

## **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO POR REATORES UASB**

Luana Ferreira Mendes <sup>1</sup>

Edmo Alves <sup>2</sup>

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques <sup>3</sup>

Luciano dos Santos Rodrigues <sup>4</sup>

Claudiomir da Silva dos Santos <sup>5</sup>

Fabrcício Santos Ritá <sup>6</sup>

Reciclagem e Gerenciamento de Resíduos

### *Resumo*

O lançamento *in natura* de efluentes, domésticos ou industriais, em corpos hídricos é um dos principais motivos para torná-los impróprios em relação aos usos e, conseqüentemente danos à saúde pública. Assim, a reversão desta problemática só é possível com a instalação de sistemas de tratamento de esgoto que devem ser eficientes na remoção dos poluentes. Objetivou-se neste estudo avaliar a eficiência de remoção de poluentes de esgoto doméstico de um município submetido a um sistema de tratamento de reatores de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB). O estudo foi realizado em uma estação de tratamento de esgoto em escala real, localizada no município de Varginha, em Minas Gerais, com a uma vazão de 280 L/s, correspondente a uma população estimada em 75.400 habitantes de bairros próximos a estação. Amostras simples foram obtidas de entrada e saída do sistema de tratamento no período de 2017 a 2018. As variáveis analisadas foram DBO, DQO, sólidos sedimentáveis, pH e condutividade elétrica. Posteriormente comparou-se os dados com a legislação pertinente. Observou-se que o sistema de tratamento de reatores UASB se mostrou eficiente na remoção dos parâmetros avaliados, atendendo em grande parte do período analisado, os valores máximos permitidos pela legislação para lançamento no corpo receptor. Nos períodos em que os parâmetros foram identificados com valores acima dos

<sup>1</sup> Mestre em Sustentabilidade em recursos hídricos, Centro Universitário Vale do Rio Verde – UninCor, [engluanaferreira@gmail.com](mailto:engluanaferreira@gmail.com).

<sup>2</sup> Engenheiro de produção, Centro Universitário Vale do Rio Verde – UninCor [edmoep@yahoo.com.br](mailto:edmoep@yahoo.com.br).

<sup>3</sup> Profa. Dra. Centro Universitário Vale do Ri Verde – UninCor, professora do mestrado em Meio Ambiente e Saúde [roeflorestal@hotmail.com](mailto:roeflorestal@hotmail.com)

<sup>4</sup> Prof. Dr. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG – Departamento de medicina veterinária preventiva, [lsantosrodrigues@gmail.com](mailto:lsantosrodrigues@gmail.com).

<sup>5</sup> Prof. Dr. Instituto Federal Sul de Minas – IFSul de Minas, Campus Muzambinho, [claudiomirsilvasantos@gmail.com](mailto:claudiomirsilvasantos@gmail.com).

<sup>6</sup> Prof. Dr. Instituto Federal Sul de Minas – IFSul de Minas, Campus Muzambinho, [fabricsantosrita@gmail.com](mailto:fabricsantosrita@gmail.com).

REALIZAÇÃO



**INSTITUTO FEDERAL**  
Sul de Minas Gerais  
Campus Muzambinho



**INSTITUTO FEDERAL**  
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
Sul de Minas Gerais

[WWW.MEIOAMBIENTEPOCOS.COM.BR](http://WWW.MEIOAMBIENTEPOCOS.COM.BR)



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

máximos permitidos pela legislação podem ter ocorridos devido as variações de vazões que podem ocorrer em todo sistema de esgotamento sanitário, bem como o despejo clandestino de efluentes domésticos e industriais do meio urbano.

**Palavras-chave:** Águas residuárias domésticas; Características químicas; Eficiência de remoção.

## INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial a manutenção da vida e crescentemente tem se tornado escassa em todo o mundo. Neste sentido, é de extrema importância que as reservas de água doce sejam conservadas e preservadas. No Brasil, a falta de esgotamento sanitário e de sistemas de tratamento de esgotos acarretam problemas de saúde pública, uma vez que os esgotos são lançados in natura nos corpos hídricos ocasionando a sua degradação. Por consequência, verifica-se a necessidade de reversão desse quadro sanitário, por ações que incentivem as pesquisas e propostas de sistemas de tratamento de esgotos por se apresentarem como mecanismos de proteção e conservação dos corpos hídricos, com o intento de remover os poluentes presentes no esgoto e garantir o atendimento aos padrões de qualidade e lançamento dos efluentes nos corpos receptores.

No que se refere ao tratamento de esgoto, tem-se nos sistemas anaeróbios uma grande aplicabilidade no Brasil, devido às favoráveis condições climáticas de temperatura, dentre outros fatores, como baixo custo, simplicidade operacional e baixa produção de sólidos (CHERNICHARO, 1997). A utilização de reatores anaeróbios para tratamento de águas residuárias se destaca pelas apropriadas reações bioquímicas realizadas no interior dos reatores, bem como à atividade dos microrganismos, que resultam em degradação da matéria orgânica mais eficiente (PIMENTA et al., 2005).

Destarte, os Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (Reator UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors*) são tecnologias que se demonstram de fácil operação, boa eficiência, sistemas compactos, de baixo custo e de baixo consumo energético.

Entretanto, estudos demonstram que na maioria das aplicações, os sistemas anaeróbios devem



ser encarados como uma primeira etapa do tratamento uma vez que estes não são capazes de produzir efluentes finais com elevada eficiência de remoção dos poluentes e geralmente não atendem aos padrões da legislação local sobre a qualidade mínima do efluente, sendo necessária então a adição de um pós-tratamento para remoção da matéria orgânica (COURA & VAN HAANDEL, 1999).

O presente estudo tem por objetivo avaliar a eficiência do sistema de tratamento de esgoto doméstico de uma ETE constituído por tratamento preliminar e reatores UASB, em escala real, do município de Varginha, Minas Gerais.

## METODOLOGIA

### Caracterização da estação de tratamento de esgoto

A estação de tratamento de esgoto objeto deste estudo, iniciou sua operação em 2001, e está localizada na área urbana do município de Varginha, Minas Gerais. Atende atualmente a uma população estimada em 75.400 habitantes, correspondente a 58% da população total atendida por tratamento de esgoto no município. Seu período de funcionamento compreende a 24 horas por dia, monitorada por funcionários alternando em turnos todo o tempo.

A ETE é constituída por tratamento preliminar composto por um medidor magnético de vazão na entrada do tratamento, por grades (uma grade fina e uma grade grossa de limpeza manual), um tratamento primário, por desarenador mecanizado tipo parafuso e um medidor de vazão com calha Parshall.

Todo o tratamento preliminar e primário está inserido em uma estrutura de alvenaria e telha, sendo o ar succionado por um exaustor e direcionado para um filtro com carvão, cujo intuito é a diminuição do odor.

Há estações elevatórias de esgoto composta por dois conjuntos moto-bomba re-autoescorvantes e um conjunto moto-bomba submerso, com finalidade de recalcar os esgotos até uma caixa central de distribuição de vazão, também localizada dentro da construção em alvenaria e telhas, que distribui para os reatores.

Em seguida, compõe-se ao sistema de tratamento, o tratamento secundário com quatro reatores



UASB (reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo) que realizam o tratamento por meio de mecanismos de decantação, adensamento e digestão anaeróbia.

Posteriormente, o lodo proveniente dos reatores UASB são destinados aos 10 leitos de secagem e dispostos no aterro controlado localizado na própria ETE, bem como, os resíduos sólidos gerados no tratamento preliminar.

O líquido drenado dos leitos de secagem retorna ao tratamento preliminar e o biogás resultante do processo de digestão anaeróbia flui através de tubulação de coleta até o queimador de gás.

A vazão de tratamento é estimada em 280 L/s e o efluente após tratamento é lançado no Rio Verde , enquadrado conforme a Resolução CONAMA nº 357/05 como Classe II.

### **Análise das características físicas e químicas do esgoto**

Para monitoramento da eficiência de remoção de poluentes da estação de tratamento em estudo, utilizou-se os resultados das análises mensais de amostras simples afluentes (entrada da ETE) e efluente (saída da ETE), nos períodos de dezembro de 2017 à agosto de 2018, totalizando 8 amostragens

Os procedimentos de coleta e preservação das amostras foram realizados conforme a NBR 9898/1987 e as análises laboratoriais de acordo com a metodologia analítica do “*Standart of methods*” (APHA, 2005). As variáveis analisadas foram DBO, DQO, sólidos sedimentáveis, pH e condutividade elétrica.

Posteriormente, realizou-se o cálculo da eficiência global do sistema e comparou-se com o preconizado pela Resolução CONAMA nº 430/2011 e Deliberação Normativa (DN)COPAM CERH 08/2022.

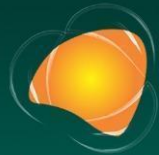
Para cálculo da eficiência global do sistema (Equação 01) são analisados a concentração afluente do poluente e concentração efluente do poluente.

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \quad (\text{Equação 01})$$

Onde:

E = eficiência de remoção (%);

Co = concentração afluente do poluente (mg/L);



Ce= concentração efluente do poluente (mg/L).

As concentrações das variáveis analisadas do efluentes foram comparadas com às previstas na Resolução CONAMA nº 430/2011 e na Deliberação Normativa COPAM-CERH nº 08/2022, para identificar o se há atendimento aos valores máximos permitidos para lançamento dos efluentes no corpo receptor.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 01 apresenta as concentrações de DBO do período em referência. Nota-se que a maioria dos valores das concentrações de DBO dos efluentes apresentam resultados abaixo do valor máximo permitido pela legislação pertinente. Com exceção dos meses de junho e agosto de 2018 que apresentam valores acima do máximo permitido pela legislação.

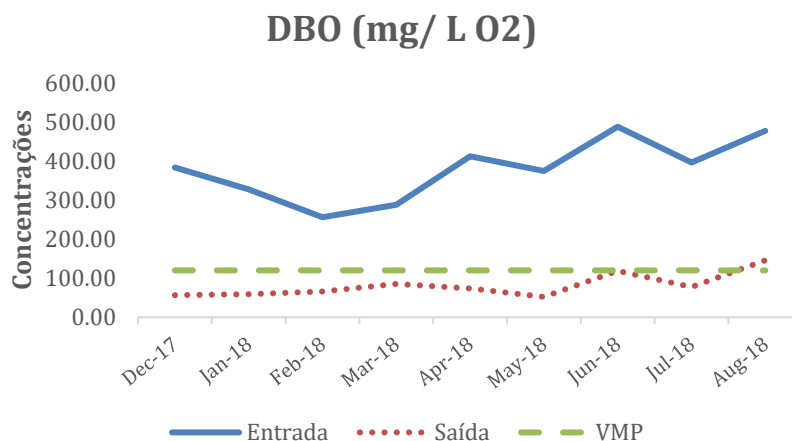


Figura 01. Concentrações de DBO no período de dez/2017 à ago/2018.

Os valores de DBO obtidos na ETE de Varginha indicam uma eficiência média superior a 60% na maior parte do período analisado, conforme preconizado na legislação (Tabela 01). Durante o período analisado (dezembro/2017 a agosto/2018), a eficiência de remoção de DBO oscilou entre 69%



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

e 86%, com piores desempenhos nos meses de junho e agosto de 2018. Esses meses apresentaram valores efluentes acima do limite permitido (120 mg/L), indicando possíveis falhas operacionais ou aumento da carga orgânica por fatores sazonais (JORDÃO & PESSOA, 2011; VON SPERLING, 2005). Isso está de acordo com outros estudos em reatores UASB, que mostram eficiências médias entre 68% e 85% para efluentes domésticos (VON SPERLING, 2005; SÁNCHEZ ORTIZ et al., 2010). Em aplicações industriais, como frigoríficos e abatedouros, as eficiências para DBO podem variar entre 84% e 99%, principalmente quando combinadas com sistemas de pós-tratamento anaeróbio ou aeróbio (FORESTI & OLIVEIRA, 1995; SÁNCHEZ ORTIZ et al., 2010). Cabe ressaltar que os valores médios das concentrações no período de verão e inverno são de 313,4 e 429,09 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente. Assim, no inverno a matéria orgânica aumenta em 37%, isso pode estar relacionado aos hábitos da população que no inverno consomem menos água. O comportamento observado, pode ser respaldado por diversos estudos que identificam variações sazonais na qualidade dos efluentes. Segundo Von Sperling. (2014), a concentração de matéria orgânica nos efluentes pode aumentar durante os meses de inverno devido à menor diluição, provocada pelo menor consumo de água pela população, o que resulta em efluentes mais concentrados e maior carga orgânica.

Tabela 01: Eficiência de remoção do parâmetro DBO no período de dez/2017 à ago/2018.

Parâmetro	Período de análise	Entrada	Saída	Eficiência
DBO (mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	Dez/2017	383,10	56,50	85,25
	Jan/2018	327,00	59,00	81,96
	Fev/2018	255,90	66,20	74,13
	Mar/2018	287,60	85,10	70,41
	Abr/2018	411,60	74,00	82,02
	Mai/2018	374,20	52,20	86,05
	Jun/2018	487,30	118,70	75,64
	Jul/2018	395,60	77,30	80,46
Ago/2018	476,60	145,70	69,43	

A figura 02 apresenta as concentrações de DQO do período em referência. Verifica-se que todas as concentrações efluentes do sistema de tratamento apresentam concentrações de DQO acima do valor máximo permitido pela legislação. Na tabela 02 são apresentados os valores de eficiente de remoção.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Embora a eficiência na remoção da DQO na ETE de Varginha tenha atingido até 74,5%, as concentrações efluentes ainda ficaram acima dos limites legais. A literatura indica que essa dificuldade é comum em sistemas UASB isolados, com remoções de DQO variando entre 50% e 74% (VON SPERLING, 2005). Isso ocorre porque a DQO inclui compostos não biodegradáveis, cuja degradação é limitada em processos anaeróbios, sugerindo a necessidade de pós-tratamento para atingir a conformidade regulatória (JORDÃO & PESSOA, 2011).

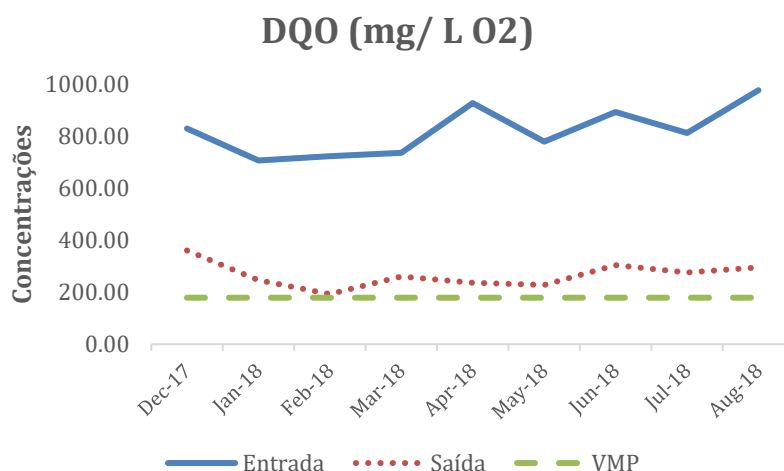


Figura 02: Concentrações de DQO no período de dez/2017 à ago/2018.

Tabela 02: Eficiência de remoção do parâmetro DQO no período de dez/2017 à ago/2018.

Parâmetro	Período de análise	Entrada	Saída	Eficiência
DQO (mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	Dez/2017	830,20	360,90	56,53
	Jan/2018	707,30	246,40	65,16
	Fev/2018	723,9	192,9	73,35
	Mar/2018	736,90	260,40	64,66
	Abr/2018	928,20	236,70	74,50
	Mai/2018	780,20	228,10	70,76
	Jun/2018	893,70	304,60	65,92
	Jul/2018	813,50	275,90	66,08
	Ago/2018	977,90	295,80	69,75

Em relação ao parâmetro sólidos sedimentáveis os meses de janeiro e agosto de 2018 apresentaram resultados em seus efluentes acima do valor máximo permitido pela legislação vigente



(Figura 03).

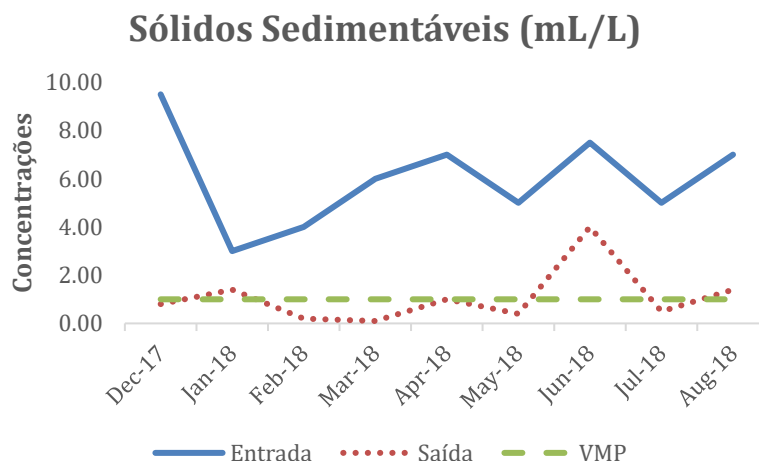


Figura 03: Concentrações de sólidos sedimentáveis no período de dez/2017 à ago/2018.

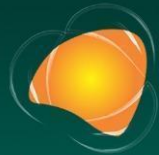
A eficiência de remoção apresentou resultados satisfatórios na maioria dos meses, com exceção dos meses de janeiro e agosto de 2018 (Tabela 03).

Tabela 03. Eficiência de remoção do parâmetro sólidos sedimentáveis no período de dez/2017 à ago/2018.

Parâmetro	Período de análise	Entrada	Saída	Eficiência
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	Dez/2017	9,50	0,80	91,58
	Jan/2018	3,00	1,40	53,33
	Fev/2018	4,00	0,20	95,00
	Mar/2018	6,00	0,10	98,33
	Abr/2018	7,00	1,00	85,71
	Mai/2018	5,00	0,40	92,00
	Jun/2018	7,50	4,00	46,67
	Jul/2018	5,00	0,50	90,00
Ago/2018	7,00	1,40	80,00	

O sistema demonstrou boa eficiência de remoção na maioria dos meses, com exceção de janeiro e agosto de 2018, quando as concentrações ultrapassaram o limite regulamentar de 1 mL/L. Essa inconsistência pode estar associada a picos de carga orgânica e sólidos no sistema, impactando





também o desempenho dos parâmetros de DBO e DQO.

Estudos indicam que a eficiência de remoção de sólidos sedimentáveis pode chegar a 92% em sistemas bem administrados (FORESTI & OLIVEIRA, 1995; SÁNCHEZ ORTIZ et al., 2010). No entanto, variações sazonais e operacionais podem impactar negativamente o desempenho, como observado na ETE de Varginha (JORDÃO & PESSOA, 2011). Assim, altas concentrações de sólidos podem aumentar a carga orgânica total, elevando tanto a DBO quanto a DQO. Isso é especialmente problemático nos meses de inverno, quando o consumo de água é menor e a concentração de sólidos e matéria orgânica aumenta conforme afirmam Sánchez Ortiz et al., (2010).

Nos resultados das análises para este estudo, foram considerados apenas os valores de pH correspondentes aos efluentes do sistema de tratamento, obtendo-se resultados satisfatórios, uma vez que todos apresentaram valores dentro do intervalo de 6,0 a 9,0 (Figura 03), conforme preconiza a legislação pertinente.

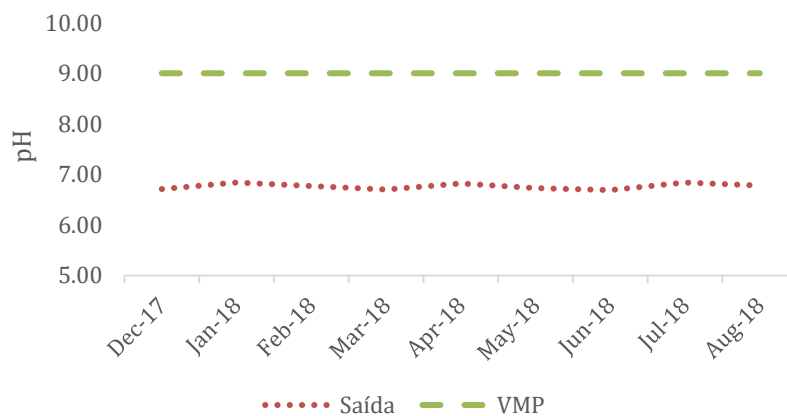
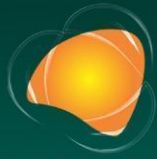


Figura 03: Valores de pH no período de dez/2017 à ago/2018.

A condutividade elétrica, que indica a capacidade de um efluente de condução elétrica devido à presença de íons dissolvidos, é um parâmetro fundamental na avaliação da qualidade dos efluentes. No presente estudo, os valores variam de 689,6 a 958,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , medidos apenas nos efluentes do sistema de tratamento. Estudos recentes mostram que os valores de condutividade elétrica em efluentes tratados podem variar significativamente, refletindo a composição dos efluentes e a eficiência dos processos de tratamento. Mohan et al. (2007) investigaram a biodegradação e descoloração de efluentes



anaerobicamente tratados, ressaltando a importância da condutividade elétrica como um indicador do desempenho do tratamento em relação à presença de compostos indesejados. Além disso, Kumar e Chandra (2006) discutiram a eficiência de diferentes culturas bacterianas na remoção de compostos em efluentes, evidenciando que a variação na condutividade elétrica pode estar relacionada à presença de sais e substâncias inorgânicas que não são removidas de forma eficiente durante o tratamento.

Um estudo revisado por Sharma et al. (2022) constatou que a condutividade elétrica em estações de tratamento de esgoto varia de 600 a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , dependendo de diversos fatores, como a carga orgânica e a época do ano. Assim, a faixa observada entre 689,6 e 958,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  está em consonância com dados da literatura e ressalta a necessidade de vigilância contínua para garantir a eficácia dos sistemas de tratamento de efluentes.

## CONCLUSÕES FINAIS

O sistema de tratamento de reatores UASB se mostrou eficiente na remoção dos parâmetros avaliados, atendendo em grande parte do período analisado os valores máximos permitidos pela legislação previstas na Resolução CONAMA nº 430/2011 e na Deliberação Normativa COPAM-CERH nº 08/2022 para lançamento no corpo receptor. No entanto, a remoção incompleta de DQO e sólidos sedimentáveis em alguns momentos sugere que o sistema possui limitações para tratar compostos não biodegradáveis e sólidos suspensos, especialmente durante picos sazonais de carga orgânica.

Nos períodos em que os parâmetros foram identificados com valores acima dos máximos permitidos pela legislação podem ter ocorridos devido as variações de vazões que podem ocorrer em todo sistema de esgotamento sanitário, decorrente do menor consumo de água e consequente aumento da carga afluente.

## REFERÊNCIAS

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 21st ed. Washington, 2005.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 9898**:preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. 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. **Diário Oficial da União**. Brasília. DF. 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 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. DF. 2011

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos: **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias** – Vol.5: Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte - UFMG, 1997.

COURA, Mônica de Amorim; VAN HAANDEL, Adrianus, C. **Viabilidade técnica e econômica do digestor anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) no sistema anaeróbio/aeróbio**. Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) - Arquivo de referência: I - 169, Rio de Janeiro, 1999.

FORESTI, E.; OLIVEIRA, R. **Tratamento anaeróbio: fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: UFMG, 1995.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

KUMAR, P.; CHANDRA, R. Decolourisation and detoxification of synthetic molasses melanoidins by individual and mixed cultures of *Bacillus* spp. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 16, p. 2096-2102, 2006.

MOHAN, S.; DESAI, C.; MADAMWAR, D. Biodegradation and decolourization of anaerobically treated distillery spent wash by a novel bacterial consortium. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 2, p. 333-339, 2007.

PIMENTA, M.; KATO M. T.; GAVAZZA S.; FLORENCIO L. **Desempenho de reatores piloto tipo UASB e híbrido para o tratamento de esgoto doméstico**. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Arquivo de referência: II-040, Natal, RN, 2005.

SÁNCHEZ ORTIZ, I. A. et al. Reatores aeróbios de leito fluidizado trifásico com circulação interna: caracterização hidrodinâmica e do suporte. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, n. 56, p. 68-77, 2010.

SHARMA, A. et al. Electrochemical treatment of wastewater to remove contaminants from the production and disposal of plastics: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 20, p. 1563-1583, 2022. DOI: 10.1007/s10311-022-01376-5.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.