de maneira satisfatória.

O pH variou de 6,5 a 6,8 na etapa I e de 6,4 a 7,0 na etapa II nas amostras do afluente; e de 6,8 a 7,8 na etapa I e de 7,1 a 7,8 na etapa II nas amostras do efluente.

Nas etapas I e II, a alcalinidade a bicarbonato nas amostras do efluente foi maior do que àquelas verificadas nas amostras do afluente.

A alcalinidade bicarbonato diminui continuamente à medida que a eficiência de nitrificação aumentou até 7 mgCaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup> no final da etapa 2. Nesta etapa, verifica-se que a alcalinidade do efluente foi menor do que a do afluente na última análise. Isto pode estar associado ao seu consumo na remoção de nitrogênio, pois para esse período verificou-se a maior taxa de remoção de NTK no reator com eficiência em torno de 29%.

A concentração média de ácidos voláteis totais (AVT) foi de 14 e 43 mgHAc.L<sup>-1</sup> para o afluente e de 9 e 30 mg HAc.L<sup>-1</sup> para o efluente nas etapas 1 e 2, respectivamente, indicando equilíbrio do processo de conversão da matéria orgânica, pois a concentração dos AVT no efluente foi menor do que no afluente.

As concentrações médias de matéria orgânica (DQO bruta) foram de 712 e 456 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> para etapa I, respectivamente para o afluente e efluente e de 885 e 102 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>, respectivamente, para a etapa II para o afluente e efluente (Figura 1e).

A combinação dos processos anaeróbio e aeróbio foi mais eficiente na remoção de matéria orgânica, em termos de DQO bruta, com valor médio de remoção de 87%. Pode-se verificar também que independentemente do valor da DQO afluente, os valores obtidos para a DQO efluente, tanto para amostra bruta ou filtrada, foram praticamente constantes durante todo período operacional da etapa II, diferente do que ocorreu na etapa I que se manteve instável (Figura 1f; 1h).

As concentrações médias de matéria orgânica (DQO filtrada) para etapa I foram de 715 e 312 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>, respectivamente para o afluente e efluente, ou seja, eficiência média de remoção de 62%. Para a etapa II tem-se DQO filtrada média de 417 e 159 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> para o afluente e efluente, respectivamente, com média de remoção de 59% (Figura 1g). Almeida (2010) operou um reator com a mesma configuração e obteve remoção média de DQO filtrada de 54% na etapa I e de 63% na etapa II.

Durante a etapa combinada anaeróbia-aeróbia, a nitrificação foi estabelecida, sendo que na etapa II pôde-se observar que os valores médios foram 101 mg N-NTK/L e 28 mg N-Amon/L nas amostras do afluente e de 85 mg N-NTK/L e 22 mg N-Amon/L nas amostras do efluente.

Ao final da operação, atingiram-se valores médios de remoção de nitrogênio amoniacal de até 66 % e eficiência de 29% na remoção de NTK. Netto (2007) obteve 21% de remoção de nitrogênio em um reator com mesma configuração e mesmo tempo de detenção, o que segundo o autor foi devido aos processos de assimilação pela biomassa e a nitrificação/desnitrificação simultânea.

Em relação aos sólidos, as duas etapas apresentaram as mesmas características de amortecimento. Este fato indica pouco arraste da biomassa (sólidos em suspensão voláteis) imobilizada na espuma de poliuretano (CABRAL et al., 2000).

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Na etapa I de operação do reator, verificou-se eficiência de remoção de DQO bruta e filtrada de 62% e 43%.

A eficiência de remoção de DQO nessa etapa de operação, apresentou variação considerável, o que pode ser justificado pelos elevados níveis da carga orgânica e elevada concentração de sólidos no afluente do reator que apesar de alta, teve diminuição no efluente, devido à configuração do reator que retém os sólidos no meio suporte.

A análise dos resultados para o reator em operação combinada anaeróbio-aeróbio, pode-se constatar que teve ganhos obtidos quando se fez a aeração da parte superior do reator.

Na etapa II, a combinação do processo anaeróbio com o aeróbio foi vantajosa para o polimento final, com remoção da matéria orgânica remanescente obtendo eficiência de remoção de DQO bruta e filtrada de 87% e 59%, respectivamente, e também para nitrificação do efluente, visto que o nitrito passou a ser convertido a nitrito caracterizando a ocorrência da nitrificação.

Apesar de a etapa II ter sido mais eficiente não se pode deixar de ressaltar a importância do tratamento anaeróbio, pois, ao longo do trabalho, assim ficaram evidente que a união dos aspectos positivos de cada processo traz grandes vantagens para o tratamento de esgoto sanitário.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UTFPR câmpus Campo Mourão. A Sanepar. A Fundação Araucária, Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI-PR). Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica e recursos financeiros para o projeto Edital 14/2008 - Universal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, S. B.; ZAIAT, M. Desempenho de reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo no tratamento de esgoto sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 181-188, abr/jun. 2008.
2. ALMEIDA, A. de O. Reator com Leito de Biomassa Aderida, Aerado Parcialmente, Aplicado ao Esgoto Sanitário. 158 p. Dissertação de Mestrado. *Engenharia Hidráulica e Saneamento*) - Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos. 2010.
3. CABRAL, A K A; ZAIAT, M ; FORESTI, E . Avaliação do Desempenho e Estabilidade de um Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo (RAHLF), Submetido ao Aumento Progressivo na Concentração de Matéria Orgânica Afluente e a Cargas de Choque Orgânicas. In: XIII Simpósio Nacional de Fermentações - SINAFERM, 2000, Teresópolis - RJ. Anais Eletrônicos do XIII Simpósio Nacional de Fermentações - SINAFERM, 2000.
4. DILLARO, R., ALBETSON, O.E. (1961). Volatile acids by direct titration. *Journal of Water Pollution Control Federation*, New York, v. 33, n. 4, p. 356-365.
5. EATON, A.D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E.W.; GREENBERG, A. E. (Ed.). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation. 2005.
6. NETTO, A. P. O.; Reator Anaeróbio-Aeróbio de Leito Fixo, com Recirculação da fase líquida, aplicado ao tratamento de esgoto sanitário. 207 p. Dissertação de Mestrado. *Engenharia Civil*) – Universidade de São Paulo. 2007.
7. RIPLEY, L.E., BOYLE, W.C., CONVERSE, J.C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. *Journal Water Pollution Control Federation*, New York, v. 58, n. 5, p. 406-411, 1986.
8. SOUZA, Tais Helena Yassuda; PANTOJA-FILHO, Jorge Luis Rodrigues; ZAIAT, Marcelo; FORESTI, Eugenio. Hydrodynamic Characterization of an Alternative Two-Chambers Reactor Applied in the Tertiary Treatment of Sewage. In: X Latin American Workshop and Symposium on Anaerobic Digestion (DAAL), 2011, Ouro Preto, MG. Proceedings. 2011.