

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## TRATAMENTO DE LODO DA INDÚSTRIA TÊXTIL E PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM REATOR UASB

Danieli Schneiders<sup>1</sup>  
\*Joel Dias da Silva<sup>2</sup>  
Katt Regina Lapa<sup>3</sup>  
Adilson Pinheiro<sup>2</sup>

### TEXTILE INDUSTRY SLUDGE TREATMENT AND BIOGAS PRODUCTION IN UASB REACTOR

Recibido el 13 de febrero de 2017; Aceptado el 15 de noviembre de 2017

#### Abstract

*The purpose of this study was to evaluate the biogas production and efficiency of the treatment for textile sludge in a laboratory-scale 16 L UASB reactor operated with a TDH of 24 h at a temperature of  $33 \pm 2^\circ\text{C}$ , fed with a mixture of textile sludge substrates and wastewater from the food industry. Among the parameters monitored during the 275 days of operation of the reactor it was found that the average efficiency of removal of STV, CO, DQO, BOD, PT and NT ranged from 81 to 94%, 75 to 91%, 89 to 97%, 87 to 94%, 76 to 95% and 76 to 96%, respectively. Despite the high efficiencies obtained during the UASB monitoring, the average biogas decreased throughout the phases ( $25.24 \text{ L d}^{-1}$ : phase 1;  $16.74 \text{ L d}^{-1}$ : phase 2;  $9.50 \text{ L d}^{-1}$ : phase 3 and  $0.95 \text{ L d}^{-1}$ : phase 4), and the average concentrations, in affluent, of AOVs ( $721 \text{ mg L}^{-1}$ : phase 1;  $230 \text{ mg L}^{-1}$ : phase 4), DBO ( $4128 \text{ mg L}^{-1}$ : phase 1;  $1975 \text{ mg L}^{-1}$ : phase 4) and CO ( $2016 \text{ mg L}^{-1}$ : phase 1;  $465 \text{ mg L}^{-1}$ : phase 4).*

**Key Words:** biogas, textile sludge, UASB reactor.

<sup>1</sup> Engenharia Ambiental, Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI), Indaial – SC, Brasil.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau – SC, Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis – SC, Brasil.

\*Autor correspondente: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB). Campus II - Rua São Paulo, 3250, Itoupava Seca, CEP: 89030000 – Blumenau – SC, Brasil. Email: [dias\\_joel@hotmail.com](mailto:dias_joel@hotmail.com)

## Resumo

Objetivou-se avaliar, em escala laboratorial, a produção de biogás e a eficiência de tratamento do lodo têxtil em reator UASB de 16 L operado com TDH de 24 h e temperatura de  $33 \pm 2^\circ\text{C}$ , alimentado com uma mistura dos substratos lodo têxtil e água residuária alimentícia. Dentre os parâmetros monitorados durante os 275 dias de operação do reator verificou-se que as eficiências médias de remoção variaram de 81 a 94% (STV); 75 a 91% (CO); 89 a 97% (DQO); 87 a 94% (DBO); 76 a 95% (FT) e 76 a 96% (NT). Apesar das elevadas eficiências obtidas durante o monitoramento do reator UASB, a produção média de biogás diminuiu ao longo das fases (fase 1:  $25.24 \text{ L d}^{-1}$ ; fase 2:  $16.74 \text{ L d}^{-1}$ ; fase 3:  $9.50 \text{ L d}^{-1}$  e fase 4:  $0.95 \text{ L d}^{-1}$ ), assim como as concentrações médias, no afluente, de AOV (fase 1:  $721 \text{ mg L}^{-1}$ ; fase 4:  $230 \text{ mg L}^{-1}$ ), DBO (fase 1:  $4128 \text{ mg L}^{-1}$ ; fase 4:  $1975 \text{ mg L}^{-1}$ ) e CO (fase 1:  $2016 \text{ mg L}^{-1}$ ; fase 4:  $465 \text{ mg L}^{-1}$ ).

**Palavras chave:** biogás, lodo têxtil, reator UASB.

## Introdução

O setor têxtil é um dos setores de destaque na indústria nacional. Em Santa Catarina, a região do Vale do Itajaí, é considerada um dos polos mais importantes. Porém, este também é o setor classificado como de alto potencial poluidor, uma vez que apresenta elevado consumo de água e energia elétrica, utiliza diversos insumos de origem química, que por sua vez, produz grandes volumes de efluentes, que quando tratados, geram quantidades elevadas de lodo. O lodo residual têxtil é constituído por matéria orgânica, substâncias tóxicas, como metais pesados, surfactantes, sais, dentre outras, e obrigatoriamente necessitará de tratamentos adequados para sua disposição final adequada.

O processo de digestão anaeróbia em reatores de fluxo ascendente e manta de lodo (em inglês *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* - UASB) foi desenvolvido e aplicado inicialmente na Holanda, na década de 70, e desde então tem sido objeto de estudo como uma tecnologia viável para estabilização e redução do volume de lodos gerados em processos de tratamento de águas residuárias (Borges *et al.*, 2008).

Este processo se baseia na decomposição biológica anaeróbia da matéria orgânica por meio do crescimento bacteriano disperso (flocos ou grânulos de microrganismos) e quando comparado ao processo aeróbio apresenta algumas vantagens. Entre estas, as principais são: sistema compacto, baixo custo de implantação e operação, satisfatória remoção, em torno de 70 a 90%, da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), baixo consumo de energia, baixa produção de lodo (5 a 15%) e formação do biogás (10 a 30%), que é um subproduto com grande potencial energético (Campos *et al.*, 2005; Borges *et al.*, 2008).

Os reatores UASB têm sido amplamente utilizados no Brasil (Busato, 2004), bem mais aplicados ao tratamento de esgoto sanitário (Calijuri *et al.*, 2009) e do lodo produzido durante o seu tratamento (Nascimento *et al.*, 2001), como também para o tratamento de efluentes de natureza

distintas como é o caso do percolado de resíduos sólidos urbanos (Rita, 2002) e de dejetos animais (Rodrigues *et al.*, 2010).

Aplicações no tratamento de efluentes têxteis (Santos, 2006; Ferraz Junior, 2010) e mais especificamente, para a remoção de corantes presentes nestes (Corrêa, 2009) têm sido relatadas. Contudo, não foram encontrados estudos mais específicos como os da utilização de reatores UASB para o tratamento do lodo da indústria têxtil.

Objetivou-se, avaliar, em escala laboratorial, a eficiência do tratamento de lodo da indústria têxtil em reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo – UASB, bem como a produção de biogás, operado com um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 24 h, à uma temperatura de  $33 \pm 2^\circ\text{C}$ .

## Metodologia

A instalação do experimento e as análises dos parâmetros foram realizadas no Laboratório de Hidrologia, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB).

### Reator UASB

O Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB), em escala laboratorial, utilizado no estudo está representado esquematicamente na Figura 1A.

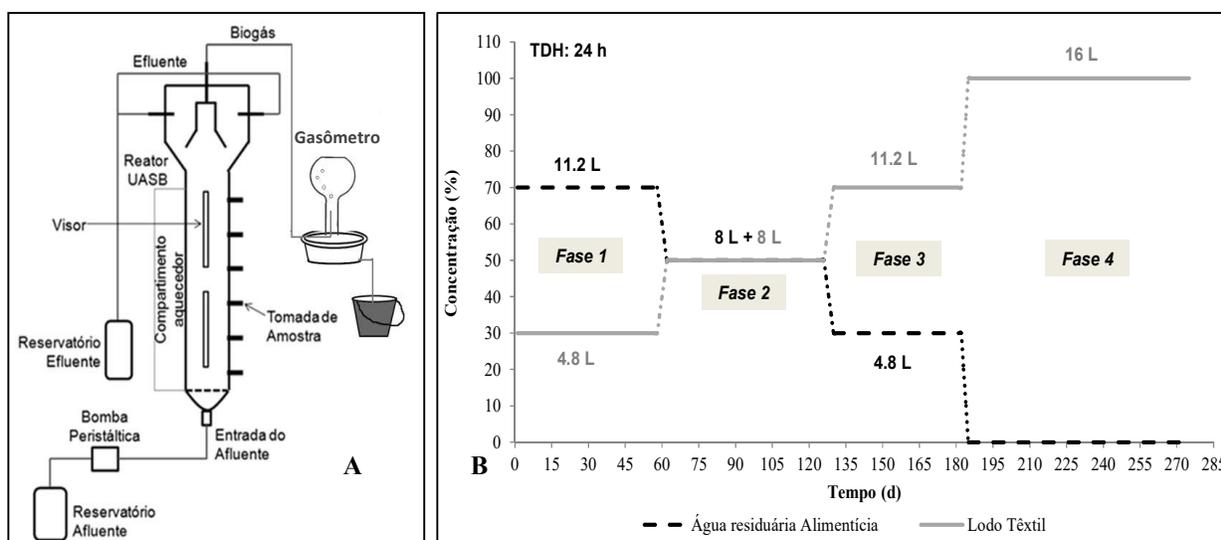


Figura 1. (A) Representação esquemática do reator UASB utilizado no experimento e o dispositivo usado para a medição do volume de biogás produzido; (B) Dinâmica de alimentação do reator.

O reator foi construído em aço inox AISI 304 e suas dimensões são: altura de 100 cm, diâmetro interno de 12.3 cm e volume de 12 L. Este reator possui câmara separadora de fases com altura de 12 cm, diâmetro interno de 12.9 cm e volume de 4 L. Tomou-se como base para o seu dimensionamento, os trabalhos de Rita (2002) e Pinto (2006) que utilizaram o mesmo reator UASB em seus trabalhos, porém, o primeiro tratando lixiviado de resíduos sólidos urbanos, e o segundo tratando resíduos sólidos orgânicos, lodos de tanques sépticos, dejetos suínos e lixiviado. A entrada do resíduo bruto (afluente) ocorreu na parte inferior do reator e seguiu um fluxo ascendente à medida que adentrava no reator. Na parte superior do reator havia uma câmara de separação de fases, onde ocorria a separação das fases sólida, líquida e gasosa, sendo que a fase gasosa (biogás) era liberada por uma saída central no topo do reator. A fase líquida ou o resíduo digerido (efluente) deixava o reator por duas saídas laterais e a fase sólida (lodo) permanecia retida na manta de lodo do reator. Além disso, ao longo do corpo do reator existiam seis pontos de saída, dispostos em diferentes alturas para coleta de amostras para análise do perfil do reator. Em suas laterais um compartimento com isolante de lã de vidro e um termostato compuseram o dispositivo para o controle da temperatura interna do reator.

### Inóculo

O lodo utilizado para dar a partida do reator UASB foi o lodo alimentício, coletado em um reator UASB de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de indústria alimentícia do ramo de especiarias e condimentos (lodo anaeróbico). O volume de inóculo utilizado para a partida foi de 5 L, correspondendo aproximadamente a 30% do volume do reator. A caracterização efetivou-se por meio dos parâmetros de controle ambiental, tais como: pH, Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Voláteis (STV) Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_{5,20^{\circ}C}$ ) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).

### Substratos

Os afluentes brutos (substratos) utilizados para alimentar o reator UASB foram o lodo de indústria têxtil e a água residuária de indústria alimentícia. O lodo têxtil foi coletado na entrada de um decantador secundário, proveniente de um sistema de lodos ativados para tratamento de efluentes de uma indústria têxtil (lodo aeróbico). Uma vez que, o inóculo definido para a partida do reator tratava-se de um lodo alimentício, já adaptado às condições anaeróbicas de um reator UASB, porém, não adaptado às características do substrato (lodo têxtil), foi necessário efetuar uma mistura de lodo têxtil com um segundo substrato para fins de aclimatização e seleção dos microrganismos presentes no inóculo. Este segundo substrato tratava-se da água residuária de indústria alimentícia, cujo inóculo já estava adaptado. Por meio da mistura em diferentes concentrações destes dois substratos esperou-se, que aos poucos o inóculo (lodo alimentício) se adaptasse às características do substrato lodo têxtil.

### Partida, Alimentação e Monitoramento

A partida do reator UASB foi realizada no dia 06 de março de 2012, onde, primeiramente, os 5 L de lodo alimentício (inóculo) foram transferidos para o fundo do reator. O lodo ficou em repouso por um período de 24 h para possibilitar a sua adaptação gradual à temperatura de  $33\pm 2^{\circ}\text{C}$ , faixa de temperatura adotada para a operação do reator. Após o término do período de repouso iniciou-se a alimentação do reator com o afluente bruto (mistura dos substratos lodo têxtil e água residuária alimentícia) até que ele atingisse seu volume total. A partir deste momento, a alimentação do reator foi contínua e deu-se início a rotina de monitoramento do processo de tratamento. As amostras, para monitoramento do reator foram compostas pelo afluente, efluente, lodo de excesso do reator e o biogás produzido no sistema. As variáveis monitoradas e a frequência do monitoramento do reator UASB são apresentadas na Tabela 1.

A coleta dos afluentes (substratos) foi realizada semanalmente, sendo que a quantidade de cada amostra correspondia ao volume necessário para alimentar o reator UASB no período de uma semana. Para armazenar os afluentes, foram utilizados recipientes de plástico de 50 L, limpos, porém não esterilizados. Os frascos de coleta eram transportados, das indústrias para o laboratório, sem nenhum tipo de preservação química ou térmica, ficando aproximadamente 30 min expostos à temperatura ambiente. No laboratório os recipientes contendo os afluentes permaneciam armazenados a  $5^{\circ}\text{C}$ , como forma de conservação de suas características até o momento de sua utilização.

Para a alimentação do reator, dispunha-se de um reservatório interligado à entrada do reator. Este reservatório foi alimentado manualmente com auxílio de balde graduado e com frequência de alimentação diária, sendo que o volume de afluente adicionado foi aquele necessário para a alimentação do reator durante um período de 24 h, que também foi o Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) adotado. Para conduzir o afluente do reservatório ao reator foi utilizada uma bomba peristáltica, da marca Provitec, modelo DM 7000.

A mudança da dinâmica de alimentação do reator, referente às diferentes concentrações dos afluentes (substrato), somente foi alterada no momento em que parâmetros de controle como o pH, DQO, alcalinidade e ácidos orgânicos voláteis, mostravam um comportamento de estabilização na saída do sistema. O tempo de monitoramento para cada proporção da mistura de afluentes durou aproximadamente dois meses com descartes do lodo excedente do sistema, sempre que necessário. A dinâmica de alimentação do reator com as diferentes proporções dos substratos pode ser observada na Figura 1B.

Os cálculos, a elaboração dos gráficos do tipo *Boxplot* e os demais resultados foram tratados em planilhas eletrônicas do *Microsoft Excel*® 2007.

**Tabela 1.** Análises físico-químicas e metodologia empregada no monitoramento do Reator UASB.

Variáveis	Frequência de Amostragem			Método de Análise
	Afluente	Reator	Efluente	
pH	Diária	Eventualmente	Diária	pHmetro
AT e AOV	3x/semana	-	3x/Semana	Volumétrico com detecção potenciométrica
AOV*	Semanal	-	Semanal	Cromatografia líquida de alta eficiência: Ultimate 3000 - Dionex
FT e NT	Quinzenal	-	Quinzenal	Digestão: Hach DRB 200 e Leitura: DR 2800 Hach
CO e CT	Semanal	-	Semanal	TOC VCPH: Shimadzu
DQO	3x/semana	Eventualmente	3x/Semana	Digestão: Hach DRB 200 e Leitura: DR 2800 Hach
DBO <sub>5, 20°C</sub>	Semanal	Eventualmente	Semanal	BOD Trak Hach
ST, STF e STV	Semanal	Eventualmente	Semanal	Gravimétrico
SST, SSF e SSV	Semanal	-	Semanal	Gravimétrico
Produção de Biogás	-	Diária	-	Deslocamento de líquido
OG	-	Eventualmente	-	5520D

pH: Potencial Hidrogeniônico; AT: Alcalinidade Total; AOV: Ácidos Orgânicos Voláteis; FT: Fósforo Total; NT: Nitrogênio Total; CO: Carbono Orgânico; CT: Carbono Total; DQO: Demanda Química de Oxigênio; DBO<sub>5, 20°C</sub>: Demanda Bioquímica de Oxigênio; ST: Sólidos Totais; STF: Sólidos Totais Fixos; STV: Sólidos Totais Voláteis; SST: Sólidos Suspensos Totais; SSF: Sólidos Suspensos Fixos; SSV: Sólidos Suspensos Voláteis; OG: Óleos e graxas; \*Inclui os AOV: ácidos fórmico, acético, propiônico, butírico, isobutírico, isoaléxico, n-valérico, isocaprício, n-caprício e heptanóico.

## Resultados e discussão

### Inóculo e substratos

A caracterização do lodo alimentício (inóculo), do lodo têxtil e da água residuária alimentícia, utilizados como substrato (afluente), é apresentada na Tabela 2. Observou-se que a razão DBO/DQO para o substrato água residuária alimentícia foi 0.56, significativamente superior à verificada para o outro substrato lodo têxtil (0.13) e para o inóculo lodo alimentício (0.19). Já a razão SSV/SST e a razão STV/ST foram 0.81 e 0.74, respectivamente, próximas às observadas para o substrato lodo têxtil (0.81 e 0.85, respectivamente) e para o inóculo lodo alimentício (0.83 e 0.87, respectivamente). De forma geral, os resultados da razão DBO/DQO mostraram-se baixos, enquanto que, os resultados da razão SSV/SST e STV/ST foram elevados, indicando desta forma, que a composição dos resíduos é predominantemente orgânica (devido à elevada razão SSV/SST e STV/ST), porém, pouco biodegradável (devido à baixa relação DBO/DQO) (Chun e Wang, 1999; Badawy e Ali, 2006).

**Tabela 2.** Caracterização média e desvios padrão do inóculo (lodo alimentício) e dos substratos (lodo têxtil e água residuária alimentícia) utilizados na alimentação do reator UASB.

Parâmetros	n	Lodo Alimentício	Lodo Têxtil	Água Residuária Alimentícia
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	3	30389 ± 1278	15163 ± 1810	8091 ± 2107
DBO <sub>5, 20°C</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	3	5724 ± 748	1898 ± 467	4504 ± 1955
pH	3	7.28 ± 0.20	7.82 ± 0.29	5.10 ± 0.33
SST (g L <sup>-1</sup> )	3	32.19 ± 5.80	26.03 ± 4.27	1.86 ± 1.20
SSV (g L <sup>-1</sup> )	3	26.69 ± 5.82	21.08 ± 3.61	1.50 ± 0.91
SSF (g L <sup>-1</sup> )	3	5.50 ± 0.87	4.96 ± 0.66	0.36 ± 0.29
ST (g L <sup>-1</sup> )	3	45.83 ± 17.15	39.59 ± 3.22	5.78 ± 0.30
STV (g L <sup>-1</sup> )	3	39.67 ± 18.74	33.72 ± 2.72	4.27 ± 0.16
STF (g L <sup>-1</sup> )	3	6.41 ± 2.07	5.84 ± 0.44	1.51 ± 0.13

n: número de amostras analisadas para cada parâmetro.

### Monitoramento do reator UASB

Na Tabela 3 são destacados os parâmetros operacionais do reator UASB, com as fases de operação do reator, duração de cada fase, TDH, vazão de alimentação, velocidade ascensional (VA) e Carga Orgânica Volumétrica (COV) afluente em termos de DQO, DBO e STV.

**Tabela 3.** Parâmetros operacionais do reator UASB.

	Dias	TDH (d)	Vazão (m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup> )	VA (m h <sup>-1</sup> )	COV Afluente (kgDQO m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup> )	COV Afluente (kgDBO m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup> )	COV Afluente (kgSTV m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup> )
Fase 1	61	1	0.016	0.04	8.59 ± 2.87	4.13 ± 1.43	3.19 ± 1.62
Fase 2	67	1	0.016	0.04	11.26 ± 4.69	3.38 ± 0.87	6.62 ± 4.75
Fase 3	54	1	0.016	0.04	13.71 ± 5.78	3.03 ± 0.60	7.89 ± 4.24
Fase 4	91	1	0.016	0.04	16.37 ± 3.24	1.98 ± 0.40	15.23 ± 8.60

Na fase 1, o reator foi alimentado com 70% de água residuária alimentícia misturada com 30% de lodo têxtil. Para a fase 2 essas proporções mudaram para 50% de água residuária alimentícia e 50% de lodo têxtil. Quanto a fase 3, as proporções foram 30% de água residuária alimentício e 70% de lodo têxtil e finalmente na fase 4 chegou-se a condição com 100% de concentração de lodo têxtil. Observou-se, porém, que o regime de alimentação com 100% de lodo têxtil, gradativamente, mostrou-se adversa ao bom funcionamento do reator. Esta situação reforçou ainda mais o procedimento adotado para a partida do sistema, onde havia a necessidade de adaptação prévia da biomassa; elevados tempos de detenção hidráulica (vinculados a reduzidas vazões); reduzidas taxas de carga orgânica e longo período de operação (Machado e Freire, 2009), assim como atestado por Fia *et al.* (2010).

Apresentam-se na Tabela 4 os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros pH, AT, AOV, NT, FT, DQO, DBO, CO, CT, ST e STV, avaliados durante 275 dias de monitoramento do afluente e efluente do reator UASB para as fases 1, 2, 3 e 4.

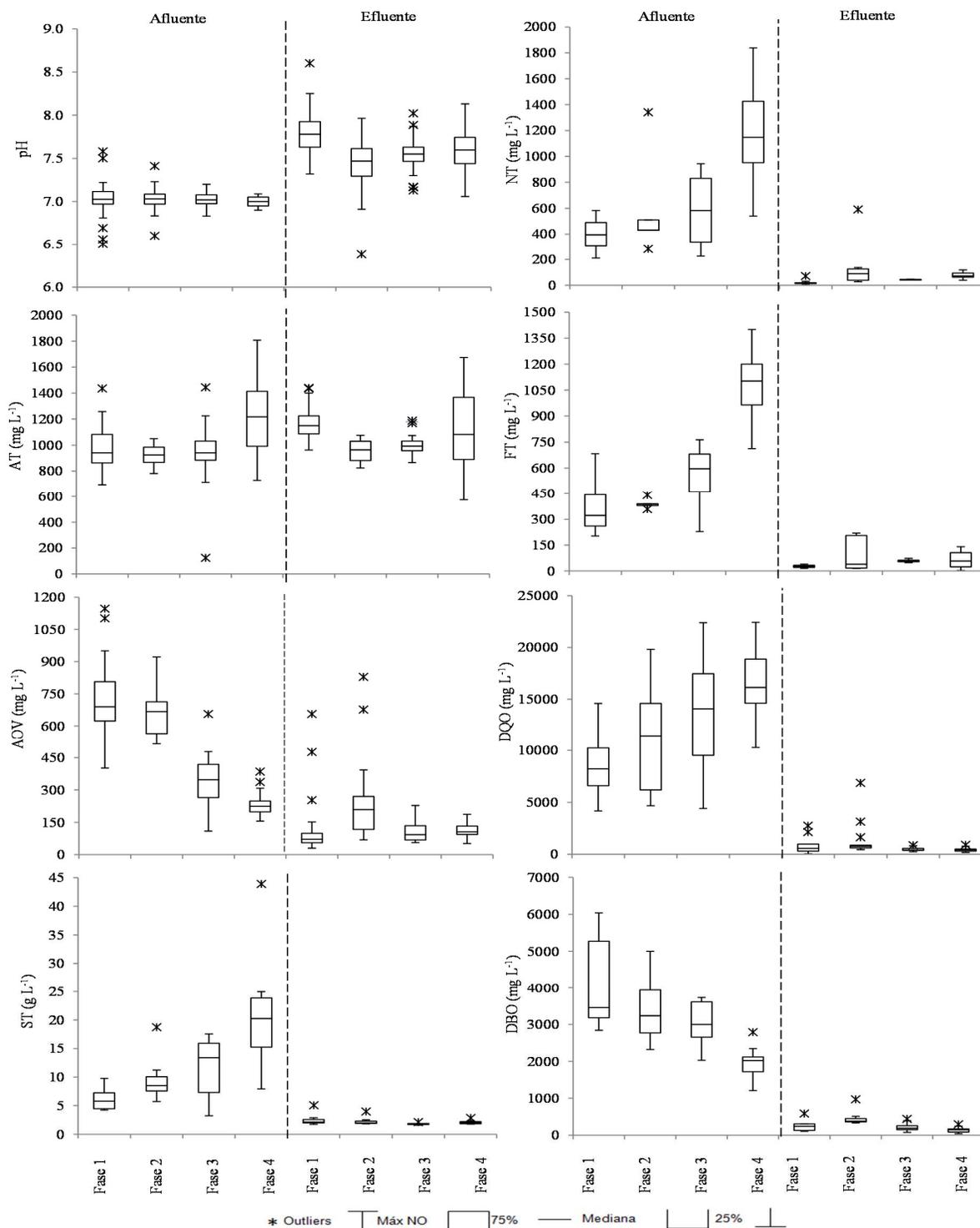
**Tabela 4.** Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos e químicos determinados no afluente e efluente durante as fases 1, 2, 3 e 4 de operação do reator.

Parâmetros	Amostra	n	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
pH	Afluente	180	7,04 ± 0,22	7,03 ± 0,12	7,03 ± 0,08	7,00 ± 0,06
	Efluente	180	7,79 ± 0,27	7,44 ± 0,28	7,55 ± 0,19	7,59 ± 0,23
AT - CaCO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	107	976 ± 183	922 ± 73	941 ± 248	1206 ± 270
	Efluente	107	1170 ± 136	956 ± 85	1000 ± 94	1115 ± 278
AOV (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	107	721 ± 188	650 ± 104	341 ± 125	230 ± 47
	Efluente	107	123 ± 150	239 ± 182	109 ± 50	112 ± 29
NT (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	20	398 ± 163	598 ± 423	586 ± 342	1161 ± 391
	Efluente	20	16 ± 9	174 ± 236	44 ± 5	80 ± 31
FT (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	20	382 ± 211	391 ± 30	546 ± 231	1078 ± 222
	Efluente	20	27 ± 11	99 ± 104	59 ± 11	66 ± 54
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	79	8586 ± 2872	11258 ± 4693	13710 ± 5777	16367 ± 3241
	Efluente	79	744 ± 703	1277 ± 1522	485 ± 190	436 ± 183
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	37	4128 ± 1425	3382 ± 872	3034 ± 602	1975 ± 397
	Efluente	37	265 ± 179	451 ± 191	223 ± 126	150 ± 74
CO (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	40	2016 ± 1049	1282 ± 326	852 ± 200	465 ± 118
	Efluente	40	166 ± 212	221 ± 89	117 ± 37	111 ± 46
CT (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	40	2142 ± 1076	1435 ± 311	1079 ± 246	715 ± 191
	Efluente	40	657 ± 272	468 ± 64	347 ± 31	318 ± 65
ST (g L <sup>-1</sup> )	Afluente	34	6.18 ± 1.99	9.75 ± 4.31	11.52 ± 5.53	20.38 ± 9.07
	Efluente	34	2.55 ± 1.08	2.31 ± 0.77	1.81 ± 0.18	2.09 ± 0.30
STV (g L <sup>-1</sup> )	Afluente	34	3.19 ± 1.62	6.62 ± 4.75	7.89 ± 4.24	15.23 ± 8.60
	Efluente	34	1.95 ± 0.64	1.70 ± 0.31	1.34 ± 0.11	1.52 ± 0.33

Fase 1: 70% Alimentício + 30% Têxtil; Fase 2: 50% Alimentício + 50% Têxtil; Fase 3: 30% Alimentício + 70% Têxtil; Fase 4: 100% Têxtil. n: número de amostras analisadas para cada parâmetro.

#### pH, alcalinidade total e ácidos orgânicos voláteis

De acordo com a Tabela 4 e Figura 2, os valores médios do pH afluente ficaram próximos de 7 em todas as fases do monitoramento, ocorrendo assim, pouquíssima variação do pH afluente. Por outro lado, apesar da grande variação observada no pH efluente para todas as fases, os valores médios mantiveram-se acima do pH afluente com uma margem considerável. Os valores de pH maiores no efluente indicam que o sistema gerou alcalinidade, característica típica de reatores anaeróbios (Freire *et al.*, 2008). A demonstração de boas condições de tamponamento, de acordo com Campos *et al.* (2006), é um fator muito importante, principalmente quando se leva em consideração o custo de manutenção, pois a adição de substâncias químicas para tamponamento oneraria o processo.



**Figura 2.** Gráficos Boxplot para pH, AT, AOV, ST, NT, FT, DQO e DBO afluente e efluente durante as fases de monitoramento do reator UASB. Fase 1: 70% Alimentício + 30% Têxtil; Fase 2: 50% Alimentício + 50% Têxtil; Fase 3: 30% Alimentício + 70% Têxtil; Fase 4: 100% Têxtil.

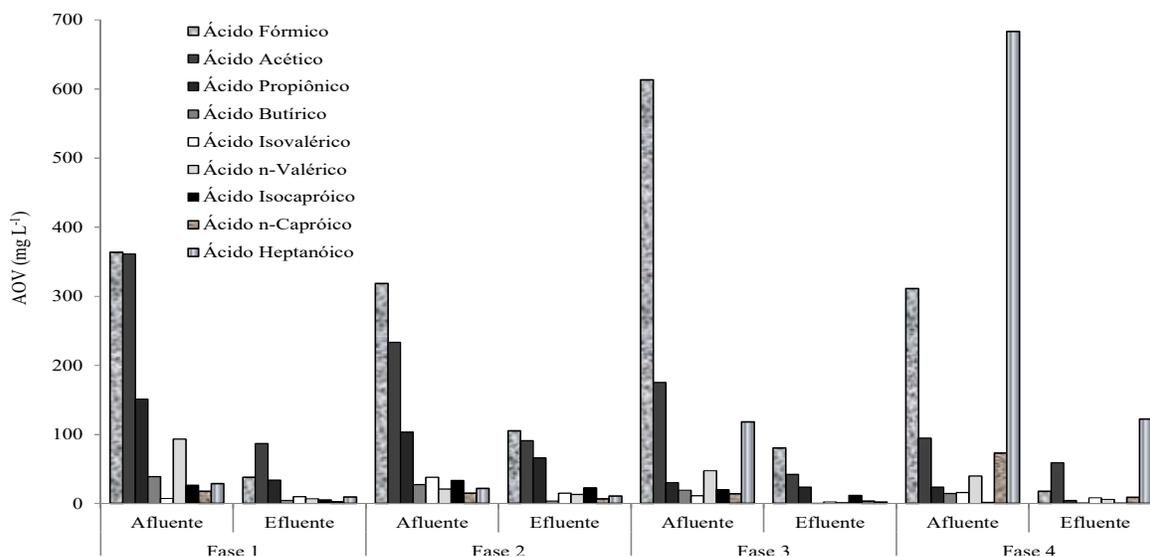
Os valores médios de alcalinidade total (AT) do afluente foram inferiores aos do efluente nas fases 1, 2 e 3, o que não ocorreu na fase 4 (Tabela 4 e Figura 2). Pereira *et al.* (2009) observaram o mesmo comportamento no tratamento de efluentes de suinocultura em reator UASB. Apesar de a AT média ter sido maior no afluente do que no efluente e os valores terem apresentado significativa variação na fase 4, estes mostraram um comportamento semelhante. A menor dispersão dos valores de AT foi observada na fase 2 para o afluente e na fase 3 para o efluente. A geração de AT ao longo do processo anaeróbio é um bom indício de estabilidade do sistema. Os valores de AT do efluente superiores aos obtidos no afluente evidenciaram que a remoção de AOV de fato ocorreu (Freire *et al.*, 2008).

Quanto ao comportamento dos valores de AOV (Tabela 4 e Figura 2), observou-se que, houve uma queda representativa da concentração média de AOV do afluente para o efluente. Além disso, percebeu-se também uma diminuição da concentração de AOV da fase 1 para a fase 4 no afluente, enquanto que no efluente isso não ocorreu. Tal fato pode ser explicado pelo aumento da concentração de lodo têxtil e diminuição da concentração de água residuária alimentícia na composição do afluente da fase 1 para a fase 4, alterando suas características e qualidade. Contudo os valores da AOV do efluente não sofreram grandes alterações nas quatro fases, indicando haver estabilidade do sistema a variações nas características do afluente (Silva e Nour, 2005).

O ácido acético é o principal precursor da produção de metano em reatores anaeróbios. O ácido butírico e o ácido propiônico também são importantes, no entanto, considerados intermediários, sendo que o acúmulo desses ácidos (Gerardi, 2003) diminui o pH e faz com que estes se tornem tóxicos aos microrganismos metanogênicos, o que pode causar o colapso do sistema (Teixeira, 2011). Na Figura 3 são apresentados os AOV detectados no afluente e efluente do reator UASB para as diferentes fases de seu monitoramento.

Os ácidos detectados foram fórmico, butírico, isocapróico, acético, isovalérico, n-capróico, propiônico, n-valérico, heptanóico. Destes, fórmico, acético, heptanóico, propiônico e n-valérico foram os ácidos disponíveis em maior quantidade no afluente. Pontes *et al.* (2003) no tratamento de esgoto sanitário em reator UASB identificaram os ácidos acético, butírico e propiônico como os produtos em concentrações mais elevadas. Percebe-se também, que a fase 4 foi a que apresentou maior disponibilidade de ácidos, a serem degradados, no afluente ( $1257.73 \text{ mg L}^{-1}$ ), enquanto que o maior acúmulo de ácidos no efluente foi verificado na fase 2 ( $334.77 \text{ mg L}^{-1}$ ). Outro aspecto importante a ser destacado é que as concentrações dos principais ácidos, acético, propiônico e butírico, diminuíram no afluente com o passar das fases e que da fase 3 para a fase 4 houve um aumento de 478.79% na concentração do ácido heptanóico.

De forma geral, o desempenho da AT, dos AOV e dos valores de pH (Tabela 4 e Figura 2), indica que houve equilíbrio e capacidade de tamponamento do reator UASB, não permitindo o acúmulo de ácidos voláteis (Rodrigues *et al.*, 2010).



**Figura 3** - Concentrações médias dos AOV detectados durante as fases de monitoramento do reator UASB. Fase 1: 70% Alimentício + 30% Têxtil; Fase 2: 50% Alimentício + 50% Têxtil; Fase 3: 30% Alimentício + 70% Têxtil; Fase 4: 100% Têxtil.

### Fósforo total e nitrogênio total

Nota-se, na Tabela 4 e Figura 2 que, no afluente coletado, houve aumento na concentração de fósforo total da fase 1 para a fase 2 (2.36%), desta para a fase 3 (39.64%) e da fase 3 para a fase 4 (97.44%). Para o NT houve aumento na concentração da fase 1 para a fase 2 (50.25%), desta para a fase 3 houve queda na concentração (2.01%) e, por fim, da fase 3 para a fase 4, novamente ocorreu elevação na concentração (98.12%). Tanto os valores de FT como de NT, para o afluente, apresentaram menor dispersão na fase 2.

Quanto aos valores de NT e FT no efluente, estes apresentaram aumento da fase 1 para a fase 2, contudo, desta fase para a fase 3, apresentaram redução e da fase 3 para a fase 4 apresentaram aumento. Tais variações foram, respectivamente, de 987.50; 74.71 e 81.82% para o NT, e 266.66; 40.4 e 11.86% para o FT. Neste caso, foi verificada baixa variação dos valores de ambos os nutrientes em todas as fases, com exceção da fase 2 (Tabela 4 e Figura 2). Condições operacionais como o regime de alimentação do sistema, pode ajudar a explicar tais variações ao longo das fases.

Para o FT, as eficiências médias de remoção foram 91, 76, 87 e 95%, para as fases 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Para o NT, 96, 76, 90 e 92% foram as eficiências observadas para as fases 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Figura 2).

#### *Demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio*

No caso da DQO afluente houve um incremento na concentração da fase 1 para a fase 2 (31.12%), desta para a fase 3 (21.78%) e para a fase 4 (19.38%), enquanto que para a DBO afluente ocorreu diminuição na concentração da fase 1 para a fase 2 (18.07%), desta para a fase 3 (10.29%) e para a fase 4 (34.90%) (Tabela 4 e Figura 2). Isso demonstra que no avanço das fases a quantidade de matéria biologicamente degradável foi decaindo, em virtude do aumento da concentração de lodo têxtil e diminuição da concentração de água residuária alimentícia na composição do afluente, alterando suas características.

No que diz respeito aos valores de DQO e DBO do efluente (Tabela 4 e Figura 2) nota-se que, da fase 1 para a fase 2 houve acréscimo nas concentrações (71.64% para DQO e 70.19% para DBO). Já da fase 2 para a fase 3 (62.02% para DQO e 50.55% para DBO), bem como, da fase 3 para a fase 4 (10.10% para DQO e 32.74% para DBO) houve decréscimo nas concentrações. Observa-se, ainda, que as concentrações de DQO tiveram menor discrepância na fase 1, para o afluente, e na fase 2, para o efluente. Já as concentrações de DBO apresentaram menor variação na fase 4, para o afluente e na fase 2, para o efluente. Além disso, as concentrações no efluente, tanto da DBO como da DQO, apresentaram um comportamento estável, suportando bem a variação do afluente. As remoções médias alcançadas pelo reator UASB de DQO foram 91, 89, 96 e 97% e de DBO foram 94, 87, 92 e 92% nas fases 1, 2, 3 e 4 respectivamente, para cargas orgânicas volumétricas (COV) aplicadas variando de 4.18 a 22.43 kgDQO m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>. As COV médias aplicadas em cada fase são apresentadas na Tabela 5.

Ferraz Júnior (2010), tratando efluente têxtil em reator UASB (210 L) seguido de um Biofiltro Aerado Submerso – BAS (187.5 L) durante 210 d, com três TDH (24, 16 e 12 h) e três COV (1.3 ± 0.6; 1.2 ± 0.3 e 3.2 ± 1.1 kgDQO m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>) alcançaram as seguintes eficiências de remoção de DQO para o UASB e para o sistema: 59 e 77%, 50 e 69%, bem como, 48 e 69%, respectivamente. Pinto (2006), operando um reator UASB (9,5 L) com lixiviado gerado de um digestor RSO/lodo (resíduos sólidos orgânicos obtidos de sobras de feira livre – RSO + lodos de tanques sépticos, respectivamente) apresentou resultados de remoções de DQO entre 85 e 95% em condições estáveis para carga orgânica volumétrica de 8 gDQO L d<sup>-1</sup>. Kapdan e Öztekin (2006) no tratamento de efluente sintético têxtil em reator sequencial anaeróbio-aeróbio de 3,5 L, TDH total de 23 h e temperatura de 28°C, obtiveram mais de 85% de eficiência na remoção da DQO global.

#### *Carbono orgânico e carbono total*

Para o CO, observa-se comportamento semelhante ao da DBO para o afluente e efluente do reator UASB. Neste caso, os valores médios de CO do afluente diminuíram de uma fase para outra

nas seguintes proporções: 36.41% da fase 1 para a fase 2, 33.54% da fase 2 para a fase 3 e 45.42% da fase 3 para a fase 4. Quanto aos valores médios de CO para o efluente obteve-se uma taxa de crescimento de 33.13% da fase 1 para a fase 2, um taxa de decréscimo de 47.06% e de 5.13%, da fase 2 para a fase 3 e da fase 3 para a fase 4, respectivamente (Tabela 4). Além disso, as eficiências de remoção para as fases 1, 2, 3 e 4 foram 91, 83, 85 e 75%, respectivamente.

**Tabela 5.** Valores médios e os desvios padrão das COVs afluente e efluente durante as fases 1, 2, 3 e 4 de operação do reator.

	Dias	COV Afluente (kgDQO.m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup> )	COV Efluente (kgDQO.m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup> )	Remoção (%)
Fase 1	61	8.59 ± 2.87	0.74 ± 0.70	91
Fase 2	67	11.26 ± 4.69	1.28 ± 1.52	89
Fase 3	54	13.71 ± 5.78	0.49 ± 0.19	96
Fase 4	91	16.37 ± 3.24	0.44 ± 0.18	97

*Fase 1: 70% Alimentício + 30% Têxtil; Fase 2: 50% Alimentício + 50% Têxtil; Fase 3: 30% Alimentício + 70% Têxtil; Fase 4: 100% Têxtil.*

Verifica-se redução dos valores médios de CT tanto para o afluente como para o efluente (Tabela 4). Para o afluente as reduções foram de 33.01% da fase 1 para a fase 2, 24.81% desta para a fase 3 e 33.74% desta para a fase 4,. Para os valores do efluente as reduções representam 28.77% da fase 1 para a fase 2, 25.86% desta para a fase 3 e 8.36% desta para a fase 4. Pode-se observar, ainda, pela diferença dos valores médios de CO e CT que, para todas as fases, o afluente é pobre em matéria inorgânica, pois as concentrações de carbono inorgânico foram, em geral, inferiores as concentrações de CO e estas se aproximaram das concentrações de CT, fato semelhante ao observado por Beltrame (2000), durante a caracterização do efluente têxtil bruto, visando identificar os pontos mais críticos e, conseqüentemente, tomar ações mais adequadas na escolha do tratamento a ser adotado.

#### Sólidos totais e sólidos totais voláteis

As concentrações médias de ST (Tabela 4 e Figura 2) e STV (Tabela 4) evidenciam que houve aumento nos valores entre todas as fases para o afluente, sendo que os percentuais para ST foram 57.77, 18.15 e 76.91% e para STV foram 107.52, 19.18 e 93.03% entre as fases 1 e 2; 2 e 3; 3 e 4, respectivamente. Por outro lado, para o efluente se observou decréscimos nas concentrações da fase 1 para a fase 2 (9.41% para ST e 12.82% para STV) e desta para a fase 3 (21.65% para ST e 21.18% para STV), porém, da fase 3 para a fase 4 foi verificado acréscimo nas concentrações (15.47% para ST e 13.43% para STV).

Percebeu-se que, apesar do aumento gradual da concentração de sólidos no afluente, conforme a mudança de fase, ou seja, incremento de lodo têxtil, o reator UASB apresentou boa capacidade na retenção de sólidos em seu interior, sem prejudicar a qualidade do efluente, que segundo

Campos *et al.* (2005), é dependente da velocidade do fluxo ascendente, tipo de substrato e COV. No entanto, a retenção de sólidos aliada a altas COV, poderá contribuir para o entupimento do reator (Rodgers *et al.*, 2008), o que motivou o descarte do lodo de excesso em alguns períodos de monitoramento do reator.

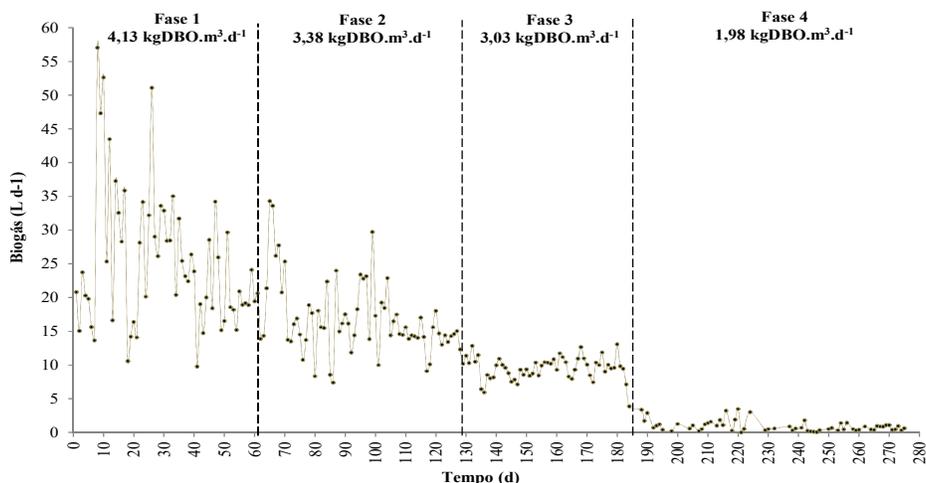
Pode se observar, ainda, que, a fase com menor discrepância dos valores para ST afluente foi a fase 2 e para ST efluente foi a fase 3. As concentrações no efluente, tanto de ST como de STV, também mostraram um comportamento estável, suportando bem a variação do afluente. Além disso, as eficiências de remoção de STV foram 81, 88, 91 e 94% para as fases 1, 2, 3 e 4, respectivamente. No tratamento de esgoto sanitário, Versiani (2005), operou um reator UASB de 22 m<sup>3</sup>, com diferentes TDH (8, 7, 5 e 3 h) e com diferentes COV (2.7; 3.4; 4.8 e 8 m<sup>3</sup> m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>). Nestas condições, as eficiências de remoção de sólidos alcançadas foram 78, 82, 89 e 90%, respectivamente. Avaliando a eficiência do tratamento de águas residuárias do beneficiamento de café, por via úmida, em reatores UASB, em dois estágios, submetidos à TDH de 4.0; 5.2 e 6.2 dias e COV de 5.8; 3.0 e 3.6 gDQO L d<sup>-1</sup>, no primeiro reator - R1 (20 L), e TDH de 2.0; 2.6 e 3.1 dias e COV de 5.8; 0.5 e 0.4 gDQO L d<sup>-1</sup>, no segundo reator - R2 (10 L), Bruno e Oliveira (2008), obtiveram eficiências médias de remoção de sólidos que variaram de 93 a 97%.

### Biogás

Na Figura 4 apresentam-se os resultados da produção de biogás durante o monitoramento do reator UASB. Verifica-se que, a produção de biogás diminuiu ao longo do monitoramento do reator, sendo que os valores médios de produção para as fases 1, 2, 3 e 4 foram 25.24 ± 10.19; 16.74 ± 5.48; 9.50 ± 1.73 e 0.95 ± 0.83 L d<sup>-1</sup>, respectivamente. O volume total de biogás produzido durante todo o experimento (275 d) foi de 3258 L.

Hafez *et al.* (2012), operando um reator UASB de 14 L, em batelada e em condições mesofílicas (37°C), testou diferentes frações de efluente de maceração de linho com, diferentes frações de lodo de esgoto municipal, utilizado como inóculo (0.25:1.75 L; 0.25:0.75 L; 0.5:0 L; 1.0:0 L; 1.25:0 L; 2.0:0 L respectivamente), bem como, variou o TDH (2, 5, 7, 13 e 14 d). A maior produção de biogás (0.48 L d<sup>-1</sup>) foi obtida com TDH de 5 d e na combinação 2.0:0 L de efluente de maceração de linho e lodo de esgoto municipal, respectivamente.

Pontes (2003), com um sistema UASB, de 400 L, seguido de um filtro biológico percolador (FBP), de 60 L, tratou esgoto sanitário sem (Fase 1) e com retorno do lodo excedente do FBP (Fase 2). O sistema foi operado com TDH médio de 5.6 h, temperatura média de 24.7 e 22.1°C e cargas de 1.4 e 2.4 kgDBO m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>, bem como, de 1.1 e 1.9 kgDBO m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> para a fase 1 e 2, respectivamente. Nestas condições, a produção de biogás obtida foi 177.6 L d<sup>-1</sup> para a fase 1 e 196.8 L d<sup>-1</sup> para a fase 2. Carvalho (2006), obteve produção média de metano de 43.92 L d<sup>-1</sup>, para um reator UASB (160 L) alimentado com esgoto sanitário, com uma vazão de 16 L h<sup>-1</sup> e com TDH de 10 h.



**Figura 4.** Vazão de Biogás produzido durante as fases de monitoramento do reator UASB. Fase 1: 70% Alimentício + 30% Têxtil; Fase 2: 50% Alimentício + 50% Têxtil; Fase 3: 30% Alimentício + 70% Têxtil; Fase 4: 100% Têxtil.

De forma geral, com o aumento da concentração de lodo têxtil e diminuição da água residuária alimentícia, na composição do afluente, durante o avançar das fases 1, 2, 3 até a fase 4, na qual a concentração de lodo têxtil chegou a 100%, percebeu-se algumas alterações importantes nos parâmetros avaliados. Na avaliação da eficiência de remoção, durante a transição da fase 1 para a fase 2, todos os parâmetros, com exceção dos STV, apresentaram decréscimo. Isso demonstra que a biomassa sofreu um choque de carga (Machado e Freire, 2009), uma vez que a COV média que era de  $8.59 \text{ kgDQO m}^3 \text{ d}^{-1}$  na fase 1 passou para  $11.26 \text{ kgDQO m}^3 \text{ d}^{-1}$  na fase 2 (Tabela 5). Já as mudanças de carga da fase 2 para a fase 3 ( $13.71 \text{ kgDQO m}^3 \text{ d}^{-1}$ ) e desta para a fase 4 ( $16.37 \text{ kgDQO m}^3 \text{ d}^{-1}$ ), apesar do incremento nas mesmas, não foram tão sentidas pelo sistema, pelo fato da biomassa já estar mais adaptada ao afluente, com a atividade biológica mais equilibrada e resistente a choques de carga (Santos, 2006). Este episódio, também, foi identificado pelas eficiências de remoção obtidas nos parâmetros DBO, DQO, FT, e NT, para os quais houve aumento, da fase 2 para a fase 3 e desta para a fase 4. Somente o CO apresentou redução da eficiência.

Cabe ser destacado que, apesar das altas eficiências obtidas durante o monitoramento do reator UASB, houve uma redução na produção de biogás ao longo das fases. Isto é explicado pelo fato da concentração de matéria orgânica biologicamente degradável (representados pela DBO e CO) e de AOV disponíveis no afluente, para degradação e conversão em biogás, terem diminuído durante o período experimental. Os altos percentuais alcançados, em relação à eficiência de remoção, podem ser justificados, porque, durante o monitoramento do reator UASB, praticamente não houve arraste de sólidos, porém, no avançar das fases, com o aumento da COV

e da concentração de sólidos no afluente, estes flotavam e se acumulavam na parte superior do reator, entupindo as saídas do efluente e do biogás. Desta forma, para que isso não ocorresse e viesse a prejudicar o funcionamento do reator, o lodo de excesso foi retirado quando necessário.

Também é importante pontuar que, fatores como a presença de compostos tóxicos ou a ausência de nutrientes, poderão influenciar o processo de digestão anaeróbia em reatores UASB, diminuindo a diversidade e estabilidade da população microbiana. A estabilidade nestes reatores durante períodos de distúrbio é um dos aspectos mais importantes para o sucesso operacional de sistemas de tratamento (Campos et al, 2004; Chernicharo et al. 1999; Aquino; Chernicharo, 2007). Por conta disto, busca-se, através da compartimentalização dos reatores, a melhoria na estabilidade dos mesmos, permitindo que condições ideais sejam mantidas nas diferentes fases (acidogênica e metanogênica) explorando ao máximo o potencial de degradação da biomassa (Aquino; Chernicharo, 2005). A introdução de uma fase acidogênica, na continuidade do presente artigo, permitirá a otimização das condições exigidas por muitas substâncias químicas recalcitrantes presentes no efluente, convertendo-as em ácidos graxos voláteis e em outros compostos mais simples. Assim, as *archeas* metanogênicas presentes no segundo reator serão preservados de possíveis toxinas ou substâncias inibidoras, garantindo-se uma alimentação uniforme, sem prejuízo do funcionamento de todo o sistema (Ke; Chi; Fang, 2005).

Durante a fase 1 foram realizados 4 descartes de lodo de excesso, no 9°, 10°, 11° e 12° d. Para as fases 2 e 3 foram realizados 19 e 21 descartes de lodo de excesso, respectivamente, em dias aleatórios. Já para a fase 4 foram necessários 54 descartes de lodo de excesso, os quais, ocorreram praticamente em todos os dias de monitoramento do reator. As características do lodo de excesso retirado e descartado durante a última fase de monitoramento do reator UASB (fase 4) podem ser observadas na Tabela 6.

**Tabela 6.** Caracterização do Lodo de Excesso descartado durante a fase 4 do monitoramento do reator UASB.

Lodo de Excesso			
pH	6.71 ± 0.12	ST (g L <sup>-1</sup> )	116.56 ± 10.28
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	4125 ± 148	STV (g L <sup>-1</sup> )	104.64 ± 16.25
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	33780 ± 891	OG (mg L <sup>-1</sup> )	1498 ± 467

Fase 1: 70% Alimentício + 30% Têxtil; Fase 2: 50% Alimentício + 50% Têxtil; Fase 3: 30% Alimentício + 70% Têxtil; Fase 4: 100% Têxtil.

O volume de lodo de excesso retirado na fase 1 foi de 2 L, na fase 2 foi de 12 L, na fase 3 foi de 13 L e na fase 4 foi de 87 L, totalizando 114 L. Neste sentido, percebe-se que, com o incremento de COV e sólidos, ao longo das fases, foram necessários maiores descartes de lodo.

Conforme Cassini (2003), basicamente três aspectos do lodo precisam ser considerados para sua disposição ou uso seguro: o nível de estabilização da matéria orgânica, a quantidade de metais pesados e o grau de patogenicidade. Desta forma, quanto ao nível de estabilização da matéria orgânica, presente no lodo de excesso, percebe-se que esta foi muito baixa, já que a razão STV/ST e DBO/DQO foi 0.90 e 0.12, respectivamente, indicando que, na composição do lodo de excesso, ainda há predomínio de matéria orgânica (devido à elevada razão STV/ST), porém, pouco biodegradável (devido à baixa razão DBO/DQO). Corroborando com Souto (2009) ao descrever que a matéria orgânica corresponde exatamente aos STV e que razões DBO/DQO altas são de fato sinônimos de elevada biodegradabilidade do resíduo em questão. Por outro lado, uma razão DBO/DQO baixa não necessariamente significa que os compostos ali presentes são pouco biodegradáveis, mas apenas, que os microrganismos que atuaram no sistema não foram capazes de consumi-los. Além disso, de acordo com o mesmo autor, baixos valores de DBO significa que os STV tendem a ser recalcitrantes. Tal recalcitrância pode ter sido ocasionada pela elevada concentração de OG ( $1498 \pm 467 \text{ mg L}^{-1}$ ), encontrada no lodo de excesso, normalmente entre 30 e  $40 \text{ mg L}^{-1}$  para efluente têxtil bruto (Freitas, 2002). Desta forma, a degradação dos compostos pelos microrganismos não foi efetiva.

Os OG são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estão entre os mais estáveis compostos orgânicos e não são facilmente decompostos por microrganismos. Desta forma, em reatores, se em grande quantidade, os OG causam problemas, pois formam uma densa camada de espuma na superfície, prejudicando o processo de tratamento e ao depositar-se no interior das tubulações, podem provocar restrições ao fluxo líquido, redução da velocidade ascensional, deposição de sólidos e consequentes entupimentos (Orssatto *et al.*, 2010).

Pode se destacar ainda, que, o comprometimento da conversão biológica da matéria orgânica no lodo de excesso, observada pela elevada razão STV/ST (0.90) (Tabela 6), além de ser explicada pela alta concentração de OG, também pode ser esclarecida por uma sobrecarga de sólidos no afluente do reator (Leite, 2011), já que, no decorrer das fases, a COV aumentou consideravelmente, conforme pode ser observado na Tabela 3 ou Tabela 5.

Conforme Gerardi (2003), a elevada transferência de sólidos no afluente de reatores anaeróbios pode resultar na ocorrência de sobrecargas, inibindo a atividade biológica dos microrganismos formadores de metano, decrescendo a produção de biogás e a destruição de STV. Para Chernicharo *et al.* (1999) a solução corretiva para este problema é diminuir a COV, afim de diminuir o efeito tóxico do excesso de substrato. Tal correção não foi realizada, neste estudo, porque o intuito foi, justamente, saber o comportamento do reator UASB ao chegar a uma condição de alimentação com 100% de lodo têxtil, sem nenhuma alteração de suas características, ou seja, o lodo têxtil foi encaminhado ao reator UASB da mesma forma que foi coletado, sem diluições, a fim de reduzir a COV.

## Conclusão

Para as condições estabelecidas durante a condução do experimento, em escala laboratorial, concluiu-se que o tratamento anaeróbio do lodo têxtil com produção de biogás mostrou-se possível em escala laboratorial, no entanto, revelou-se mais atrativo quando complementado com frações de água residuária alimentícia, aumentando a sua biodegradabilidade.

Para que o tratamento de lodo da indústria têxtil, em reatores anaeróbios do tipo UASB, seja eficiente, há a necessidade de que parâmetros, tais como, OG, metais, surfactantes e composição dos microrganismos, também sejam levados em conta durante o seu monitoramento, uma vez que, estes podem limitar a atividade biológica e, conseqüentemente, a produção contínua de biogás.

Para que a aclimatização dos microrganismos anaeróbios seja alcançada em menor tempo, como estratégia de alimentação do sistema, menores COV deverão ser adotadas, o que talvez implique em adotar diferentes diluições, ou ainda, a inclusão de outros efluentes que não ofereçam limitações à atividade biológica.

## Referências

- Apha, Awwa, Wpcf. (2012) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 22a ed., American Public Health Association, Washington, 1496 pp.
- Aquino, S. F.; Chernicaro, C.A.L. (2005) Acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGVs) em reatores anaeróbios sob estresse: causas e estratégias de controle. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, 10(2) 152-161.
- Badawy, M.I., Ali, M.E.M. (2006) Fenton's peroxidation and coagulation processes for the treatment of combined industrial and domestic wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 136(3), 961-966.
- Beltrame, L.T.C. (2000) *Caracterização do efluente têxtil e proposta de tratamento*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 161 pp.
- Borges, F., Sellin, N., Medeiros, S.H.W. (2008) Caracterização e avaliação de lodos de efluentes sanitário e industrial como biomassa na geração de energia. *Ciência & Engenharia*, 17(1/2), 27-32.
- Bruno, M., Oliveira, R.A. (2008). Tratamento anaeróbio de águas residuárias do beneficiamento de café por via úmida em reatores UASB em dois estágios. *Engenharia Agrícola*, 28(2), 364-377.
- Busato, R. (2004) *Desempenho de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente como tratamento de efluentes de reator UASB: estudo de caso da ETE de Imbituva*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hídrica e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, 237 pp.
- Calijuri, M.L., Bastos, R.K.X., Magalhães, T.B., Capelete, B.C., Dias, E.H.O. (2009) Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. *Engenharia Sanitária & Ambiental*, 14(3), 421-430.
- Campos, C.M.M.; Luiz, F.A.R.; Botelho, C.G.; Damasceno, L.H.S. (2004) Avaliação da eficiência do reator UASB tratando efluente de laticínio sob diferentes cargas orgânicas. *Ciência & Agrotecnologia*, Lavras, 28(6) 1376-1384.
- Campos, C.M.M., Damasceno, L.H.S., Mochizuki, E.T., Botelho, C.G. (2005) Avaliação do desempenho do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) em escala laboratorial na remoção da carga orgânica de águas residuárias da suinocultura. *Ciência & Agrotecnologia*, 29(2), 390-399.

- Campos, C.M.M., Carmo, F.R., Botelho, C.G., Costa, C.C. (2006) Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial. *Ciência & Agrotecnologia*, **30**(1), 140-147.
- Carvalho, K.Q. (2006) *Resposta dinâmica de reator UASB em escala piloto submetido a cargas orgânicas e hidráulicas cíclicas: modelos matemáticos e resultados experimentais*, Tese de Doutorado, programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, 187 pp.
- Cassini, S.T. (Coord.). (2003) *Digestão de Resíduos Sólidos Orgânicos e Aproveitamento de Biogás*, ABES, Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, 196 pp.
- Chernicharo, C.A.L., Van Haandel, A., Aisse, M.M., Cavalcanti, P.F.F. (1999) Reatores anaeróbios de manta de lodo. In Campos, J.R. (Coord.), *Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*, ABES, Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, 155-198 pp.
- Chernicharo, C.A.L. (2007) *Reatores anaeróbios*. 2.ed. Belo Horizonte: UFMG, 380p.
- Chun, H., Yizhong, W. (1999) Decolorization and biodegradability of photocatalytic treated azo dyes and wool textile wastewater. *Chemosphere*, **39**(12), 2107–2115.
- Corrêa, C.A.R. (2009) *Efeito da adição do extrato de levedura na degradação de corante azo em reator UASB*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, 126 pp.
- Ferraz Júnior, A.D.N. (2010) *Tratamento de efluente têxtil em reator UASB seguido de biofiltro aerado submerso*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 85 pp.
- Fia, F.R.L., Matos, A.T., Borges, A.C., Moreira, D.A., Fia, R., Eustáquio Júnior, V. (2010) Remoção de compostos fenólicos em reatores anaeróbios de leito fixo com diferentes materiais suporte. *Engenharia Agrícola & Ambiental*, **14**(10), 1079-1086.
- Freire, B.F., Pires, E.C., Freire, J.T. (2008) Tratamento anaeróbio de pentaclorofenol em reator de leito fluidificado alimentado com água residuária sintética contendo glicose como fonte única de carbono. *Engenharia Sanitária & Ambiental*, **13**(3), 339-346.
- Freitas, R.K. (2002) *Caracterização e reuso de efluentes do processo de beneficiamento da indústria têxtil*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 172 pp.
- Gerardi, M.H. (2003) *The microbiology of anaerobic digesters*, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, Canada, 175 pp.
- Hafez, A.I., Khedr, M.A., Osman, R.M. (2012) Flax Retting Wastewater Part 1: Anaerobic Treatment by Using UASB Reactor. *Natural Resources*, **3**(4), 191-200.
- Kapdan, I.K., Oztekin, R. (2006) The effect of hydraulic residence time and initial COD concentration on color and COD removal performance of the anaerobic-aerobic SBR system. *Journal of Hazardous Materials*, **136**(3), 896–901.
- Ke, S., Chi, Z., Fang, H.H.P. (2005) Applications of two-phase anaerobic degradation in industrial wastewater treatment. *International Journal of Environment and Pollution*, Geneva, **23**(1), 65-80.
- Leite, W.R.M. (2011) *Digestão anaeróbia mesofílica de lodo adensado de estação de tratamento de esgoto*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 142 pp.
- Machado, O.J., Freire, F.B. (2009) Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB). *Ciência & Tecnologia, Especial*(2), 170-188.
- Nascimento, R.S., Pereira, M.L.F., Cavalcanti, P.F.F., Van Handel, A. (2001) Estabilização anaeróbia de lodo em reatores tipo UASB, *XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa, Brasil.
- Orssatto, F., Hermes, E., Vilas Boas, M.A. (2010) Eficiência de remoção de óleos e graxas de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Cascavel-PR. *Engenharia Ambiental*, **7**(4), 249-256.
- Pereira, E.L., Campos, C.M.M., Monterani, F. (2009) Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura. *Ambiente & Água*, **4**(3), 157-168.

- Pinto, R.O. (2006) *Avaliação da digestão anaeróbia na bioestabilização de resíduos sólidos orgânicos, lodos de tanques sépticos, dejetos suínos e lixiviado*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 233 pp.
- Pontes, P.P. (2003) *Reatores UASB aplicados ao tratamento combinado de esgotos sanitários e lodo excedente de filtro biológico percolador*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, 198 pp.
- Pontes, P.P., Chernicharo, C.A.L., Porto, M.T.R. (2003) Perfil de decaimento da concentração de ácidos graxos voláteis em um reator UASB utilizado para o tratamento de esgoto sanitário e operando sob diferentes tempos de detenção hidráulica, *XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, Cancún, México.
- Rita, F. (2002) *Desempenho de um reator UASB em escala piloto para o tratamento anaeróbio de líquidos percolados de resíduos sólidos urbanos*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 97 pp.
- Rodgers, M., Paor, D., Clifford, E. (2008) Dairy wastewater treatment using a horizontal flow biofilm system. *Journal of Environmental Management*, **86**(1), 114-120.
- Rodrigues, L.S., Silva, I.J., Zocrato, M.C.O., Papa, D.N., Sperling, M.V., Oliveira, P.R. (2010) Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola & Ambiental*, **14**(1), 94-100.
- Santos, E.O. (2006) *Caracterização, biodegradabilidade e tratabilidade do efluente de uma lavanderia industrial*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 138 pp.
- Silva, G.H.R., Nour, E.A.A. (2005) Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: Sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades. *Engenharia Agrícola & Ambiental*, **9**(2), 268-275.
- Teixeira, J.I.C.S. (2011) *Viabilidade sócio-econômica da implementação de digestores anaeróbios para o tratamento de resíduos provenientes das explorações bovinas na grande área metropolitana do porto*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Ambiente, Universidade do Porto, 118 pp.
- Versiani, B.M. (2005) *Desempenho de um reator submetido a diferentes condições operacionais tratando esgotos domésticos do campus da UFRJ*, Tese de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 78 pp.