

## **II-415 - DESEMPENHO DE REATOR UASB OPERANDO COM O RECEBIMENTO DE LODO AERÓBIO DE FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR: ESTUDO DE CASO EM ESCALA PLENA**

**Saulo Nonato de Souza<sup>(1)</sup>**

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Mestrando em Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento pelo Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Minas Gerais – DESA/UFMG. Engenheiro de Operação da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

**Carlos Augusto de Lemos Chernicharo**

Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal De Minas Gerais

**Filipe Nepomuceno Bicalho Santos**

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Especialista em Saneamento pela UFMG. Especialista em Gestão de Projetos pela Fundação Dom Cabral. Mestre em Saneamento pela UFMG.

**Fernando Araujo Machado**

Tecnólogo em Gestão Ambiental pela Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR. Pós-Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC. Técnico de Tratamento de Efluentes da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

**Luiz Estevão Silva Pinheiro**

Tecnólogo em Gestão Ambiental pela Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR. Supervisor de Tratamento de Efluentes da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Vera Lúcia, 184 - Sinimbu - Belo Horizonte – MG - CEP 31530-600 – Brasil - Tel: +55 (31) 99819-7952 - e-mail: [saulo.souza@copasa.com.br](mailto:saulo.souza@copasa.com.br)

### **RESUMO**

A utilização de sistemas anaeróbios de tratamento de esgoto possui grande aceitação no Brasil. Usualmente os reatores anaeróbios apresentam a desvantagem de não atender plenamente aos padrões de lançamentos de efluentes e necessitam de uma etapa de pós-tratamento. Este trabalho tem o objetivo de avaliar o desempenho de reator UASB em escala plena operando com a prática do recebimento do lodo aeróbio proveniente do Filtro Biológico Percolador para adensamento e digestão. Os resultados encontrados mostraram a viabilidade de execução desta prática com a ressalva de que o desempenho dos reatores foi impactado durante o período de chuvas na cidade de Mateus Leme. Houve aumento da vazão afluente em decorrência de contribuições indevidas de água pluvial na rede coletora de esgoto, o que ocasionou a redução do tempo de detenção hidráulica do reator e favoreceu o arraste de sólidos no efluente tratado da unidade. Além disso, a baixa disponibilidade de leitos de secagem neste período impactou o gerenciamento do lodo anaeróbio gerado no processo. A concentração média de DQO Total no efluente do reator foi de 184 mg/L. Este valor é um pouco maior que o valor limite estabelecido na legislação Estadual DN COPAM 10/1986 que é de 180 mg/L de DQO para o efluente final de estações de tratamento de esgoto. Ao analisarmos o parâmetro SST a concentração média foi de 70 mg/L, inferior ao limite estabelecido na legislação estadual. Com relação ao efluente final da estação verificou-se o cumprimento do padrão de lançamento estabelecido na legislação ambiental em 100% das análises realizadas. A eficiência média de remoção de DQO Total foi de 82 %, com concentração média efluente de 85 mg/L, enquanto que a concentração média efluente do parâmetro SST foi 31 mg/L.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reator UASB, Desempenho, Digestão, Lodo Excedente Aeróbio.

### **INTRODUÇÃO**

A utilização de sistemas anaeróbios de tratamento de esgoto possui grande aceitação no Brasil. Em estudo realizado por Chernicharo et al. (2018), observou-se que em uma amostra de 2.421 ETEs, localizadas em 23 estados, 908 unidades tinham instalados reatores anaeróbios. Entre os reatores anaeróbios utilizados tem

destaque o do tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) por tratar-se de sistema robusto e apresentar relativa simplicidade operacional. Chernicharo (2016) aponta que este tipo de processo apresenta como vantagens ter uma menor produção de lodo, produção de biogás e possibilidade do seu aproveitamento energético, menor requisito de área e de consumo energético, e a possibilidade de implantação em escalas pequenas e grandes.

Usualmente os reatores anaeróbios apresentam a desvantagem de não atender plenamente aos padrões de lançamentos de efluentes das ETEs estabelecidos na legislação vigente no Brasil e no estado de Minas Gerais: Nacional – CONAMA 430/2011; Estadual DN COPAM 10/1986. Para tal, é necessária a implantação de etapa de pós-tratamento que realiza a melhora do efluente final da estação. Esta etapa pode ser composta de lodos ativados – LA, biofiltro aerado submerso, filtro anaeróbio, filtro biológico percolador - FBP, flotação por ar dissolvido, lagoas de polimento, lagoa aerada facultativa, lagoa aerada de mistura completa e escoamento superficial (VON SPERLING, 2014).

Em uma amostra mais reduzida, realizada em nove Estados mais o Distrito Federal, composta de 637 estações com sistema de reatores UASB, foi identificado que 322 ETEs tinham um sistema de pós-tratamento instalado (CHERNICHARO ET AL, 2018).

Os sistemas de pós-tratamento aeróbios possuem satisfatória eficiência de remoção da matéria orgânica remanescente e que não foi removida no reator anaeróbio. Segundo Von Sperling (2014) o sistema UASB/FBP tem eficiência típica de remoção de DBO de 80% a 93%. Estes valores seriam suficientes para garantir o cumprimento da legislação ambiental vigente no que tange ao padrão do lançamento do efluente.

Ressalta-se que esse processo tem como característica intrínseca ao tratamento a produção de biomassa à medida que a matéria orgânica é depurada. Usualmente o lodo secundário produzido ainda não está estabilizado. Em processos convencionais de tratamento os sólidos biológicos aeróbios produzidos são adensados e tratados em digestores anaeróbios de lodo. De forma a simplificar esta questão foi proposto por Van Haandel e Letinga (1994) o envio do lodo aeróbio produzido para adensamento e digestão nos reatores UASB existentes. Desta forma foi possível simplificar o fluxograma das estações e também aumentar a viabilidade econômica para implantação deste tipo de fluxograma. Para tal, a digestão do lodo aeróbio no sistema anaeróbio reduz a produção de lodo no sistema e consequentemente os custos com a construção de unidades operacionais adicionais que seriam necessárias para o seu tratamento, como adensadores e digestores.

Apesar de apresentar vantagens adicionais no tratamento do esgoto, existem poucos estudos na literatura especializada sobre o impacto do envio do lodo aeróbio para tratamento em reatores anaeróbios considerando estações de tratamento em escala real e que tenham FBP como pós-tratamento de reatores UASB (GONÇALVES, 2015).

## **OBJETIVO**

Avaliar o desempenho de reator UASB em escala plena operando com a prática do recebimento do lodo aeróbio proveniente do Filtro Biológico Percolador para adensamento e digestão.

## **METODOLOGIA**

### **Descrição da ETE Mateus Leme**

O presente estudo está sendo realizado na ETE do município de Mateus Leme localizado na região metropolitana de Belo Horizonte e cuja concessão dos serviços de esgotamento sanitário é da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA. O processo de tratamento da estação é composto de um gradeamento grosseiro manual, duas peneiras mecanizadas de 6 mm, uma caixa de areia aerada, dois reatores UASB, um filtro biológico percolador e um decantador secundário. O lodo produzido nos reatores anaeróbios é desidratado em leitos de secagem. A Figura 1 apresenta o fluxograma geral da ETE, a Tabela 1 mostra as principais características e condições operacionais das unidades que a compõe e a Figura 2 apresenta as unidades existentes na estação.

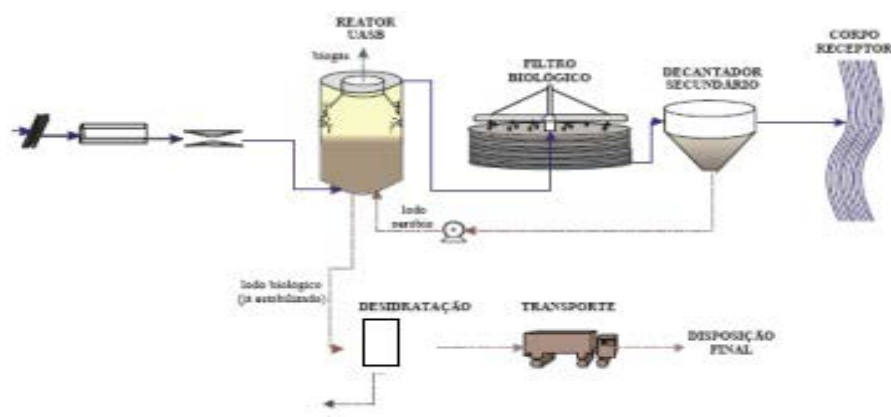


Figura 1 – Fluxograma da ETE Mateus Leme. Fonte: Adaptado de Von Sperling (2014)

Tabela 1: Características principais das unidades da ETE em 1ª Etapa e condições operacionais

Parâmetros de projeto, dimensões e condições operacionais	Reatores UASB	Filtros Biológicos Percoladores	Decantadores Secundários
População equivalente de projeto (hab.)		24.256 (1)	
Vazão média de projeto (L.s <sup>-1</sup> )		40,2	
Capacidade instalada Atual (L.s <sup>-1</sup> )		22,0 (2)	
TDH de projeto (h)	6,3	-	3,3
Vasc. de projeto (m.h <sup>-1</sup> )	0,71	-	-
COV de projeto (kgDBO.m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup> )	-	0,60	-
TAS de projeto (m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	-	15,4	22,1
Número de unidades projetadas 1ª Etapa	2	2	2
Número de unidades implantadas	2	1	1
Dimensões (m)	12,0 x 8,50	D = 12,0	D = 10,0
Área de cada unidade (m <sup>2</sup> )	102	113	78,5
Profundidade útil (m)	4,5	2,5	3,0
Volume útil de cada unidade (m <sup>3</sup> )	459	282,5	235,5
Número de reatores em operação	1	1	1
Vazão média jan/18 a ago/18 (L.s <sup>-1</sup> )		21	
TDH jan/18 a ago/18 (h)	9,4	-	3,1
Vasc. jan/18 a ago/18 (m.h <sup>-1</sup> )	0,6	-	-
COV atual (kgDBO.m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup> )	-	0,2	-
TAS atual (m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	-	16,1	23,1

TDH: tempo de detenção hidráulica; Vasc.: velocidade ascensional; COV: carga orgânica volumétrica; TAS: taxa de aplicação superficial.

(1): a população atendida atualmente está limitada pela existência de apenas um decantador secundário. Assim, a vazão afluyente está limitada em 22,0 L.s<sup>-1</sup> e a população equivalente atendida nesta condição é de 10.560 habitantes;

(2): a capacidade atual de tratamento está limitada pela existência de apenas 01 filtro biológico percolador e decantador secundário;



**Figura 2 – Unidades existentes na ETE Mateus Leme**

### **Rotina de envio do lodo aeróbio para os reatores UASB**

O descarte e envio do lodo dos decantadores secundários para adensamento e digestão nos reatores UASB foi realizado desde o início de operação da ETE e é feito de forma manual através da abertura de registro na linha de descarga de fundo do decantador secundário. O lodo excedente é encaminhado para a elevatória de esgoto bruto e é enviado para os reatores UASB juntamente com o esgoto afluyente a estação. O procedimento de descarte foi realizado de duas formas: desde o início de operação da estação até setembro de 2018 descartes diários somente no período noturno, entre 23h e 03h; A partir de outubro de 2018 descarte contínuo com o registro de descarga de fundo sempre aberto e vazão de 1,5 L/s.

### **Programa de monitoramento**

A avaliação do impacto do envio do lodo aeróbio para adensamento e digestão nos reatores UASB foi realizada através da utilização dos dados de monitoramento efetuado pela COPASA desde maio de 2017. Estão sendo analisados os parâmetros DQO Total e SST afluyente (esgoto bruto + lodo aeróbio) e efluente do reator UASB e decantador secundário do FBP. As amostragens são compostas de 24 horas. Os parâmetros foram amostrados no período de maio a dezembro de 2017 com frequência mensal, no período de janeiro a junho de 2018 com frequência bimestral e de outubro a dezembro de 2018 com frequência semanal. Ressalta-se que parte das análises processadas entre outubro e novembro de 2018 foram realizadas pelo laboratório do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

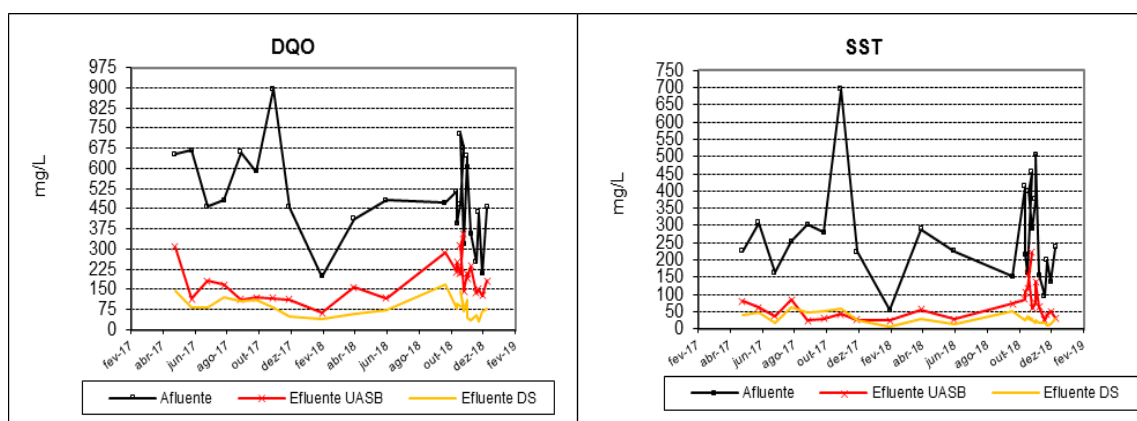
### **RESULTADOS OBTIDOS**

Nesta seção são apresentados os resultados conforme monitoramento realizado no período de maio de 2017 a dezembro de 2018. Na Tabela 2 apresenta-se a estatística descritiva referente às concentrações de DQO Total e SST.

**Tabela 2: Estatística descritiva referente às concentrações de DQO e SST do afluente e dos efluentes dos reatores UASB e da unidade de pós-tratamento (FBP + DSE) da ETE Mateus Leme**

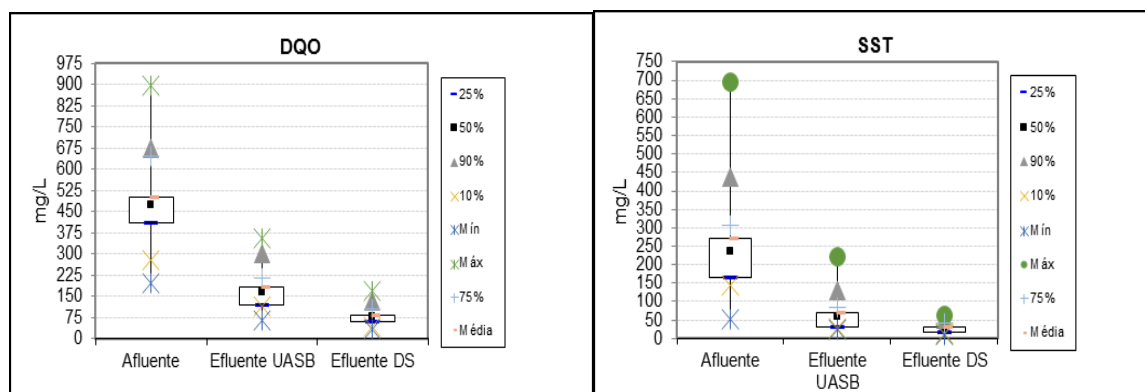
Estatística	DQO - UASB		DQO – FBP/DSE		SST - UASB		SST – FBP/DSE	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Número de dados N	25	25	25	25	25	25	25	25
Média	500	184	184	85	273	70	70	31
Mínimo	199	64	64	33	54	24	24	9
Máximo	896	358	358	170	695	222	222	64
Desvio padrão	168	75	75	35	142	48	48	16
Coef. variação	0,34	0,41	0,41	0,41	0,52	0,69	0,69	0,53

Na Figura 3 são apresentadas as séries históricas das concentrações dos parâmetros DQO Total e SST no afluente e efluente dos reatores UASB e DSE.



**Figura 3 – Séries temporais das concentrações de DQO e SST (mg/L) do afluente e efluente dos reatores UASB e DSE da ETE Mateus Leme**

A Figura 4 apresenta o gráfico BoxPlot das concentrações dos parâmetros DQO e SST no afluente e efluente dos reatores UASB e efluente final da estação. Na Figura 5 é apresentado um gráfico com os dados de concentração efluente do reator UASB e o tempo de detenção hidráulica na unidade durante o período de análise deste estudo.



**Figura 4 – BoxPlot das concentrações de DQO e SST do afluente e efluente dos reatores UASB e efluente do DSE da ETE Mateus Leme**





**Concentração DQO Eficiente x Dias com ocorrência de Chuva**

Y-Left: DQO Eficiente REatores UASB (mg/L)

Y-Right: Dias com ocorrência de Chuva (dias/mês)

X: maio-17, ago-17, nov-17, fev-18, maio-18, ago-18, nov-18

Legend: ■ Dias com Chuva ◆ DQO Média Eficiente

Mês	Dias com Chuva (dias/mês)	DQO Média Eficiente (mg/L)
maio-17	10	300
junho-17	1	110
julho-17	0	180
ago-17	1	160
set-17	4	100
out-17	14	110
nov-17	13	100
dez-17	0	100
jan-18	0	70
fev-18	15	150
mar-18	2	0
abr-18	0	100
maio-18	0	0
junho-18	0	0
julho-18	0	0
ago-18	8	120
set-18	10	90
out-18	15	90
nov-18	15	60

**Figura 6 – Concentração efluente de DQO no reator UASB x Dias com ocorrência de chuva na cidade de Mateus Leme**

## **DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O percentil 90 dos valores de concentração de DQO efluente dos reatores UASB foi de 215 mg/L. Este valor é um pouco maior que o valor limite estabelecido na legislação Estadual DN COPAM 10/1986 que é de 180 mg/L de DQO para o efluente final de estações de tratamento de esgoto. Ao analisarmos o parâmetro SST, referente aos valores efluentes dos reatores, é possível verificar que o percentil 90 observado é de 84 mg/L, valor inferior ao limite de 100 mg/L estabelecido na legislação estadual para o efluente final de estações. A média observada para este parâmetro foi de 70,0 mg/L e para DQO foi de 184 mg/L.

Pela série histórica dos dados de concentração efluente de DQO e SST apresentada na Figura 2 é possível observar uma estabilidade no reator UASB entre o período de junho de 2017 a agosto de 2018. A partir de setembro de 2018 houve um aumento nas concentrações efluentes de DQO e SST do reator. O desempenho da unidade neste período foi influenciado pelo aumento de vazão afluente ocasionado pelo início do período de chuvas na cidade de Mateus Leme e consequente aumento nas contribuições de infiltração de água pluvial e de lençol freático na rede coletora de esgoto. Tal fato pode ser verificado na Figura 5 onde é possível observar uma redução no tempo de detenção hidráulica do reator. Entre junho de 2017 e junho de 2018 o TDH médio observado foi de 8,6 horas e entre agosto e dezembro de 2018 foi de 6,4 horas.

Destaca-se ainda que durante o período chuvoso, entre setembro e dezembro de 2018, houve redução na disponibilidade de leitos de secagem para a execução do procedimento de descarte de lodo excedente anaeróbio do reator UASB. As unidades de secagem de lodo não são cobertas e o descarte de lodo em alguns períodos foi realizado com um intervalo grande de dias. Tal fato também interferiu no desempenho do reator pois ocorreu o acúmulo de lodo excedente anaeróbio em seu interior ocasionando o arraste de sólidos para o efluente tratado da unidade. Na figura 6 é possível observar que a quantidade de dias em que foi registrada a ocorrência de chuvas no período de setembro a outubro de 2018 foi maior do que no período de 2017.

Segundo Chernicharo (2016) a concentração média esperada para os parâmetros DQO e SST varia de 180 a 270 (mg/L) e de 60 a 100 (mg/L) respectivamente. O autor destaca ainda que estes valores são referenciados para reatores bem projetados e operados.

Com relação ao efluente final da estação verificou-se o cumprimento do padrão de lançamento estabelecido na legislação ambiental para os parâmetros avaliados neste estudo em 100% das análises. A eficiência média de remoção de DQO Total foi de 82 %, com concentração média efluente de 85 mg/L, enquanto que a concentração média efluente do parâmetro SST foi 31 mg/L.

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Os resultados obtidos indicam que a prática do envio do lodo aeróbio gerado no filtro biológico percolador para adensamento e digestão nos reatores UASB é viável do ponto de vista do funcionamento e desempenho das unidades considerando a análise dos parâmetros DQO Total e SST. Os valores de concentração efluente do reator observados para estes dois parâmetros estão dentro da faixa esperada segundo Chernicharo (2016). O efluente final da estação apresentou resultados satisfatórios e cumpriram o padrão de lançamento de efluentes previsto na legislação ambiental vigente. Houve uma interferência no desempenho do reator durante o período de chuvas em Mateus Leme. A baixa disponibilidade de leitos de secagem durante este período prejudicou o gerenciamento do lodo produzido no processo de tratamento. Além disso, o aumento de vazão afluente favoreceu o aumento das concentrações dos parâmetros avaliados no efluente do reator UASB.

Os estudos continuam sendo desenvolvidos e nas próximas etapas serão avaliados novos protocolos de descarte do lodo excedente do decantador secundário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CERNICHARO, A.A.L., BRESSANI-RIBEIRO, T., GARCIA, G.B., LERMONTOV, A., PEREIRA, C.B., PLATZER, C.J., POSSETTI, G.R.C., LEITES, M.A.L., ROSSETO, R. Panorama do tratamento de esgoto sanitário nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil: tecnologias mais empregadas. Revista DAE, v. 66, n. 213, p. 5-19, 2018
2. CERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007.
3. GONÇALVES, T. C. F. Avaliação da prática de retorno de lodo secundário sobre o desempenho de reatores UASB em escala plena: estudo de caso da ETE Laboreaux – Itabira/MG. Belo Horizonte, 2015. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.
4. MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n. 01, de 5 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte: Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais – COPAM e Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais – CERH-MG, 2008.
5. VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para países de clima quente. Campina Grande: EPGRAF, 1994.
6. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4a edição ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.