

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMA DE PÓS-TRATAMENTO DE REATORES UASB COMPOSTO DE FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR DE ALTA CARGA EM UMA ETE EM ESCALA PLENA OPERANDO COM PROTOCOLO ADEQUADO DE DESCARTE DE LODO EXCEDENTE AERÓBIO

Saulo Nonato de Souza ⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela UFMG. Especialista em Gestão de Pessoas pelo IBMEC. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Gerente da Unidade de Serviços de Tratamento de Esgoto Metropolitana na COPASA MG.

Luiz Estevão Silva Pinheiro ⁽²⁾

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

Fernando Araujo Machado ⁽³⁾

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.

Endereço⁽¹⁾: Rua Mar de Espanha, 453 – Santo Antônio - Belo Horizonte - MG - CEP: 30.330-900 - Brasil - Tel: (31) 99819-7952 - e-mail: 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 sistema de pós-tratamento de reatores UASB composto de filtro biológico percolador em uma ETE em escala plena operando com protocolo adequado de descarte de lodo excedente aeróbio. Os resultados encontrados mostraram que o sistema de pós-tratamento operou com satisfatório desempenho e apresentou valores de concentração de DBO, DQO e SST menores do que os valores típicos citados por Sperling (2014) para ETES operando com o mesmo tipo de fluxograma de tratamento. Adicionalmente, foi identificado que apesar de ter havido sobrecarga hidráulica no decantador secundário, tal fato não implicou em concentrações elevadas dos parâmetros analisados. O que pode ser explicado pelo adequado protocolo operacional existente na planta de envio de lodo aeróbio excedente para adensamento e digestão nos reatores UASB existentes na ETE. Os percentis 90 dos valores de concentração efluente do sistema de pós-tratamento avaliado para os parâmetros DBO Total, DQO Total e SST foram respectivamente de 34, 115 e 36 mg/L.

PALAVRAS-CHAVE: Pós-tratamento, filtro biológico percolador, decantador secundário.

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 08/2022. 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 para este parâmetro.

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 conseqüentemente os custos com a construção de unidades operacionais adicionais que seriam necessárias para o seu tratamento, como adensadores e digestores.

Em estudo realizado por Souza et al (2019) e Souza (2020) foram identificadas estratégias operacionais que permitiram realizar o envio do lodo excedente aeróbio para adensamento e digestão nos reatores UASB sem ocasionar impactos na eficiência do processo de tratamento de uma estação com este tipo de fluxograma. De forma adicional foi identificado um bom desempenho do sistema de pós-tratamento por filtro biológico percolador em decorrência da adequada rotina de remoção do lodo aeróbio que é retido no decantador secundário existente.

OBJETIVO

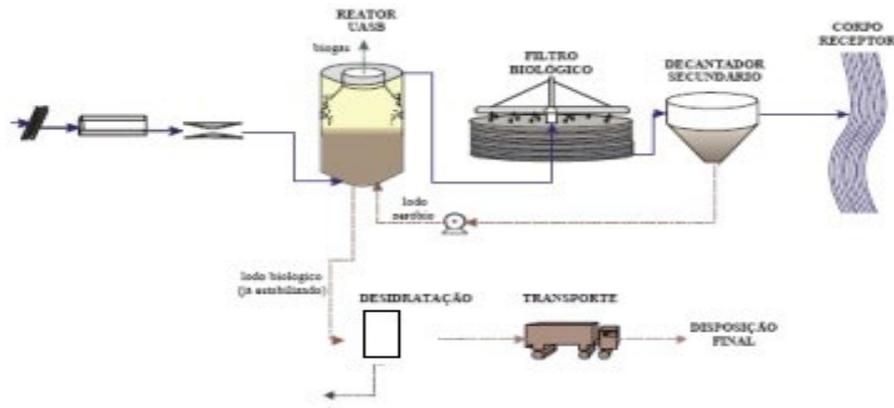
Avaliar o desempenho de sistema de pós-tratamento de reatores UASB composto de filtro biológico percolador de alta carga em uma ETE em escala plena operando com protocolo adequado de descarte de lodo excedente aeróbio.

METODOLOGIA

Descrição da ETE Mateus Leme

O presente estudo foi 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 MG. 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 ⁻¹)		40,2	
Capacidade instalada Atual (L.s ⁻¹)		22,0 (2)	
TDH de projeto (h)	6,3	-	3,3
Vasc. de projeto (m.h ⁻¹)	0,71	-	-
COV de projeto (kgDBO.m ⁻³ .d ⁻¹)	-	0,60	-
TAS de projeto (m ³ .m ⁻² .d ⁻¹)	-	50,0	24,0
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 ²)	102	113	78,5
Profundidade útil (m)	4,5	2,5	3,0
Volume útil de cada unidade (m ³)	459	282,5	235,5
Número de reatores em operação	2	1	1
Vazão média jan/21 a dez/22 (L.s ⁻¹)		32,3	
TDH jan/21 a dez/22 (h)	8,2	-	2,1
Vasc. jan/21 a dez/22 (m.h ⁻¹)	1,1	-	-
COV jan/21 a dez/22 (kgDBO.m ⁻³ .d ⁻¹)	-	0,4	-
TAS jan/21 a dez/22 (m ³ .m ⁻² .d ⁻¹)	-	24,7	35,6

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⁻¹ 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;

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos dados disponibilizados pela COPASA MG.

Figura 2 – Unidades existentes na ETE Mateus Leme



Fonte: Acervo do autor

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 é realizado considerando o descarte realizado somente no período noturno, entre 0h e 1h, todos os dias da semana. Tal protocolo foi estabelecido após a realização dos estudos citados por Souza (2020) 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 afluente a estação.

Programa de monitoramento

A avaliação do sistema de pós-tratamento aeróbio foi realizada através da utilização dos dados de monitoramento efetuado pela COPASA MG no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022. Foram analisados os parâmetros DBO Total, DQO Total, SST e SSed afluente (efluente dos reatores UASB) e efluente do decantador secundário do FBP (efluente final da estação). As amostragens foram compostas de 24 horas. Os parâmetros foram amostrados no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022. Adicionalmente foi realizada avaliação dos parâmetros hidráulicos e orgânico do sistema de pós-tratamento, utilizando para tal os dados de vazão afluente ao sistema e o valor de concentração de DBO no efluente dos reatores UASB.

RESULTADOS OBTIDOS

Nesta seção são apresentados os resultados conforme monitoramento realizado no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022. Na Tabela 2 apresenta-se a estatística descritiva referente às concentrações de DBO Total, DQO Total, SST e SSed afluente e efluente do sistema de pós-tratamento objeto deste assunto. Já na Tabela 3 é apresentada estatística descritiva referente aos parâmetros hidráulicos e orgânico do sistema FBP/DSE.

Tabela 2: Estatística descritiva referente às concentrações de DBO Total, DQO Total, SST e SSed do afluente e efluente do sistema de pós-tratamento (FBP + DSE) da ETE Mateus Leme

Estatística	DBO – FBP/DSE		DQO – FBP/DSE		SST – FBP/DSE		SSed – FBP/DSE	
	Afluente	Afluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Número de dados N	23	24	23	24	23	24	23	24
Média	42	21	124	71	47	24	0,3	0,1
Mínimo	9	9	39	37	14	11	0,1	0,1
Máximo	87	38	234	142	143	54	1,0	0,1
Desvio padrão	18	8	47	27	27	11	0,2	0,0
Coef. variação	0,42	0,35	0,38	0,38	0,58	0,48	0,76	0,00

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos dados disponibilizados pela COPASA MG.

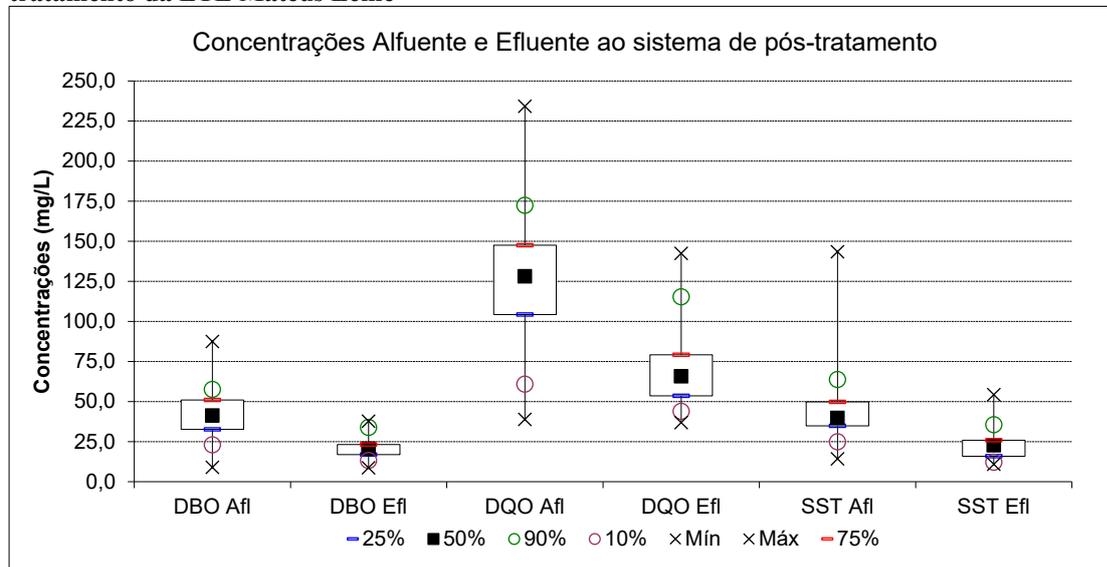
Tabela 3: Estatística descritiva referente à Taxa de Aplicação Hidráulica – TAH (m^3/m^2xd) e Carga Orgânica Volumétrica – COV ($kg\ DBO/m^3xd$) no FBP e Taxa de Escoamento Superficial – TES (m^3/m^2xd) no DSE da ETE Mateus Leme

	TAH/FBP	COV/FBP	TES/DSE
Número de dados N	24	23	24
Média	25	0,4	36
Mínimo	16	0,1	23
Máximo	33	0,7	47
Desvio padrão	5	0,2	7
Coef. variação	0,19	0,39	0,19

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos dados disponibilizados pela COPASA MG.

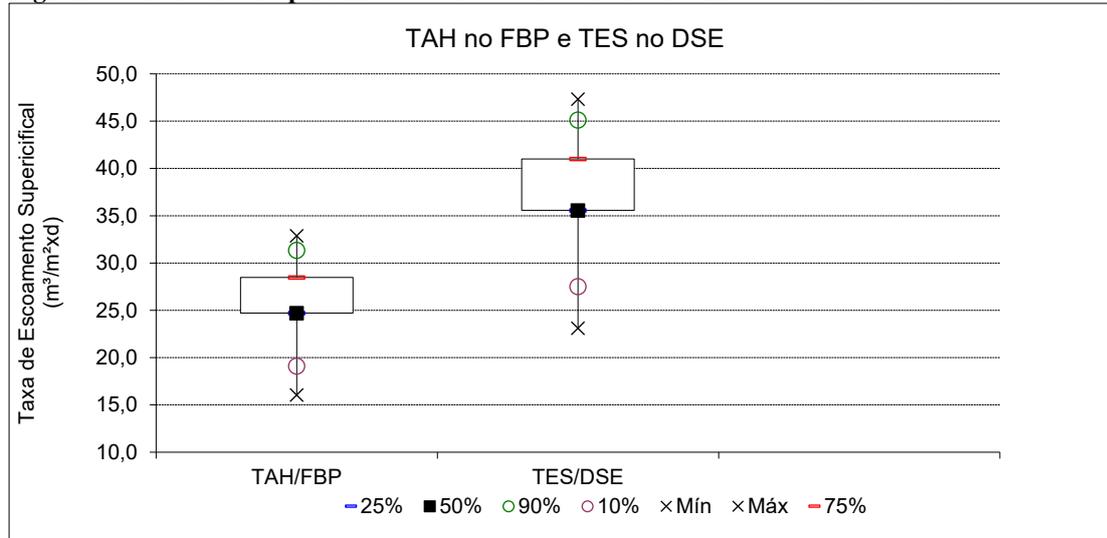
Na Figura 3 são apresentados gráficos box plot das concentrações afluente e efluente do sistema de pós-tratamento, assim como na figura 4 as taxas de escoamento no FBP e DSE da ETE Mateus Leme. Na figura 5 é possível observar o gráfico box plot das Cargas Orgânicas Volumétricas

Figura 3 – Gráfico Box-plot das concentrações afluente e efluente de DBO, DQO e SST no sistema de pós-tratamento da ETE Mateus Leme



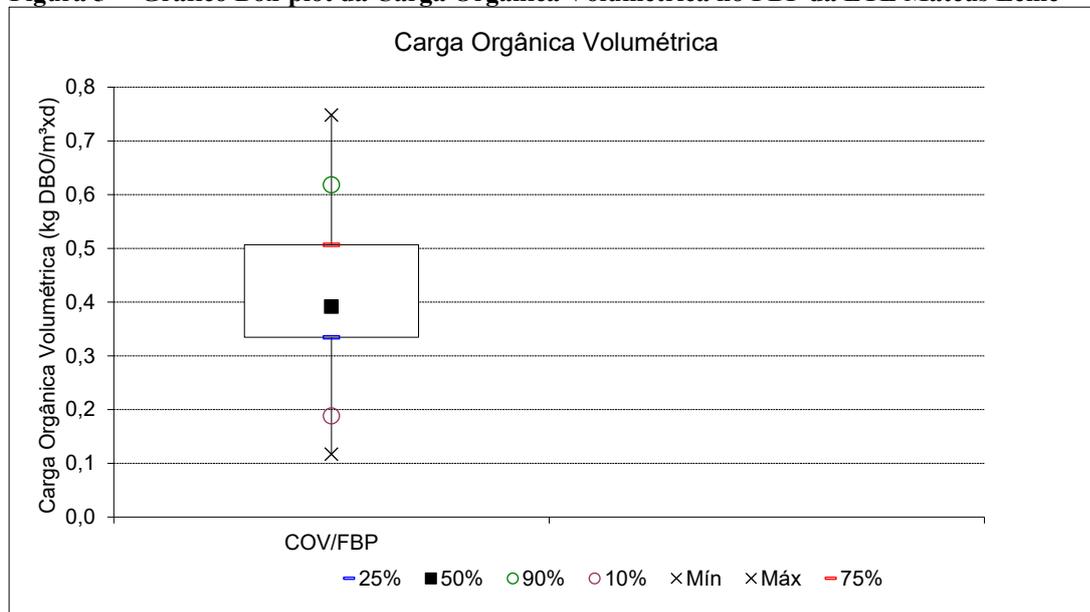
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 – Gráfico Box-plot da TAH no FBP e TES no DSE da ETE Mateus Leme



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 – Gráfico Box-plot da Carga Orgânica Volumétrica no FBP da ETE Mateus Leme



Fonte: Elaborado pelo autor.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os percentis 90 dos valores de concentração efluente do sistema de pós-tratamento avaliado para os parâmetros DBO Total, DQO Total e SST foram respectivamente de 34, 115 e 36 mg/L. Tais valores indicam que o sistema de pós-tratamento operou de forma satisfatória e garantiu o polimento necessário ao efluente dos reatores UASB. Ressalta-se ainda que 100% dos valores de concentração observados no efluente final da ETE estiveram abaixo do limite estabelecido para estes na legislação Estadual, DN COPAM – CERH 01/2008 e 08/2022, que é de 60 mg/L para a DBO Total, 180 mg/L para a DQO Total e 100 mg/L para o SST.

Em relação à Carga Orgânica Volumétrica afluyente ao FBP 90% dos valores observados foram menores ou iguais a 0,6 kg DBO/m³xd, que foi o valor considerado no projeto de dimensionamento da unidade. Além disso, 100 % dos valores observados foram menores que o valor limite recomendado na NBR 12.209/2011 para filtros biológicos percoladores de alta taxa com pedra britada - 1,2 kg de DBO/m³xd. O percentil 90 dos valores de

Taxa de aplicação hidráulica observados no filtro foi de 31 m³/m²xd e 100% dos valores estiveram abaixo do limite recomendado na NBR 12.209/2011 – 50 m³/m²xd.

No decantador secundário da estação foi observada uma Taxa de Escoamento superficial mediana de 35,6 m³/m²xd, com percentil 90 observado de 45,1 m³/m²xd, valores estes bem superiores ao limite recomendado na NBR 12.209/2011 que é de 24 m³/m²xd. Apesar das elevadas taxas hidráulicas observadas as concentrações dos parâmetros avaliados neste estudo mostram que o sistema operou com satisfatório desempenho, inclusive com valores de concentrações inferiores aos valores típicos citados por Sperling (2014) para fluxogramas compostos de reatores UASB e filtros biológicos percoladores de alta taxa: DBO Total – 20 a 60 mg/L; DQO Total – 70 a 180 mg/L; SST – 20 a 40 mg/L. Tal desempenho pode ser explicado pelo adequado protocolo operacional implantado na planta de tratamento e que permite a retirada frequente do lodo excedente que sedimenta no decantador secundário.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados avaliados mostram que o sistema de pós-tratamento da ETE Mateus Leme operou com desempenho satisfatório, com grande parte dos valores de concentração de DBO, DQO e SST inferiores aos valores típicos observados e citados por Sperling (2014), considerando o fluxograma de tratamento composto de reatores UASB seguidos de filtros biológicos percoladores de alta carga.

Também foi observada sobrecarga hidráulica no decantador secundário, em que grande parte dos valores de TES foram superiores ao limite recomendado na NBR 12.209/2011. Ressalta-se que os valores de concentração dos parâmetros avaliados na saída do efluente final da estação podem ser explicados pelo adequado protocolo de remoção de lodo e envio para adensamento e digestão nos reatores UASB da estação. Adicionalmente, 100% dos dados observados de concentração estiveram abaixo dos limites estabelecidos na legislação ambiental vigente no Estado de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHERNICHARO, 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. CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007.
3. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, 16 mai. 2011.
4. 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.
5. 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.
6. MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n. 08, de 21 de novembro de 2022. 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, 2022.

7. SOUZA, S. N, CHERNICHARO, A.A.L., SANTOS, F.N.B, MACHADO, F.A, PINHEIRO, L.E.S. Desempenho de reator UASB operando com o recebimento de lodo aeróbio de filtro biológico percolador: estudo de caso em escala plena. I: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, ABES, 30º, Natal, 2019, Anais. Natal: ABES, 2019.
8. SOUZA, S. N. Estratégias operacionais para o envio de lodo aeróbio para adensamento e estabilização em reatores UASB: estudo de caso de uma estação em escala plena. Belo Horizonte, 2020. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2020.
9. VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para países de clima quente. Campina Grande: EPGRAF, 1994.
10. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4a edição ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.