

## **II-024 - REMOÇÃO FÍSICA E BIOLÓGICA DE ESCUMA DO SEPARADOR TRIFÁSICO EM REATOR UASB COM DUPLO ESTÁGIO DE COLETA DE BIOGÁS**

**Jackson de Oliveira Pereira<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia em Engenharia Civil, Computação e Humanidades da Universidade Federal de São João Del-Rei – (DTECH/UFSJ).

**Carlos Augusto de Lemos Chernicharo**

Engenheiro Civil e Sanitarista pela UFMG. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade de Newcastle upon Tyne – UK. Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (DESA/UFMG).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Tecnologia em Engenharia Civil, Computação e Humanidades - Universidade Federal de São João Del-Rei - Campus Alto Paraopeba (CAP). Rod. MG 443, km 07- Fazenda do Cadete - Ouro Branco MG - Cep: 36420 000 - Brasil - Tel (31) 3741-3193 – e-mail: [jackson@ufsj.edu.br](mailto:jackson@ufsj.edu.br)

### **RESUMO**

O presente trabalho avaliou o uso de uma versão modificada de reator UASB, concebido com dois coletores de biogás, quanto ao controle físico e biológico da espuma no separador trifásico. O primeiro, denominado coletor de biogás de 1º estágio, foi posicionado a 1 m do fundo do reator, com o objetivo de capturar o fluxo de gases mais próximo ao fundo reator e, juntamente com uma parte do fluxo líquido e de sólidos, promover a desagregação ou degradação da camada de espuma no interior do separador trifásico. O segundo, denominado de coletor de biogás de segundo estágio, foi concebido com orifícios que permaneceram abertos para permitir a avaliação da remoção física da espuma (fase 1) e, foram fechados para avaliação da remoção biológica (fase 2). O desempenho do reator modificado foi comparado a um reator UASB convencional, e os resultados revelaram que o mecanismo físico de controle da espuma no reator modificado foi bastante efetivo, ocasionando uma acumulação de 65 a 91 % menor que a massa de espuma acumulada em um reator UASB convencional. Entretanto, no caso do mecanismo de degradação biológica o mesmo não foi observado. Com relação à remoção de matéria orgânica, o desempenho do reator modificado foi similar ao reator convencional, porém, com uma perda de sólidos no efluente ligeiramente superior. Por outro lado, a produção de metano em ambos os reatores foi similar, o que, a despeito da maior perda de sólidos, indicou que a configuração do reator modificado propicia o maior desprendimento do metano dissolvido da fase líquida.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reator UASB com duplo estágio de coleta de biogás (DECB), tratamento anaeróbio, espuma, esgoto doméstico.

### **INTRODUÇÃO**

A espuma é um subproduto sólido do tratamento dos esgotos domésticos, composta de materiais flutuantes, podendo conter óleos, gorduras, ceras, sabões, lodo, cascas de frutas, vegetais, pontas de cigarro, cabelo, plásticos, algodão, cotonetes, entre outros materiais grosseiros (SOUZA, 2006). A análise visual da espuma mostra que se trata de um material tipicamente oleoso, pegajoso, com odor fétido, forte, característico.

A acumulação de espuma pode ocorrer em duas regiões distintas, na superfície dos decantadores e no interior do separador trifásico. Enquanto a acumulação de espuma nos decantadores pode ser bem controlada com o adequado projeto dos dispositivos de coleta do efluente final (evitando-se a adoção de tubulações submersas perfuradas ou a colocação de retentores de espuma), o mesmo não acontece no caso da espuma do separador trifásico, que fica acumulada na interface de separação gás-líquido, necessitando ser removida periodicamente. Entre os problemas associados à acumulação de espuma no separador podem se citar: a perda na qualidade do efluente e a maior emissão de gases odorantes, decorrente da obstrução da interface gás-líquido pela camada de espuma, e o escape do biogás para região de decantação (LETTINGA E HULSHOFF POL, 1991; VAN LIER et al., 2011); a ruptura de coifas por esforços de torção, quando o biogás acumulado sob a grossa camada de espuma consegue vencê-la, o que ocasiona uma subpressão sob as abas da coifa e o seu desolamento

(MIKI, 2010); além de custos adicionais de gerenciamento da espuma, como mão de obra, equipamentos e métodos utilizados (CHERNICHARO *et al.*, 2009; MIKI, 2010).

As soluções de projeto para equacionar o problema tem se concentrado em equipar os reatores com algum dispositivo que permita a remoção periódica da espuma, a exemplo do sistema calha de coleta + tubulação de descarte, e comportas dispostas ao longo do separador (MIKI, 2010; VAN LIER *et al.*, 2011). O sucesso destes dispositivos, entretanto, está associado à manutenção de uma espuma com baixa viscosidade e maior fluidez. E, para tanto, é necessário que a espuma seja removida frequentemente do separador, já que o acúmulo de espuma por períodos prolongados acarretará na formação de uma camada com um maior teor de sólidos e elevada viscosidade. Dessa forma, essas soluções representam uma demanda adicional na rotina operacional da ETE, não só no que diz respeito à remoção da espuma, como também, à operação da linha de gás.

Assim sendo, objetivando desenvolver alternativas para controlar a espuma no separador, sem o correspondente dispêndio operacional, o presente trabalho investigou o desempenho de uma configuração modificada de reator UASB, denominado “Reator UASB com Duplo Estágio de Coleta de Biogás” (UASB/DECB). Nessa versão de reator, foram investigados dois mecanismos de controle da espuma do separador distintos: (i) o controle físico, proporcionado pela passagem de parte do fluxo líquido pelo separador, que pode promover o transporte hidráulico da espuma do separador para o decantador; (ii) e o controle biológico, que pode ser proporcionado pela degradação da espuma no separador, em consequência da elevação de biomassa do leito de lodo até a região de acumulação da espuma.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Aparato Experimental

Os experimentos foram conduzidos em dois reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente em escala piloto, sendo um deles um reator UASB convencional (Rconv), e o outro, um reator modificado (Rmod), projetado com duplo estágio de coleta de biogás DECB/UASB. Os reatores foram instalados no Centro de Pesquisas e Treinamento em Saneamento CePTS-UFMG/COPASA, localizado na Estação de Tratamento de Esgoto do Arrudas, em Belo Horizonte-MG, e operam há mais 3 anos tratando esgotos brutos tipicamente domésticos. A tabela 1 resume as principais características dos reatores.

**Tabela 1 – Características dos reatores experimentais Rmod e Rconv**

Característica	Reator Rconv			Reator Rmod		
	Zona de digestão	Zona de decantação	Total	Zona de digestão	Zona de decantação	Total
Material	Acrílico	Fibra de vidro	-	Polipropileno	Fibra de vidro	-
Diâmetro (m)	0,30	0,30-0,50	-	0,30	0,30-0,50	-
Altura (m)	3,00	1,00	4,00	3,00	1,00	4,00
Volume(L)	212	131	343	212	131	343

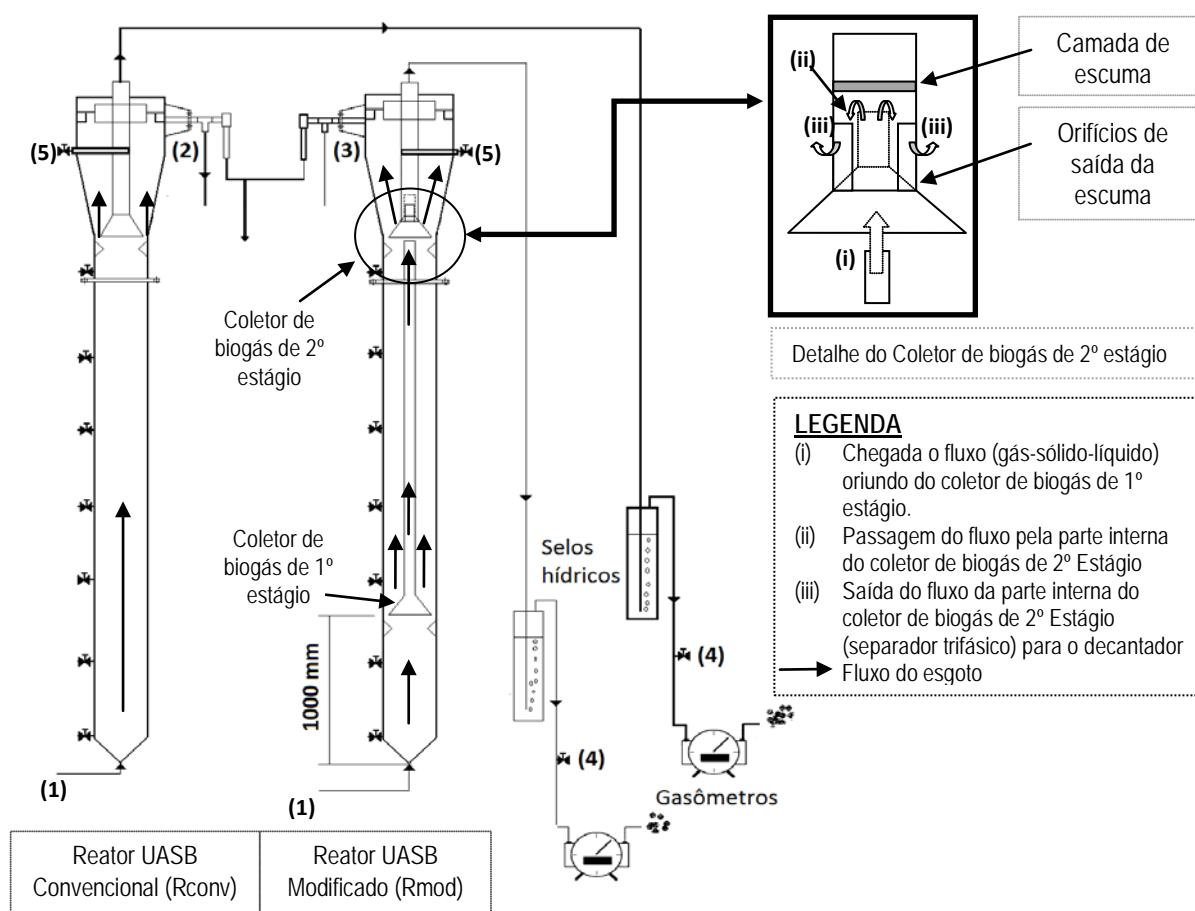
**Reator modificado (Rmod):** reator piloto com duplo estágio de coleta de biogás (UASB/DECB), com as mesmas características de volume e seção transversal que o reator controle (Rconv), todavia possuindo duplo estágio de coleta de biogás.

**1º estágio de coleta de biogás:** O primeiro estágio de coleta de biogás foi posicionado a 1000 mm do fundo do reator, e visa concentrar e direcionar parte do fluxo líquido, juntamente com o fluxo de sólidos e gases, para o interior do coletor de 2º estágio, a fim de propiciar a mistura hidráulica na região de acumulação da espuma.

**2º estágio de coleta de biogás:** O segundo estágio de coleta de biogás assemelha-se a um separador trifásico convencional, porém foi concebido com dois tubos concêntricos, cujo tubo mais externo apresenta 3 orifícios (100 x 50 mm) para o decantador. A presença destes orifícios tem como objetivo permitir a saída de toda espuma do separador para o decantador, propiciando seu descarte de forma paulatina no efluente final.

**Reator UASB convencional (Rconv):** o reator UASB em escala piloto, com as mesmas características de volume e seção transversal que o reator Rmod, todavia possuindo apenas um estágio de coleta de biogás (separador trifásico), tratando-se, portanto, de um reator UASB convencional.

A Figura 1 apresenta uma representação esquemática dos reatores, destacando um fluxo idealizado no reator Rmod e os pontos de coleta de amostras do esgoto bruto (EB), dos efluentes dos reatores e da espuma.



**Figura 1 - Representação esquemática dos reatores piloto, com detalhes do fluxo idealizado no reator Rmod (UASB/DECB) e os pontos de coleta. (1) Amostragem do afluente; (2) Amostragem do efluente (Rconv); (3) Amostragem do efluente (Rmod); (4) Amostragem do biogás (Rconv e Rmod); (5) Amostragem de espuma do separador trifásico (Rconv e Rmod).**

## Fases Operacionais

Os mecanismos de controle da espuma no reator Rmod foram avaliados para duas condições operacionais, denominadas fases 1 e 2, resumidas na Tabela 2.

**Tabela 2 – Características operacionais dos reatores em cada fase**

Fases	Duração (d)	TDH (h)	Vazão (L/h)	V <sub>ascensional</sub> (m/h)	COV (kgDQO/m <sup>3</sup> .d)	pH*			Temperatura*		
						EB	R <sub>mod</sub>	R <sub>conv</sub>	EB	R <sub>mod</sub>	R <sub>conv</sub>
Fase 1	148	7	49	0,70	1,6	7,22	6,67	6,80	22,6	21,5	21,0
Fase 2	185	7	49	0,70	1,6	7,10	6,81	6,78	26,3	23,8	24,3

\*Parâmetro medido em campo, entre 9 – 11 h (representa o valor médio para toda a fase).

**Fase 1 – Avaliação do controle físico da espuma (transporte hidráulico da espuma):** o controle da espuma foi avaliado com o reator Rmod operado com os orifícios do coletor de biogás de segundo estágio abertos, de forma a possibilitar que a espuma desagregada pelo fluxo saísse para o compartimento de decantação.

**Fase 2 – Avaliação do controle biológico da espuma (degradação anaeróbica da espuma):** o coletor de biogás de segundo estágio do reator Rmod, operou com os orifícios de saída da espuma do separador fechados, impedindo que a espuma saísse para o compartimento de decantação. Assim, toda espuma estaria disponível para degradação pelos microrganismos elevados do leito de lodo pelo coletor de biogás de primeiro estágio.

## Monitoramento

Em cada fase operacional a espuma foi coletada 3 vezes, no mesmo momento em que se realizava o descarte de lodo, de modo que não houvesse interferência do mesmo na acumulação de espuma. A Tabela 3 apresenta

os dias operacionais em que foram realizadas as coletas da espuma, os correspondentes tempos de acumulação, e a configuração operacional do reator R<sub>mod</sub>.

**Tabela 3 – Dia operacional de coleta da espuma e tempo de acumulação em cada fase operacional**

Fases	Dia operacional da coleta de espuma			Tempo de acumulação da espuma (d)			Configuração do reator	
	1º coleta	2º coleta	3º coleta	1º coleta	2º coleta	3º coleta	Orifícios no separador trifásico	
Fase 1	64	106	148	64	42	42	R <sub>mod</sub>	R <sub>conv</sub>
Fase 2	59	129	185	59	69	55	Sim	-
							Não	-

As espumas foram coletadas do interior do separador trifásico dos reatores através de uma calha posicionada no interior do separador (Figura 1). Para garantir a retirada de toda espuma, cada vez que o nível de esgoto atingia o nível da calha, o reator era completado com água, e novamente abria-se o registro de remoção da espuma. Esse procedimento era repetido para garantir a lavagem do separador e a completa remoção da espuma do separador. A espuma era então coletada em baldes, e posteriormente concentrada com auxílio de uma peneira (0,7 mm), para separar o material flutuante e medir o volume. As amostras de espuma foram previamente trituradas em um moinho de bolas (*Fritsch®/Planetary Ball Mill Pulverisette 5*), durante 15 minutos a 250 rotações por minuto, a fim de se homogeneizá-las para permitir a realização das análises laboratoriais. A espuma foi caracterizada em termos de ST, STV, DQO e volume acumulado retido na peneira.

Para a fase líquida, foram coletadas amostras compostas de 24 h (2 vezes por semana), por meio de uma bomba peristáltica acionada por um temporizador, a cada 1 h. As amostras foram acondicionadas em recipientes mantidos sob refrigeração a 4°C, até o momento da análise. Foram analisados, em média duas vezes por semana, os parâmetros DBO e DQO total, DBO e DQO filtrada, SST e SSV, do afluente e dos efluentes dos reatores, de acordo com os procedimentos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AWWA/APHA/WEF, 2005). O biogás produzido nos reatores foi medido por meio de gasômetros (Ritter®/0,5 L) instalados no aparato, durante o período de 24 h, e a produção de metano foi obtida a partir do teor de metano (% CH<sub>4</sub>) no biogás, determinado por análises cromatográficas (Cromatógrafo/Perkin-Elmer®/Autosystem XL GC), em média, duas vezes por semana.

### Análise estatística

Foram realizados testes estatísticos utilizando-se o software livre “Instat+ for Windows”. Os dados de espuma foram avaliados pela aplicação do teste não paramétrico U de Mann-Whitney, para  $\alpha = 10 \%$ , e, para os demais parâmetros (fase líquida e gasosa) foram aplicados o teste não paramétrico de T de Wilcoxon para  $\alpha = 5 \%$ .

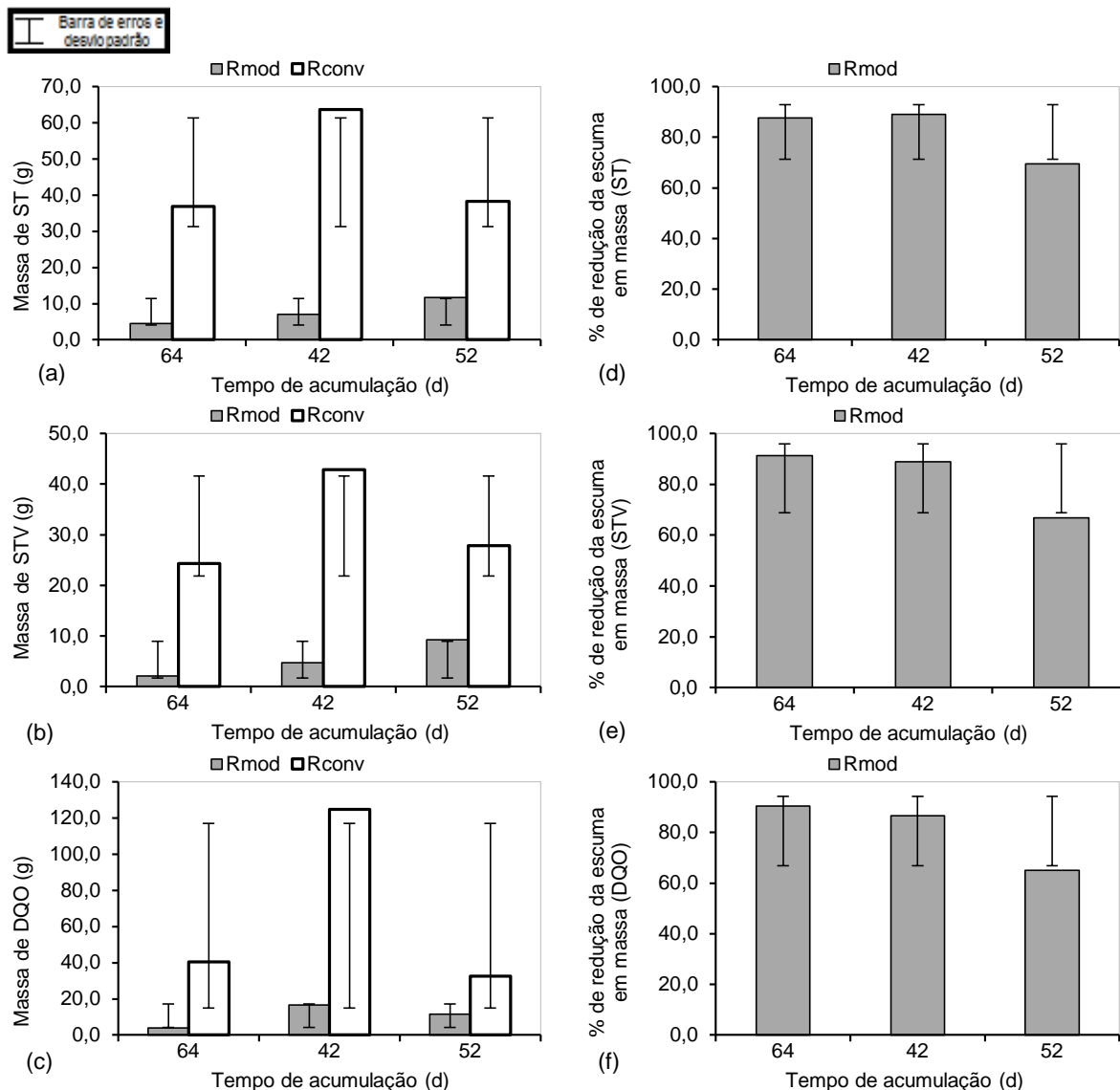
## RESULTADOS

### Remoção física da espuma

A Figura 2 apresenta os resultados de massa de espuma acumuladas nos dois reatores em termos de massa de ST, STV e DQO. Nas Figuras 2a, 2b e 2c é possível observar que as massas de espuma acumuladas no reator R<sub>mod</sub> foram, em 100% das amostras coletadas, muito inferiores às massas apresentadas na espuma do reator R<sub>conv</sub>. Em termos medianos, a massa acumulada no reator R<sub>mod</sub> foi de 7,0 gST, 4,8 gSTV e 11,5 gDQO, enquanto no reator R<sub>conv</sub> estes valores foram de 38,3 gST, 27,9 gSTV e 40,5 gDQO. Considerando a redução percentual na acumulação de espuma no reator R<sub>mod</sub> em relação ao reator R<sub>conv</sub>, o primeiro apresentou uma acumulação inferior ao segundo de cerca de 70 – 89 % para ST, 67 – 91 % para STV e 65 – 90 % para DQO. Assim, observou-se que a configuração do reator R<sub>mod</sub>, com orifícios de saída da espuma do separador, possibilitou um efetivo no controle da espuma na fase 1. Essas constatações foram corroboradas pela aplicação de testes não paramétricos (Mann-Whitney para  $\alpha = 10 \%$ ), que confirmaram a hipótese de que as diferenças entre as massas de espuma acumuladas nos dois reatores, nas condições operacionais da fase 1 (reator R<sub>mod</sub> operado com orifícios abertos), foram significativas.

Vale ressaltar que estudos hidrodinâmicos realizados no reator R<sub>mod</sub> (resultados não apresentados) revelaram que o percentual do fluxo que chega ao separador trifásico, por meio do coletor de biogás de 1º estágio, é de cerca de 30 % do fluxo total do esgoto. Desta forma, é possível pensar que, caso um maior percentual do fluxo possa chegar ao interior do separador trifásico (coletor de biogás de 2º estágio), o controle da espuma poderia

ser ainda mais efetivo, o que precisa ser investigado. Por outro lado, na configuração original do reator UASB, conforme demonstrado por Peña *et al.* (2006), o interior do separador trifásico se comporta com uma zona estagnada do reator (devido à ausência do fluxo líquido), condição permite que os constituintes da espuma se acumulem e se agreguem ao longo do tempo.

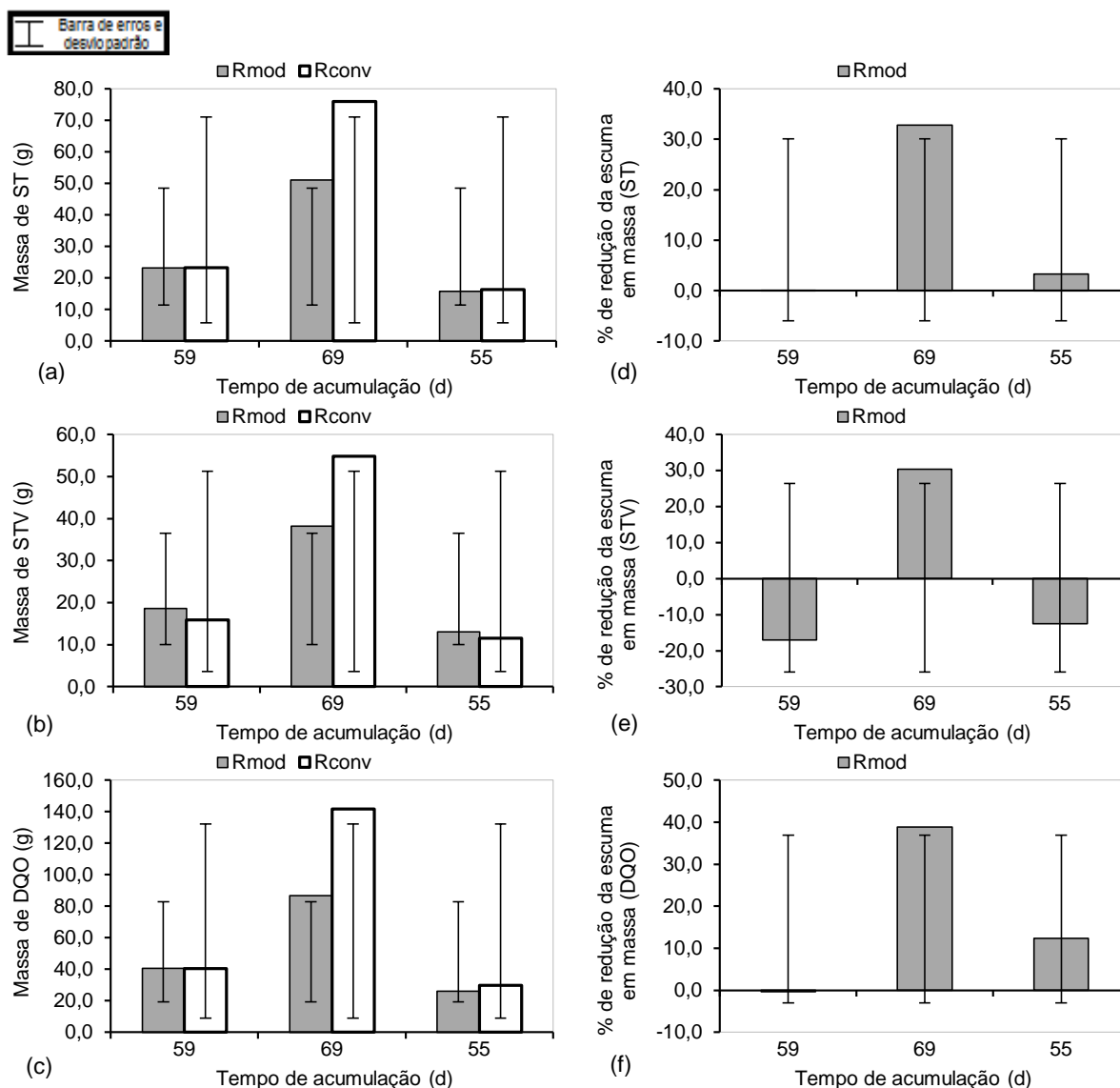


**Figura 2 – Massa de espuma acumulada nos reatores (com barra de erros e desvio padrão): ST (a), STV (b) e DQO (c); % de redução da massa de espuma acumulada no reator Rmod em relação ao reator Rconv: ST (d), STV (e) e DQO (f) – FASE 1.**

### Remoção biológica da espuma

O estudo da degradação biológica da espuma no separador trifásico, pela elevação de biomassa do leito, partiu da constatação de que a espuma é passível de tratamento, devido à sua biodegradabilidade anaeróbia, observada nos estudos realizados por Souza (2006) em laboratório. Isso porque a degradação da espuma no próprio volume do reator representaria um importante ganho operacional, uma vez que não seriam necessárias atividades de remoção, transporte e tratamento da espuma. Os resultados apresentados nas Figuras 3a a 3f indicaram, porém, que o fechamento dos orifícios não foi benéfico ao controle da espuma no separador, e que a degradação desejada da espuma no separador parece não ter ocorrido. Nessa fase, os resultados medianos das massas acumuladas foram de 23,18 gST, 18,58 gSTV e 40,55 gDQO, no reator  $R_{mod}$ , e de 23,21 gST, 15,88 gSTV e 40,43 gDQO, no reator  $R_{conv}$ , indicando um comportamento similar entre os dois reatores. Com relação à redução percentual das massas de ST, STV e DQO (Figuras 3.d, 3.e e 3.f), os valores negativos indicam que a massa, em alguns casos, foi superior no reator  $R_{mod}$  em relação ao reator  $R_{conv}$ . Essas observações foram corroboradas pelos testes não paramétricos (Mann-Whitney para  $\alpha = 10\%$ ), que

confirmaram que não houve diferença significativa entre as massas de espuma acumuladas nos dois reatores, nas condições operacionais da fase 2 (reator  $R_{mod}$  operado com orifícios fechados).

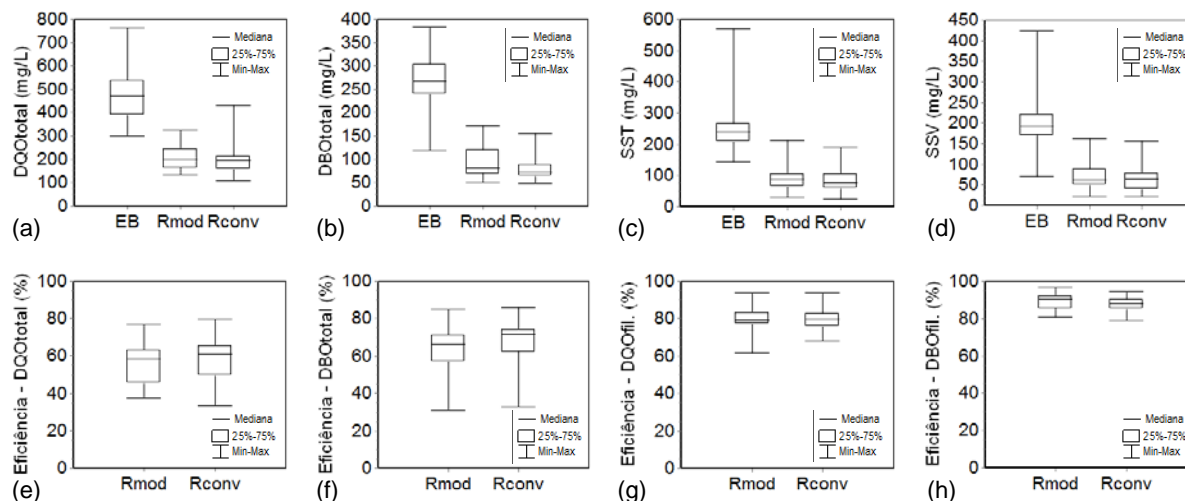


**Figura 3 – Massa de espuma acumulada nos reatores (com barra de erros e desvio padrão): ST (a), STV (b) e DQO (c); % de redução da massa de espuma acumulada no reator  $R_{mod}$  em relação ao reator  $R_{conv}$ : ST (d), STV (e) e DQO (f) – FASE 2**

### Remoção de matéria orgânica

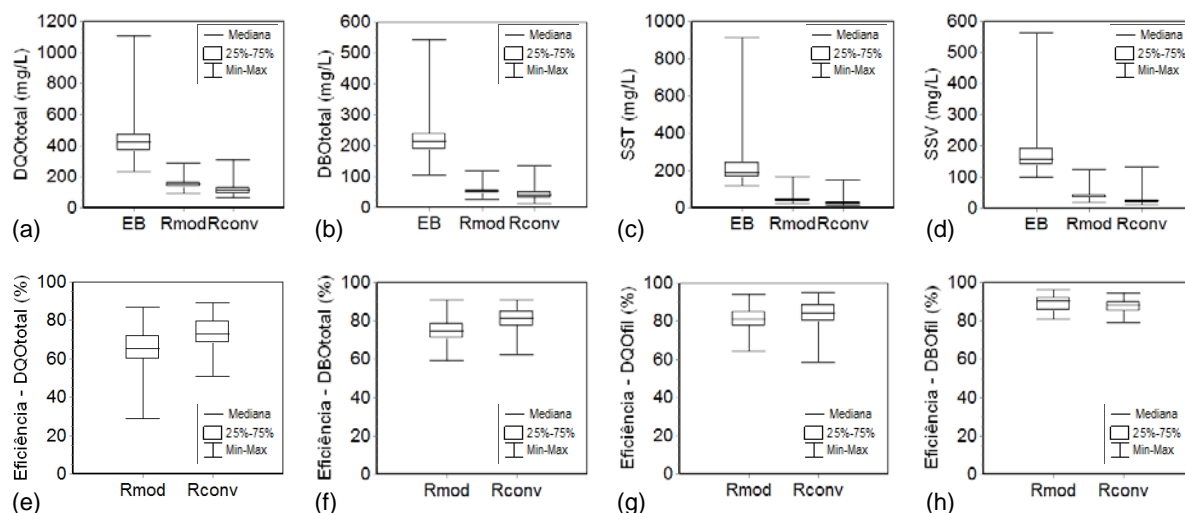
Os gráficos Box-plot das Figuras 4a a 4h revelam que o desempenho na remoção de matéria orgânica foi similar entre os dois reatores na fase 1, todavia com as concentrações efluentes no reator  $R_{mod}$  se apresentando um pouco mais elevadas no caso dos parâmetros DQOtotal, DBOtotal, SST e SSV. Para esses parâmetros (Figuras 4a a 4d), os valores medianos das concentrações efluentes foram respectivamente de 198 mg/L, 81 mg/L, 86 mg/L e 62 mg/L, no reator  $R_{mod}$ , e de 189 mg/L e 72 mg/L, 75 mg/L e 65 mg/L, no reator  $R_{conv}$ . No entanto, a aplicação de testes estatísticos constatou diferenças significativas entre os dois reatores (Wilcoxon para  $\alpha = 5\%$ ) apenas no caso da DQO e DBO total. Em termos de eficiência, os valores medianos de remoção de DQO e DBOtotal (Figuras 4e e 4f) foram respectivamente de 58,3 % e 66,2 % no reator  $R_{mod}$ , e de 61,3 % e 71,6 % no  $R_{conv}$ , havendo diferença estatística, tal como no caso das concentrações efluentes. Considerando as eficiências na conversão biológica, medidas pelos parâmetros DQOfiltrada e DBOfiltrada efluentes, o desempenho dos reatores foi similar, não havendo diferença estatística entre os mesmos. No reator  $R_{mod}$  as eficiências de remoção de DQO e DBO filtrada foram respectivamente de 79,2 % e 90,4 % e no reator  $R_{conv}$  essas eficiências foram 79,9 % e 88,4 % (Figuras 4g e 4h). Esses resultados demonstram que a diferença no desempenho dos reatores esteve associada à retenção da fração particulada da DBO e DQO

efluente, uma vez que a conversão biológica foi similar. Tal fato, provavelmente, está associado à elevação de sólidos do leito, pelo coletor de biogás de primeiro estágio, uma vez que a liberação da espuma ocasiona um impacto ínfimo (da ordem de 1%) na qualidade do efluente (SOUZA, 2006).



**Figura 4 – Gráficos Box-plot das concentrações efluentes: DQOtotal (a), DBOtotal (b), SST (c), SSV (d); e eficiências de remoção: DQOtotal (e), DBO total (f), DQOfil. (g) e DBOfil. (h) na FASE 1.**

Na fase 2, o comportamento do reator Rmod na remoção de matéria orgânica não se alterou em razão do fechamento dos orifícios do coletor de biogás de segundo estágio (Figuras 5a a 5h), o que eventualmente poderia ter minimizado a perda de sólidos no efluente. No entanto, as concentrações efluentes dos parâmetros DQOtotal, DBOtotal, SST e SSV no reator Rmod estiveram mais distantes dos valores observados no reator Rconv. Em termos medianos, para cada um desses parâmetros, as concentrações foram de 151 mgDQO/L, 53 mgDBO/L, 45 mgSST/L e 39 mgSSV/L, no reator R<sub>mod</sub>, e 116 mgDQO/L, 40 mgDBO/L, 29 mgSST/L e 25 mgSSV/L, no reator R<sub>conv</sub>. Essa maior diferença observada entre os reatores pode estar associada às maiores temperaturas operacionais ocorridas nesta fase, que podem ter propiciado uma redução na viscosidade do lodo, e favorecido o mecanismo de elevação da biomassa, ocasionando a maior perda de sólidos no efluente.

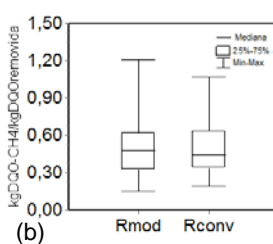
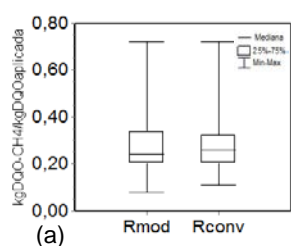


**Figura 5 – Gráficos Box-plot das concentrações efluentes: DQOtotal (a), DBOtotal (b), SST (c), SSV (d); e eficiências de remoção: DQOtotal (e), DBO total (f), DQOfil. (g) e DBOfil. (h) na FASE 2.**

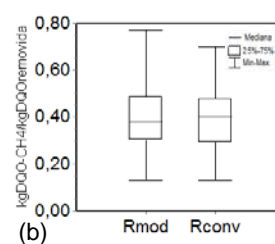
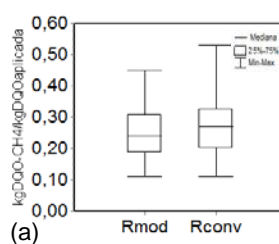
### Produção de Metano

Embora os resultados das concentrações dos parâmetros físico-químicos dos efluentes dos reatores tenham indicado que a remoção de matéria orgânica foi menor no reator Rmod, em razão da maior perda de sólidos no

efluente, a produção de metano foi bastante similar entre os dois reatores (Figuras 6 e 7). Na fase 1 não foram observadas diferenças estatísticas e, os valores medianos da produção de metano nos reatores Rmod e Rconv foram respectivamente de 0,24 e 0,26 kgDQO-CH<sub>4</sub>/kgDQO<sub>aplicada</sub> e 0,48 e 0,44 kgDQO-CH<sub>4</sub>/kgDQO<sub>removida</sub> (Figura 6a e 6b). Na fase 2, esses resultados foram de 0,24 e 0,27 kgDQO-CH<sub>4</sub>/kgDQO<sub>aplicada</sub> e de 0,38 e 0,40 kgDQO-CH<sub>4</sub>/kgDQO<sub>removida</sub>, respectivamente nos reatores Rmod e Rconv (Figura 7a e 7b), havendo diferença estatística apenas no caso da produção de metano medida em relação à DQO<sub>aplicada</sub>. Por outro lado, como a massas de sólidos nos reatores não apresentaram diferença estatística (resultados não apresentados), os sólidos que não foram perdidos no efluente do reator Rconv (e que foram perdidos no caso do reator Rmod) só podem ter sido convertidos a metano, pois, caso contrário, a massa de sólidos no reator Rconv seria maior. Assim, a única explicação para que a produção de metano no reator Rmod fosse similar à produção observada no reator Rconv, seria devido ao maior desprendimento do metano dissolvido da fase líquida para fase gasosa, no caso do reator Rmod. Essa hipótese foi confirmada por Souza (2010), que conduziu experimentos paralelos ao presente trabalho, e verificou que o percentual de metano dissolvido no efluente do reator Rconv foi 10% maior que no reator Rmod. Neste caso, a agitação promovida no interior do coletor de biogás de 2º estágio (separador trifásico) pode trazer, além do benefício do controle da espuma, a maior recuperação de metano.



**Figura 6 – Gráficos Box-plot da produção de metano em kgDQO-CH<sub>4</sub>/kgDQO<sub>aplicada</sub> (a); e kgDQO-CH<sub>4</sub>/kgDQO<sub>removida</sub> (b), na FASE 1**



**Figura 7 – Gráficos Box-plot da produção de metano em kgDQO-CH<sub>4</sub>/kgDQO<sub>aplicada</sub> (a); e kgDQO-CH<sub>4</sub>/kgDQO<sub>removida</sub> (b), na FASE 2**

## CONCLUSÕES

Os resultados apresentados pelo reator modificado (Rmod) quando operado com orifícios abertos, confirmam ocorrência de um efetivo controle da espuma no separador. Para essa configuração foram verificadas reduções na massa de espuma acumulada superiores a 70 %, 67 % e 65 %, em termos de ST, STV e DQO, respectivamente. Por outro lado, quando operado com os orifícios fechados, a ocorrência do mecanismo de degradação biológica não foi verificada. Em termos da remoção de matéria orgânica, o reator modificado apresentou uma perda de sólidos ligeiramente superior ao reator convencional, mas, a quantidade de metano produzida em ambos os reatores foi muito similar, sugerindo que o reator modificado tenha propiciado uma maior recuperação de metano dissolvido do efluente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte concedido pela FAPEMIG, pelo CNPq e pela COPASA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWW, WEF Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 21st. Edition. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
2. CHERNICHARO, C. A. L.; ALMEIDA, P. G. S.; COUTO T. C.; SOUZA, C. L.; BORGES, J. M. Contribuição para a melhoria do projeto e da operação de reatores UASB tratando esgotos domésticos: gerenciamento da espuma. XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Anais. Recife PE. 2009.
3. LETTINGA, G., HULSHOFF POL, L.W. UASB - Process design for various types of wastewaters. Water Science Technology, 24/8, 87-107, 1991.
4. MIKI, M. K. Dilemas do UASB. Seção: “Práticas operacionais e de Empreendimento”. Revista DAE, n.183, p. 25-37, 2010.

5. PEÑA, M. R., MARA, D. D., AVELLA, G. P. Dispersion and treatment performance analysis of an UASB reactor under different hydraulic loading rates. *Water Research*, v.40, p. 445-452, 2006.
6. SOUZA, C.L. Estudo quantitativo e qualitativo de espuma acumulada em reatores UASB tratando esgotos domésticos. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.
7. SOUZA, C.L. Estudo das rotas de formação, transporte e consumo dos gases metano e sulfeto de hidrogênio resultantes do tratamento de esgoto doméstico em reatores UASB. Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
8. VAN LIER, J.B.; VASHI, A.; VAN DER LUBBE, J.; HEFFERNAN, B. Anaerobic sewage treatment using UASB reactors: Engineering and operational aspects. In: Fang, H.H.P. (Editor) *Environmental anaerobic technology: applications and new developments*; Imperial College Press -London-UK. p 59-87, 2011.