

## II-035 - APLICAÇÃO DE UMA INOVADORA CONFIGURAÇÃO DE REATOR UASB AO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO OBJETIVANDO O CONTROLE DA ESCUMA

**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).

**Lorranna Rust Raposo**

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São João del-Rei UFSJ, Campus Alto Paraopeba (CAP/UFSJ). Bolsista de Iniciação Tecnológica do Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPq).

**Augusto Facchini Rodrigues**

Graduando em Engenharia de Bioprocessos da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba (CAP/UFSJ).

**Wellington Douglas Silva Aguiar**

Graduando em Engenharia de Civil pela Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba (CAP/UFSJ).

**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 reator UASB constitui a primeira alternativa de projeto de estações de tratamento de esgoto no Brasil devido aos seus baixos custos de implantação, operação e manutenção, além do baixo consumo de energia. Um dos maiores problemas na concepção UASB, entretanto, é a formação de espuma - camada composta por material flutuante como óleos e graxas - no interior do separador trifásico, que ocasiona uma série de problemas, até mesmo o colapso da estrutura. Objetivando contribuir para redução do subproduto gerado e os seus inconvenientes, o presente trabalho propôs modificações no projeto do separador trifásico do reator UASB. Tais modificações foram avaliadas em reatores UASB em escala semidemonstração, dois reatores, um convencional e outro modificado, foram operados tratando de esgoto doméstico e avaliados quanto ao acúmulo de espuma. Os resultados demonstraram uma satisfatória redução na formação de espuma no reator modificado, quando comparado ao convencional, com uma redução em massa (ST) de 50% e de até 93% na espessura da camada. Esses resultados promissores indicam que as modificações testadas na configuração proposta, representam um importante caminho no equacionamento de um dos principais problemas dos reatores UASB tratando esgoto doméstico no estado da técnica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reator UASB, nova configuração, tratamento anaeróbio, espuma, esgoto doméstico.

### INTRODUÇÃO

Os reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) constituem a primeira alternativa de projeto de estações de tratamento de esgoto no Brasil devido aos seus baixos custos de implantação, operação e manutenção, além do baixo consumo de energia e baixa demanda de área. No entanto, a configuração tem passado por um período de questionamentos, em virtude dos problemas que foram observados ao longo dos anos de sua aplicação, principalmente, a perda de sólidos no efluente, a perda de gases dissolvidos no efluente e o acúmulo de espuma no separador trifásico.

Tais problemas podem ser associados à rápida difusão de uma da tecnologia, originalmente desenvolvida para tratamento de efluentes industriais solúveis, sem que modificações significativas no projeto do reator, que levassem em conta as características dos esgotos domésticos, fossem incorporadas. Embora existam no estado da técnica concepções diferenciadas de reator UASB, ainda hoje é a versão original do reator UASB que apresenta maior aplicabilidade (FORESTI *et al.*, 2006). A pesar disso, desde a sua concepção inicial, o reator

UASB apresentou dificuldades no tratamento de efluentes complexos, que apresentam grande parte da DQO na forma particulada como os esgotos domésticos. Por essas razões no meio técnico há o entendimento que mudanças no projeto do reator são extremamente necessárias.

No que diz respeito ao problema técnico da espuma poucos avanços foram observados. A espuma é um subproduto sólido do tratamento, composta de materiais flutuantes presentes no esgoto, como óleos, graxas, cabelo, casca de frutas, plásticos, etc, que podem se acumular na superfície da região de decantação e na interface de separação gás-líquido (Figura 1a). A espuma acumulada no interior do separador trifásico (Figura 1b) impede a liberação do biogás da fase líquida, ocasionando seu escape para área de decantação, que prejudica a sedimentação do lodo nessa região, além de propiciar a liberação descontrolada de gases para atmosfera, como o  $\text{CH}_4$  (um gás de efeito estufa e que pode ser utilizado como combustível) e  $\text{H}_2\text{S}$  (gás odorante e tóxico) (LETTINGA & HULSHOFF POL, 1991; SOUZA, 2006; MIKI, 2010. VAN LIER *et al.*, 2011; PEREIRA, 2012). De acordo com Miki (2010), caso uma grossa camada de espuma se acumule e o biogás não seja liberado, pode haver até mesmo a ruptura da coifa por torção, quando o biogás acumulado sob a espuma conseguir vencer a grossa camada, devido à subpressão no interior do separador (Figura 1c).



**Figura 1 – (a) Regiões de acumulação de espuma em reatores UASB. (b) espuma acumulada no separador trifásico vista de uma escotilha de inspeção; (c) coifa rompida por torção ETE-Piçarrão-SP.**

Os avanços tecnológicos observados para o controle da espuma dizem respeito à melhoria do dispositivo de remoção de espuma do interior do separador trifásico, como o emprego de calhas e tubulação coletora, em substituição ao uso de caminhão limpa-fossa, e o aprimoramento do processo de remoção hidrostática da espuma, e a inserção de enzimas que acelerem a degradação dos compostos lipídicos da espuma (CHERNICHARO *et al.*, 2009; ROSA, *et al.*, 2013, SANTOS & CHERNICHARO, 2013). Apesar disso, a melhor solução técnica, ainda que não tenha sido desenvolvida, é impedir que a espuma se acumule no separador.

Neste sentido, o presente projeto avaliou o desempenho de uma inovadora configuração de reator UASB (reator modificado), concebida com o objetivo de impedir o acúmulo da espuma no separador. Para tanto, o reator modificado apresenta um novo modelo de separador de fases, no qual o esgoto passa em grande parte pela sua parte interna e arrasta a espuma para a região de decantação, e em seguida para o efluente final.

## MATERIAIS E MÉTODOS

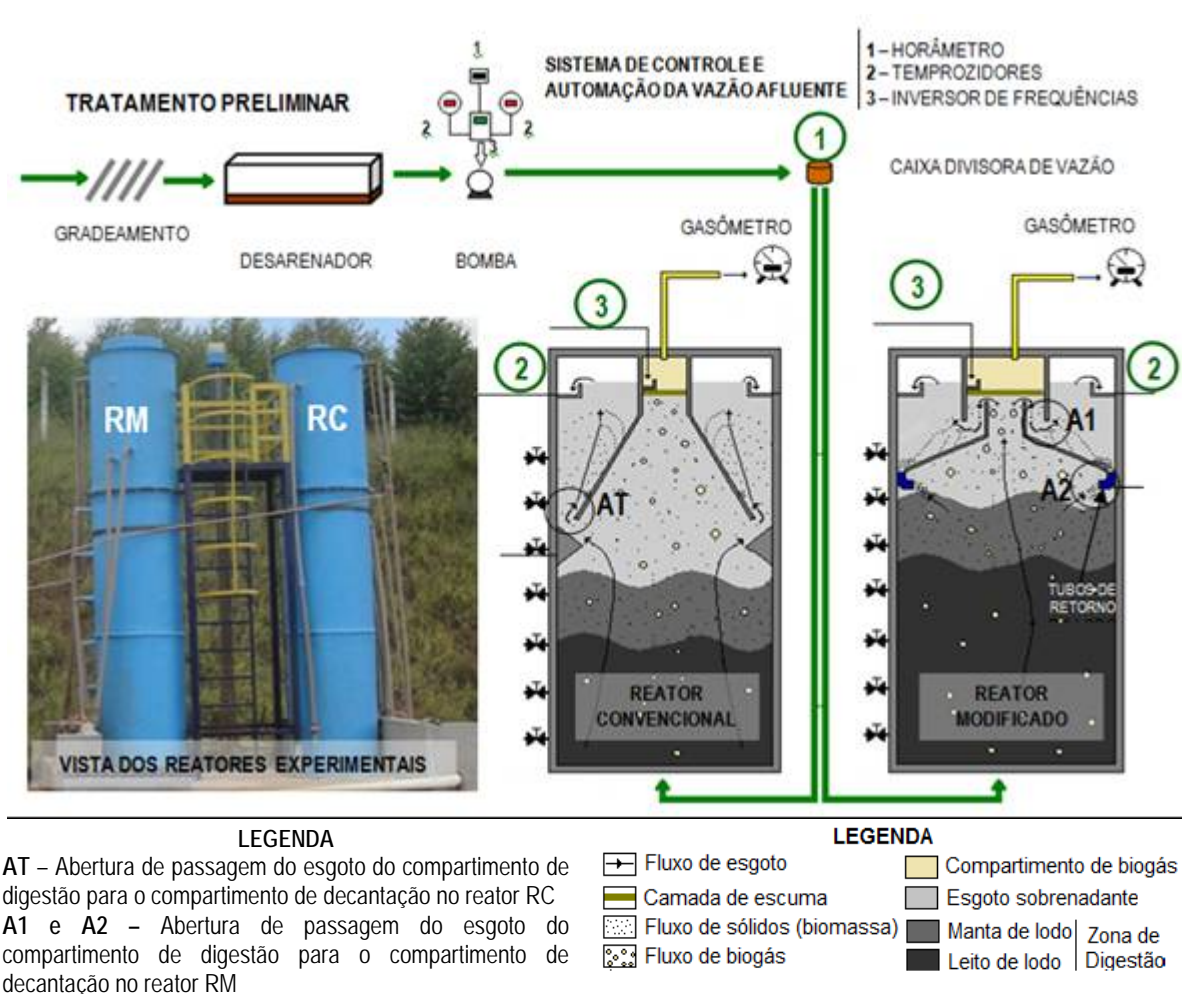
### Aparato experimental

O trabalho foi realizado em uma Estação de Tratamento de Esgoto, onde foram instalados dois reatores UASB em escala semidemonstração, sendo um deles, um reator UASB convencional (Reator Controle - RC), e o outro, o reator modificado (Reator Modificado - RM), construídos em fibra de vidro com volume total de 3,65  $\text{m}^3$  e demais características apresentadas na Tabela 1. Após passar pelo tratamento preliminar, composto de grades e desarenador (equipamento desativado no início do projeto), uma parcela do esgoto bruto era bombeada para uma caixa divisora de vazão (ponto de amostragem de esgoto bruto - Ponto 1) que tem como finalidade equidistribuir o esgoto para os reatores. O efluente final era coletado na saída de cada reator (Ponto 2). A espuma, por sua vez era coletada do separador trifásico com o auxílio de um tubo coletor. A Figura 2

apresenta o aparato experimental em maiores detalhes, destacando o projeto diferenciado do separador trifásico do reator RM, os pontos de coletas das amostras (1, 2 e 3) e uma vista dos reatores experimentais.

**Tabela 1: Características dos reatores experimentais**

Parâmetros	Dimensões adotadas nos Reatores	
	RM	RC
Material	Fibra de vidro	Fibra de vidro
Altura útil total (m)	4,65	4,65
Diâmetro da seção transversal (m)	1,00	1,00
Volume (m <sup>3</sup> )	3,65	3,65
Área do separador trifásico (m <sup>2</sup> )	0,385	0,049
Profundidade do decantador	1,00 m	1,46 m
Inclinação da coifa	45°	70°



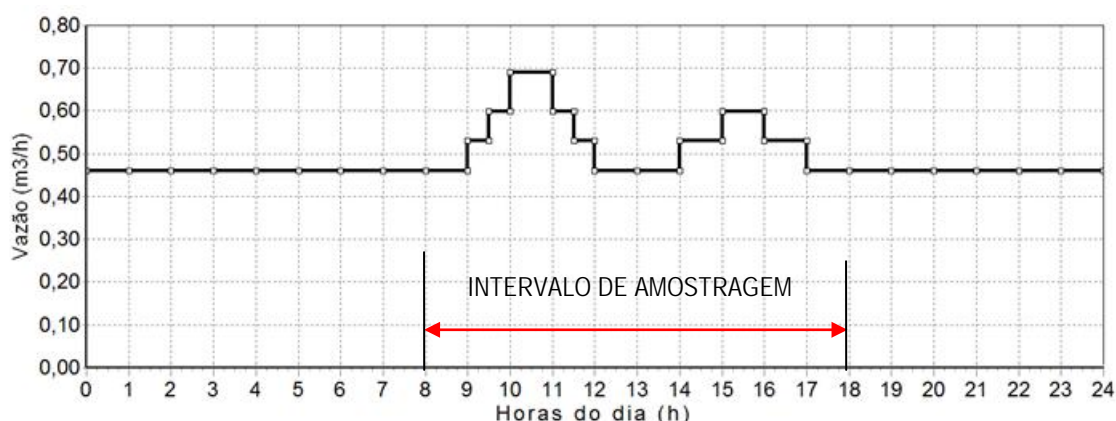
**Figura 2 – Detalhamento da instalação experimental: 1- Ponto de amostragem do esgoto bruto; 2 – Ponto de amostragem do efluente final de cada reator; 3 – ponto de coleta da espuma do separador trifásico de cada reator.**

O reator modificado apresenta duas áreas de passagem para o decantador, denominadas A2: passagem da zona de decantação para o decantador, confeccionada com 18 segmentos de tubos de 50 mm (joelhos), como alternativa ao uso dos defletores de gases; e a A1: passagem do interior do separador para o decantador (Figura 2). O reator modificado possui também uma maior área do compartimento de biogás comparado ao reator convencional. Tal fato foi devido à necessidade de se reduzir as velocidades na abertura de passagem para o decantador, no reator RM, com objetivo de melhorar à retenção de sólidos, que é foco de outro projeto

desenvolvido paralelamente a este. Embora, a literatura não recomenda que essas áreas sejam elevadas, pois, taxa de desprendimento do biogás precisa ser elevada para que o mesmo vença o selo de espuma - no mínimo  $1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  (SOUZA, 1986).

### Condições operacionais dos reatores experimentais

Os reatores foram operados diariamente conforme o hidrograma de vazão afluyente apresentado na Figura 3. Para tanto, foram instalados 2 temporizadores e 1 inversor de frequências que permitiram a execução das variações de vazões afluentes aos reatores, de forma a simular um hidrograma típico de uma estação de tratamento de esgotos. Sobre esse aspecto, vale ressaltar que esse sistema reveste-se de grande relevância, uma vez que a grande maioria das pesquisas realizadas na área utiliza um valor de vazão constante, o que não ocorre na prática em estações de tratamento de esgoto em escala real. Os acréscimos na vazão corresponderam a 1,15 (0,53  $\text{m}^3/\text{h}$ ), 1,30 (0,60  $\text{m}^3/\text{h}$ ) e 1,50 (0,69  $\text{m}^3/\text{h}$ ) da vazão média de projeto dos reatores (0,46  $\text{m}^3/\text{h}$ ).



**Figura 3 – Hidrograma do esgoto bruto afluyente aos reatores durante a operação.**

Foi instalado ainda de um horômetro que permitiu a quantificação do número de horas de operação dos reatores no intervalo de 24 h. Tal equipamento se fez necessário, pois o sistema de esgotos de do município apresenta 3 estações elevatórias, de maneira que durante a madrugada (entre 3 e 6 da manhã) é comum que não haja vazão afluyente à ETE. A Tabela 2 apresenta um resumo dos principais parâmetros de projeto e operação dos reatores experimentais.

**Tabela 2: Parâmetros de dimensionamento adotados nos reatores UASB.**

REATOR	RM	RC
$Q_{MÉDIA}$ (Vazão média)	0,46 $\text{m}^3/\text{h}$	0,46 $\text{m}^3/\text{h}$
$Q_{MÁXIMA}$ (Vazão máxima)	0,68 $\text{m}^3/\text{h}$	0,68 $\text{m}^3/\text{h}$
TDH (Tempo de Detenção Hidráulica para vazão média)	8,00 h	8,00 h
TDH* (Tempo de Detenção Hidráulica para vazão máxima)	5,33 h	5,33 h
Vasc (Velocidade ascensional para vazão média)	0,58 m/h	0,58 m/h
Vasc* (Velocidade ascensional para vazão máxima)	0,87 m/h	0,87 m/h
U (Velocidade na abertura para o decantador para vazão média)	A2 = 0,15 m/h; A1 = 1,57 m/h	2,11 m/h
U* (Velocidade na abertura para o decantador para vazão máxima)	A2 = 0,21 m/h ; A1 = 2,21 m/h	3,17 m/h
DECANTADOR	RM	RC
TAS (Vazão média)	1,15 m/h	0,63 $\text{m}^3/\text{h}$
TAS (Vazão máxima)	1,72 m/h	0,94 $\text{m}^3/\text{h}$
TDH (Tempo de Detenção Hidráulica para vazão média)	0,75h	1,75 h
TDH* (Tempo de Detenção Hidráulica para vazão máxima)	0,50 h	1,24 h



### Parâmetros de monitoramento em campo

Em campo, foram coletadas amostras compostas do esgoto bruto e do efluente tratado durante o intervalo de 10 horas (entre o período de 8:00 horas as 18:00 horas), manualmente, a cada hora, com frequência de duas vezes na semana. Durante o intervalo de amostragem, de cada alíquota coletada para a amostra composta, foram medidos o pH e a temperatura. As amostras coletadas foram conservadas em geladeira e posteriormente levadas ao laboratório utilizando um isopor com gelo, preservando assim as amostras à 4°C até o momento da análise.

O monitoramento da espuma foi realizado coletando-se toda espuma acumulada no separador trifásico de ambos os reatores entre dois instantes de tempos sucessivos. Depois de retirada com auxílio de baldes, a espuma era separada do efluente líquido utilizando uma peneira de 2 mm, posteriormente, o efluente era novamente peneirado para garantir a separação da espuma ainda remanescente. A espuma coletada era colocada em um béquer para medição do seu volume e logo após a amostra era conservada em refrigeração.

A produção de biogás foi medida em campo no intervalo de 24 h por meio de gasômetros (LAO/G1) precedidos de sistema purificação para remoção do H<sub>2</sub>S. A produção de metano foi obtida, considerando-se um percentual de 70% de metano no biogás. Finalmente, o controle da vazão aplicada aos reatores foi realizado medindo-se as vazões semanalmente (para fins de verificação, e eventuais manutenções ou correções no inversor de frequências), antes de cada dia de amostragem. O número de horas trabalhadas foi medida em um horômetro.

### Análises laboratoriais

Em laboratório, as amostras dos efluentes foram analisadas para avaliação da remoção de matéria orgânica, segundo Standard Methods of Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), em termos dos parâmetros DQO, DQOfiltrada, SST, SSV e Sólidos Sedimentáveis. A espuma foi analisada pelos parâmetros ST, STV e DQO. Para permitir a realização das análises laboratoriais, as amostras eram previamente trituradas em um moinho de bolas planetário (Retsch – PM 100), durante 20 minutos em uma rotação de 500 rpm e intervalos de pausa a cada 5 minutos com uma duração de 1 minuto.

## RESULTADOS

### Dados gerais da operação

Os valores médios do pH e da temperatura no decorrer do projeto podem ser observados na Tabela 3. O primeiro encontra-se no intervalo comumente observado em reatores UASB tratando esgoto doméstico entre 6,5 a 8,0. Já a temperatura, se manteve praticamente constante para o esgoto bruto e para os efluentes dos reatores, variando entre 20 e 28 °C. Os valores de sólidos sedimentáveis para o esgoto bruto foram em média de 9,5 mL/L e de 0,8 mL/L, no reator modificado, e de 1,1 no reator convencional, ressaltando que o padrão de lançamento é de 1,0 mL/L (COPAM/CERH-MG nº 01, 2008).

**Tabela 3: pH, temperatura e sólidos sedimentáveis do Esgoto Bruto e dos efluentes dos reatores RM e RC.**

Parâmetro	Esgoto Bruto					
	n	$\bar{X}$	Med	Min.	Máx.	Sx
Temperatura (°C)	34	23,4	23,1	20,7	27,1	1,6
pH	34	7,13	7,14	6,66	7,51	0,15
Tempo de funcionamento	27	18,14	18,87	0,88	24,00	5,7
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	29	9,5	8	0,2	31	6,8
Parâmetro	Reator Modificado					
	n	$\bar{X}$	Med	Min.	Máx.	Sx
Temperatura (°C)*	34	23,1	22,9	19,8	27,7	1,8
pH*	34	6,95	6,93	6,71	7,37	0,15
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	29	0,8	0,3	<0,1	6	1,4
Parâmetro	Reator Convencional					
	n	$\bar{X}$	Med	Min.	Máx.	Sx
Temperatura (°C)	34	23,3	23,1	20,2	28,2	1,8
pH	34	6,93	6,92	6,62	7,37	0,15
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	29	1,1	<0,1	<0,1	8,5	2,1

## Desempenho dos reatores na remoção de matéria orgânica

### DQO

De acordo com a Figura 4, observa-se que o esgoto bruto afluente à ETE-Ouro Branco, tem características de um esgoto concentrado (esgoto forte), já que as concentrações de DQO observadas foram superiores aos valores típicos de 600 mg/L variando na faixa de 621 – 1166 mg/L, com valor médio de 881 mg/L. Com relação à qualidade dos efluentes dos reatores UASB, observa-se um período de fase lag (entre a partida e o 49º dia operacional), quando os reatores responderam de maneira aleatória às variações da DQO do esgoto bruto.

Após esse período, a mediana de DQO efluente total no reator modificado foi de 287 mg/L e 306 mg/L no reator convencional, enquanto que as eficiência medianas de remoção da matéria orgânica foram similares, sendo de 64% no reator modificado e 62% no convencional, com uma tendência de estabilização próxima a 75% em ambos (Figura 5). No caso da conversão biológica (Figuras 6 e 7), as eficiências medianas foram de 87% nos dois reatores, e os valores de DQOfiltrada foram de 112 e 107mg/L, respectivamente nos reatores RM e RC. Esses resultados indicam que o reator modificado teve um desempenho semelhante ao convencional, o que significa que as modificações não ocasionaram perda de desempenho na remoção de matéria orgânica.

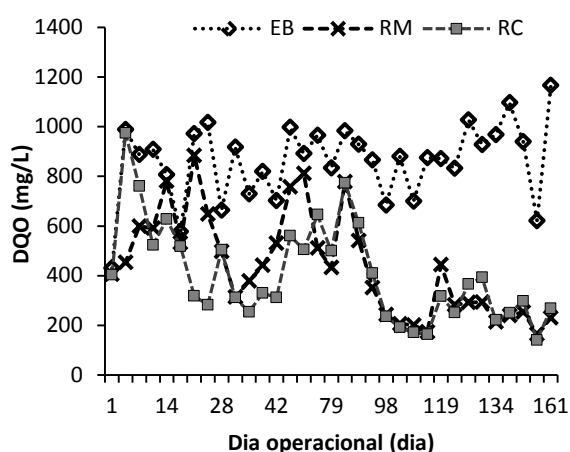


Figura 4 – Série temporal de DQO total do esgoto bruto e dos efluentes dos reatores RM e RC.

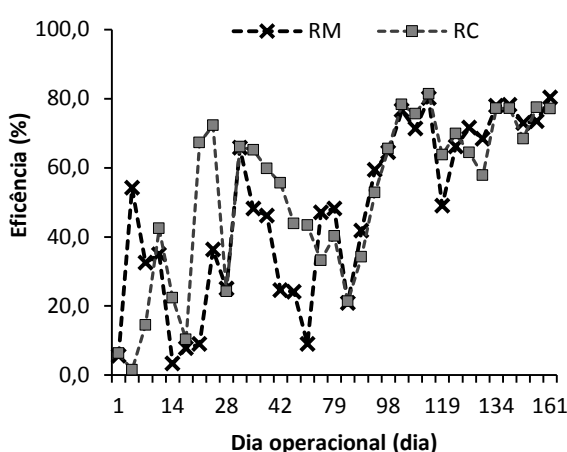


Figura 5 – Série temporal de eficiência dos efluentes dos reatores RM e RC.

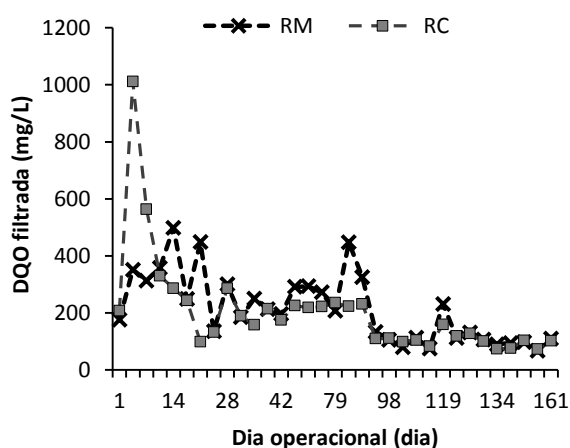


Figura 6 – Série temporal de DQOfiltrada dos efluentes dos reatores RM e RC.

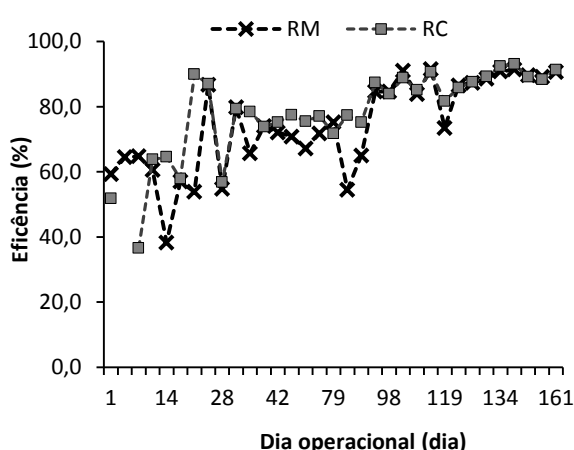


Figura 7 – Série temporal da eficiência biológica dos reatores RM e RC.

## SST e SSV

Os resultados de sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) estão representados nas Figuras 8 e 9. Os valores medianos de SST e SSV do esgoto bruto e dos efluentes dos reatores após o período de adaptação foram respectivamente de 436, 107 e 107 mgSST/L e 356, 74 e 76 mgSSV/L. Esses resultados indicam um comportamento similar dos reatores, tal como foi observado nos resultados de DQO, o que novamente revela que as modificações do novo modelo de utilidade não comprometeram o seu desempenho frente ao reator UASB convencional, cabendo ressaltar que seus parâmetros de projeto extrapolam os limites de projeto da zona de decantação de um reator UASB convencional, corroborando a confiabilidade do desempenho do reator modificado.

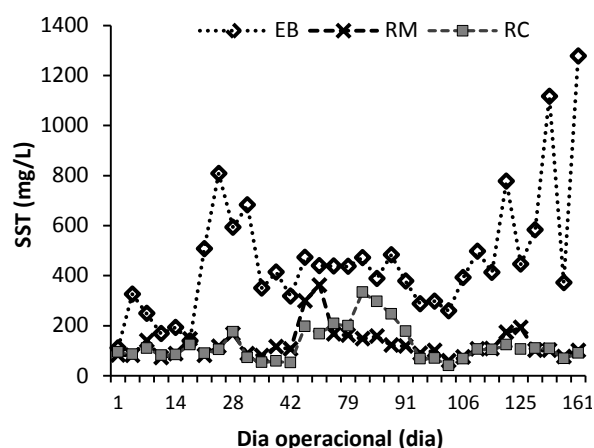


Figura 8 – Série temporal de SST do esgoto bruto e dos efluentes dos reatores RM e RC.

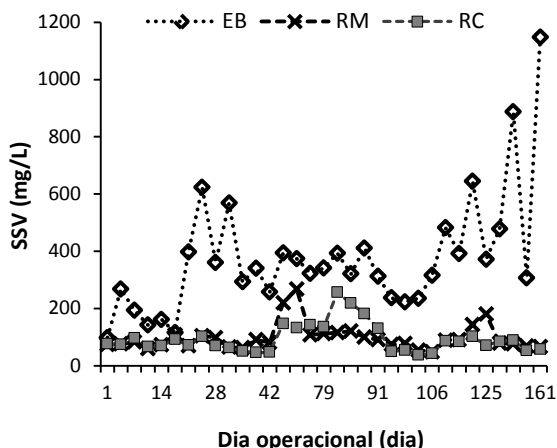


Figura 9 – Série temporal de SSV do esgoto bruto e dos efluentes dos reatores RM e RC.

## Produção de biogás e metano

Após o 105º dia operacional, foram adquiridos 2 gasômetros que possibilitaram a medição da produção de biogás, e a avaliação completa da remoção de matéria orgânica, já que o metabolismo dos microrganismos anaeróbios consiste em converter a matéria orgânica do esgoto a metano (cerca de 70 % da carga orgânica removida pelo reator). De acordo com a Figura 10, observa-se que a produção de metano no reator modificado (em m<sup>3</sup>/dia.m<sup>3</sup> de reator) foi maior, em um fator de 32%, comparado ao reator convencional, porém, de forma mais nítida apenas após o 139º dia operacional. A explicação para essas diferenças, considerando o desempenho similar na remoção de DQO total e DQOfiltrada, pode estar associada à facilidade que o gás pode ter encontrado em função na menor acumulação de espuma como será mostrado no item seguinte.

Sobre a liberação do biogás da fase líquida, a Figura 11 apresenta os resultados observados nos dois reatores. No caso do reator modificado, em função das maiores dimensões do separador, a taxa esteve bem abaixo do limite mínimo recomendado por Souza (1986) de 1,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h, o que em tese deveria levar ao bloqueio da liberação, devido maior tendência de agregação dos constituintes da espuma, em função da menor agitação. No entanto, com a saída da espuma dessa região, esse critério tem menos importância, pois a camada de espuma a ser atravessada apresentará uma espessura menor. O fato da produção medida de gás ser inclusive ligeiramente superior no reator RM corrobora essa observação.

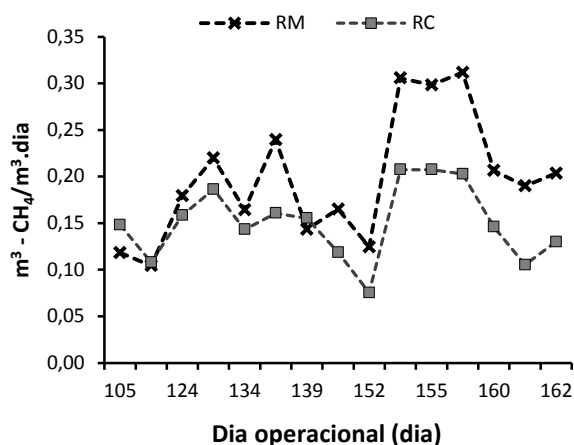


Figura 10 - Produção de gás metano (CH<sub>4</sub>) nos reatores modificado e convencional.

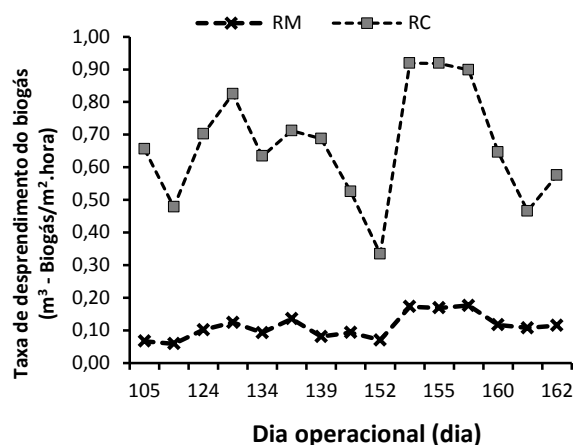


Figura 11 - Taxa de liberação de biogás nos reatores modificado e convencional.

## Avaliação da espuma nos reatores UASB

### Característica visual da espuma

A espuma dos reatores foram visualmente semelhantes, entretanto, é importante destacar a influencia do adequado funcionamento do tratamento preliminar, pois, nos períodos em que o desarenador se mantinha desativado, era possível observar um subproduto mais denso, composto por diferentes materiais sólidos como grãos de milho, sacolas plásticas, sementes e tocos de cigarro, além dos outros constituintes (que deveriam ter sido removidos no tratamento preliminar). Já com esse mantido em funcionamento, a diversidade de sólidos presentes na espuma era consideravelmente reduzida, sendo composta basicamente por óleos, graxas e cabelo. A Figura 12 retrata os aspectos citados acima.

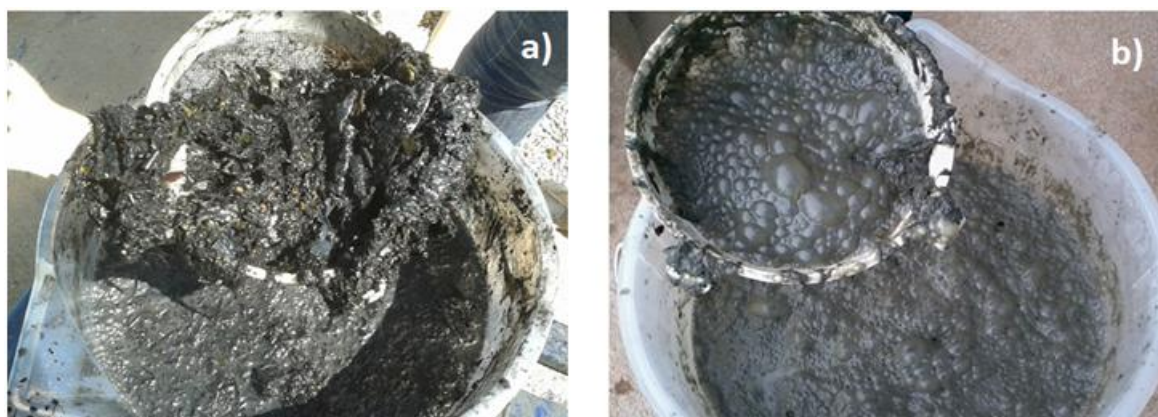


Figura 12 - Aspecto visual da espuma no Reator Convencional. (a) espuma gerada com desarenador desativado. (b) espuma gerada com desarenador ativado.

### Sólidos das espumas nos reatores

A Figura 13 apresenta os valores médios das concentrações de ST e STV da espuma, bem como a relação percentual entre esses dois parâmetros. Os valores de ST e STV mostram que a espuma do reator modificado se apresentou menos concentrada, com maior fluidez, quando comparada a espuma do reator convencional. O alto teor de sólidos presentes na espuma, superiores aos valores reportados por SOUZA (2006) e PEREIRA (2012) podem ser atribuídos à elevada concentração de DQO total do esgoto bruto mostrou que o afluente tratado apresentava e a desativação do desarenador durante boa parte do estudo.



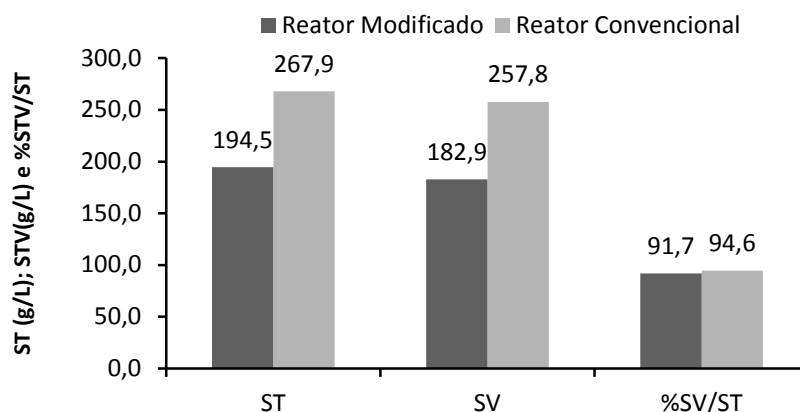


Figura 15 – Concentrações de ST, STV e %STV/ST.

### Acumulação da espuma nos reatores

A Tabela 4 apresentada apresenta os resultados dos parâmetros de monitoramento da espuma nos reatores, em termos de volume, DQO, e a produção de espuma em termos dos coeficientes de acumulação em kgST/kgDQOaplicada e em L/m<sup>2</sup>.dia, e ainda a espessura da camada de espuma equivalente formada em ambos (obtida da razão entre o volume coletado e a área do separador trifásico).

Com a análise da DQO total da espuma dos reatores, observa-se que não houve diferença significativa entre os reatores UASB, porém nota-se que a DQO do reator modificado em todas as coletas foi menor que a do convencional, corroborando a produção de uma espuma menos concentrada. A redução em massa da espuma acumulada no separador trifásico foi de 55% no reator modificado em relação ao reator convencional. Acrescido a isso, a maior área no interior do separador trifásico no reator modificado acarretou em uma diminuição na espessura da camada de espuma-equivalente, ou na taxa de acumulação medida em L/m<sup>2</sup>.dia, de aproximadamente 93% em relação ao reator convencional.

Considerando essas condições, é possível pensar que o projeto do reator modificado não está limitado à manutenção da taxa de liberação de biogás mínima recomendada por SOUZA (1986), para que o mesmo vença o selo de espuma. Tal fato constitui outro aspecto importante da configuração, uma vez que o separador não precisaria ser projetado com dimensões reduzidas, como no caso do reator convencional, conferindo uma maior liberdade dimensional no projeto de dispositivos de inspeção, facilitando a manutenção durante a operação e a execução de reparos.

Tabela 4 – Parâmetros de DQO, coeficiente de acumulação, formação e espessura da camada da espuma.

Tempo de acumulação	Reator	Volume (mL)	DQO (g/L)	Coeficiente de produção (gST/kgDQOaplicada)	Coeficiente de produção L/m <sup>2</sup> .dia	Espessura da camada acumulada (mm)
1	RM	2200	70,8	1,21	0,37	5,71
	RC	8000	109,4	3,23	11,66	163,27
2	RM	2000	91,4	7,61	0,87	5,19
	RC	4000	115,9	11,75	13,61	81,63
3	RM	2200	150,8	8,24	1,14	5,71
	RC	1600	163,0	8,52	6,50	32,65
4	RM	1100	123,2	1,81	0,24	2,86
	RC	1600	130,1	3,19	2,77	32,65
5	RM	700	138,8	4,42	0,39	1,82
	RC	600	170,4	4,26	2,61	12,24
6	RM	1700	102,6	1,33	0,20	4,42
	RC	3000	115,0	3,72	2,72	61,22
7	RM	1100	93,4	7,43	0,62	2,86
	RC	3500	111,8	36,06	15,39	71,43
8	RM	400	102,6	0,72	0,19	1,04
	RC	500	131,5	2,83	1,91	10,20

Nesse sentido, constatou-se que a modificação do reator apresentou resultados promissores em relação ao reator convencional, quanto à acumulação de espuma, indicando que a inovadora configuração testada apresenta soluções que apontam para solução do problema técnico da espuma em reatores UASB tratando esgoto doméstico.

## CONCLUSÕES

Com relação à remoção de matéria orgânica, o reator modificado apresentou eficiências semelhantes ao reator convencional na de remoção de DQOtotal (da ordem de 60%), e na conversão biológica foi de (87%). Assim sendo os resultados indicam que as modificações não comprometeram o desempenho sobre esse aspecto.

Com relação aos sólidos no efluente, medida em termos das concentrações de SST e SSV, os valores observados foram de 107 mgSST/L e 74 mgSSV/L, no reator modificado, e de 17 mgSST/L e 76 mgSSV/L, corroboram o observado para o parâmetro DQO, e indicam, mais uma vez, que as modificações não comprometeram a eficiência do reator.

A mudança da configuração do separador trifásico no reator modificado proporcionou aliada a redução da camada acumulada no separador, que foi da ordem de 55%, proporcionaram a formação de espumas com espessuras 93% inferiores ao reator convencional. Tal fato facilita à liberação do biogás da fase líquida, ainda que a taxa de liberação, comumente adota em projeto, não seja atendida, conferindo liberdade dimensional no projeto do separador.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte e o apoio financeiro concedidos pelo CNPq, a FAPEMIG, e a COPASA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA/APHA/WEF. (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21.ed. Washington.
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. In: Anais do 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife PE. 2009.
3. FORESTI, E., ZAIAT, M., VALLERO, M. Anaerobic processes as the core technology for sustainable domestic wastewater treatment: Consolidated applications, new trends, perspectives, and challenges, *Reviews in: Environ. Sci. and Bio/Technol.*, v.5: p. 3-19, 2006.
4. LETTINGA, G., HULSHOFF POL, L.W. UASB - Process design for various types of wastewaters. *Water Science Technology*, v. 24, n. 8, p. 87-107, 1991.
5. MIKI, M. K. Dilemas do UASB. Seção "Práticas operacionais e de Empreendimento". *Revista DAE*, p. 25-37, 2010.
6. PEREIRA, J. O. Desenvolvimento de reator UASB com duplo estágio de coleta de biogás (DECB) aplicado ao tratamento de esgoto sanitário, objetivando o controle da espuma e a granulação do lodo. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 169p, 2012.
7. ROSA, A. P.; SCHMIDT, A. D. U. C.; BORGES, J. M.; CHERNICHARO, C. A. L. Acumulação e remoção de espuma em reatores UASB: Estudo de caso ETE Laboreaux - Itabira/MG. In: Anais do 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia, 2013.
8. SANTOS, A. V.; CHERNICHARO, C. A. L. Efeito da hidrólise enzimática de lipídios e biodegradabilidade anaeróbia da espuma proveniente de reatores UASB tratando esgoto doméstico. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Goiânia. In: Anais do 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013.
9. SOUZA, M.E. Criteria for utilization, design and operation of UASB reactors. *Water Science Technology*, v. 18, n. 12, p. 55, 1986.

10. SOUZA, C. L. Estudo quantitativo e qualitativo de espuma acumulada em reatores UASB tratando esgoto domésticos. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 100p, 2006.
11. 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.