



VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA PARTIDA DE UM REATOR UASB PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM UMA UNIVERSIDADE

Amanda Sonego Zuntini ¹

Carolina Morales Rodrigues²

Eudes José Arantes³

RESUMO

Este trabalho verificou o desempenho de partida de um reator UASB (Reator Anaeróbio de Manta de Lodo) através da eficiência na remoção de matéria orgânica, para o tratamento de esgoto sanitário de um bloco estudantil em uma universidade. Para isto, foi utilizado reator UASB em escala de bancada, construído em plexiglass, volume útil de 18L, 1,3 m de comprimento e 0,15 m de diâmetro interno. O lodo utilizado no tratamento foi cedido pela estação de tratamento de esgoto e foi inoculado em 1/3 do volume útil do reator, o restante do volume foi completado com esgoto sanitário do campus universitário e mantido em repouso por 10 dias. Após sua partida utilizou-se o tempo de detenção hidráulica de 8h. A eficiência na remoção de matéria orgânica foi obtida por análises do seu afluente e efluente. Os parâmetros analisados foram pH, temperatura, sólidos totais, alcalinidade, ácidos voláteis, demanda química de oxigênio bruta e filtrada e demanda bioquímica de oxigênio. Porém a redução das variáveis analisadas foi pequena, sendo 19,26% para sólidos totais, 50,73% DQO_{bruta} e 25,20% DBO_{bruta}. Dessa forma, conclui-se que o processo de remoção de matéria orgânica do reator UASB analisado não é eficaz, justificando-se pelo tempo de 10 dias destinado à aclimatação dos microrganismos do lodo que pode não ter sido suficiente para a adaptação dos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: Reator UASB, Remoção, Matéria Orgânica, Análises.

CHECKING THE EFFICIENCY OF THE DEPARTURE OF A REACTOR UASB FOR SEWAGE TREATMENT HEALTH IN A UNIVERSITY

ABSTRACT

This work verified the starting performance of UASB (Upflow anaerobic Sludge Blanket) reactor by removal efficiency of organic matter, for the treatment of wastewater of a building of classroom at a university. The UASB reactor was used for bench scale built plexiglass, of volume of 18 Liter, the length of the 1.3 m and internal diameter of the 0.15 m. The sludge used in the treatment was given by

¹ Engenheira Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão.
amandazuntini@hotmail.com.

² Engenheira Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão.
carolina.moralesrodrigues@gmail.com

³ Doutor e Mestre em Engenharia (Hidráulica e Saneamento), Engenheiro Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão, professor. Eudes José Arantes.
eudesarantes@utfpr.edu.br



the wastewater treatment plant and was inoculated into 1/3 of useful volume of the reactor; the volume of the rest was completed with wastewater from the university campus and maintained at rest for 10 days. The hydraulic retention time used for the starting procedure was 8 hours. The removal efficiency of organic matter was obtained by analysis of its influent and effluent. The parameters analyzed were pH, temperature, total solids, alkalinity, volatile acids, chemical oxygen demand (COD) of raw and filtered and biochemical oxygen demand (BOD). But the reduction of variables analyzed was small, and 19.26% for total solids, 50.73% COD_{raw} and 25.20% BOD_{raw}. Thus, it is concluded that the removal of organic matter from the UASB process is not considered effective, thus justifying the 10 day acclimatization time for the sludge microorganisms that may not have been sufficient for the adaptation of the same.

KEYWORDS: UASB reactor, removal, organic matter, Analyses, departure procedures

CONTROL DE LA EFICIENCIA DE LA SALIDA DE UN REACTOR UASB PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA SALUD EN UNA UNIVERSIDAD

RESUMEN

Este trabajo verificó el rendimiento a partir de un reactor UASB (Reactor Anaerobio de lodos Manta) a través de la eficiencia de remoción de materia orgánica, para el tratamiento de las aguas residuales un edificio de clase en una universidad. El reactor UASB se utilizó para la escala de banco de plexiglás construido, de volumen de 18 litros, la longitud de la 1,3 m y el diámetro interno de la 0,15 m. El lodo utilizado en el tratamiento estuvo a cargo de la planta de tratamiento de aguas residuales y se inoculó en un tercio del volumen útil del reactor, el volumen del resto se completó con las aguas residuales de la ciudad universitaria y se mantiene en reposo durante 10 días. El tiempo de retención hidráulico utilizado para el procedimiento de partida fue de 8 horas. La eficiencia de eliminación de la materia orgánica se obtuvo mediante análisis de su influente y efluente. Los parámetros analizados fueron pH, temperatura, sólidos totales, alcalinidad, ácidos volátiles, la demanda química de oxígeno (DBO) de la demanda bioquímica de oxígeno en bruto y se filtró. Pero la reducción de las variables analizadas fue pequeño, y 19,26% para los sólidos totales, 50,73% DQO_{bruto} y 25,20% DBO_{bruto}. Por lo tanto, se concluye que la eliminación de la materia orgánica del proceso UASB no se considera efectiva, justificando así el tiempo de aclimatación 10 días para los microorganismos de lodos que pueden no haber sido suficiente para la adaptación de la misma.

PALABRAS CLAVE: reactor UASB, remoción de materia orgánica, análisis, procedimientos de salida

INTRODUÇÃO

Os esgotos domésticos são compostos 99,9% de água e o restante é constituído de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos e microrganismos. Assim, pode-se considerar que o volume de esgotos domésticos gerados é praticamente igual à quantidade de água consumida nas residências. Dessa forma, torna-se essencial a preocupação e a necessidade em tratar os esgotos domésticos, tendo em vista a quantidade gerada e principalmente a



presença de sólidos em diversas condições que, se liberados diretamente nos cursos d'água podem causar diversos impactos negativos (SPERLING, 1996).

O destino final dado ao esgoto sanitário deve ser realizado de forma apropriada e com concentrações de parâmetros adequados, caso contrário, como praticamente todo efluente urbano é encaminhado a um corpo hídrico, haverá geração de maus odores, alteração na qualidade da água, mortandade de peixes e de outros animais aquáticos (IMHOFF; IMHOFF, 1985).

De acordo com Jordão e Pessôa (2009), o lançamento do esgoto bruto nos rios pode causar a redução da disponibilidade do oxigênio dissolvido, problemas de toxicidade quando contém determinadas concentrações de substâncias tóxicas, elevados níveis de cor e turbidez necessitando de maiores quantidades de produtos químicos para tratamento da água, além de dificultar a passagem da luz na coluna d'água.

A presença de altas concentrações de matéria orgânica pode desencadear na eutrofização do ambiente aquático. Este processo ocorre devido ao aumento de nutrientes lançados no corpo hídrico, principalmente fósforo e nitrogênio, que provocam um crescimento acelerado de algas, assim, a luminosidade na coluna d'água é reduzida e o oxigênio produzido por essas algas é em maior parte liberado para a atmosfera do que dissolvido na água, fazendo com que a concentração de oxigênio disponível na água seja reduzida. Em sequência, os organismos aquáticos começam a morrer, liberando ao ambiente maior quantidade de nutrientes, fechando o ciclo da eutrofização e causando diversos problemas ao ambiente aquático (BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

Uma possibilidade para tratamento biológico dos esgotos sanitários é através dos reatores anaeróbios de fluxo ascendente. O ideal para utilização deste reator é que seja feito um pré-tratamento no efluente para remover areias e gorduras, mesmo assim, esse sistema possui baixa eficiência, controle operacional difícil em alguns casos, mas necessitam de menores áreas para sua instalação sendo uma opção viável para tratar efluentes com alta carga orgânica quando comparado à lagoas anaeróbias, por exemplo (NUVOLARI, 2011).

Para o funcionamento do reator com velocidade de passagem menor que 4 m/h e carga volumétrica de 15 kgDQO.m⁻³.dia⁻¹, podem ser utilizados tempos de detenção hidráulico de 5 a 9 horas, com produção de gás variável. O gás é



produzido na faixa de 80 a 160 litros de gás/ kg de DBO aplicada, sendo de 60 a 70% de metano e 20 a 30% de gás carbônico e somente 50% do gás é liberado, pois o restante é eliminado dissolvido com o efluente. Quando o valor da DBO de entrada é 200 mg.L-1, a eficiência de remoção no reator corresponde a 70%, já para 400 mg.L-1 de DBO, a eficiência aumenta para 80%. Devido à alta remoção de DBO, esse procedimento é escolhido por muitos para tratar efluentes diversos (NUVOLARI, 2011).

Dentre os estudos sobre os reatores UASB, pode-se destacar Aisse, Lobato, Bona e Garbossa (2000) que analisou a eficiência do reator UASB no tratamento de esgoto sanitário em relação à remoção de DQO, sólidos totais e sólidos suspensos totais e obteve como resultados as eficiências de 70%, 39,3% e 72,6%, respectivamente.

Versiani (2005) estudou um reator UASB para o tratamento de esgoto sanitário do campus da UFRJ e obteve como resultados temperatura média de 27°C, pH igual a 7 e eficiência de remoção de DQO de 70% mesmo utilizando elevada carga hidráulica volumétrica (8 m³.m-3.d-1).

Campos, Mochizuki, Damasceno e Botelho (2005) analisou a eficiência do reator UASB para tratamento de dejetos de suínos e como resultado atingiu os valores de remoção de DQO, DBO, sólidos totais, sólidos totais fixos e voláteis respectivamente de 1376, 670, 1089, 142 e 948 mg.L-1, além disto, teve como eficiência do reator para remoção de DQO e DBO de 78 e 75% respectivamente.

OBJETIVOS

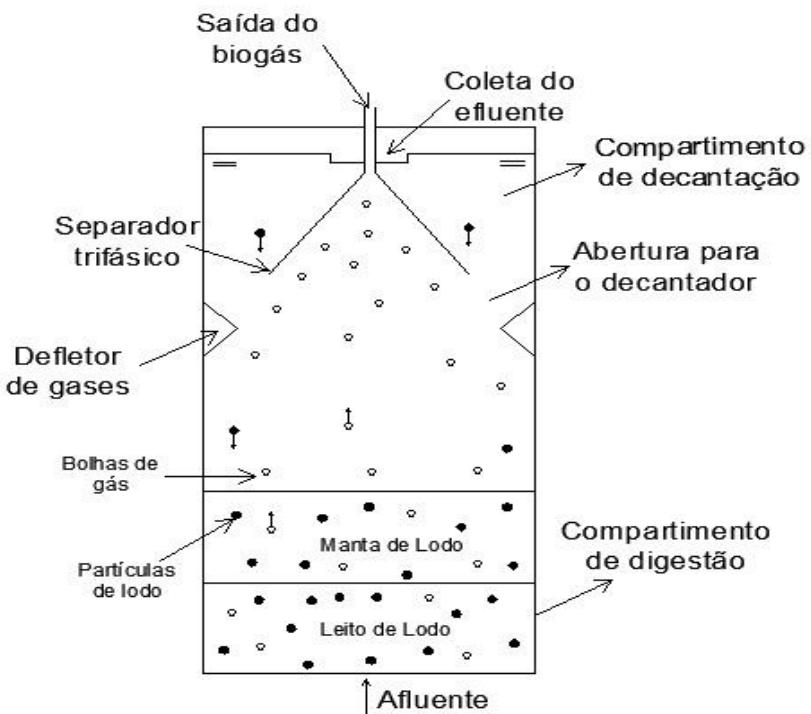
Este trabalho tem como objetivo verificar o desempenho de partida de um reator UASB em escala de bancada, através da sua eficiência na remoção de matéria orgânica, para o tratamento de esgoto sanitário de um campus universitário. Os parâmetros analisados para caracterizar o desempenho foram; pH, temperatura, sólidos totais, alcalinidade, ácidos voláteis, demanda química de oxigênio bruta e filtrada e demanda bioquímica de oxigênio.



METODOLOGIA

Os reatores anaeróbios de escoamento ascendente e manta de lodo (UASB) realizam processos anaeróbios e são constituídos nas suas bases por leitos de lodo anaeróbio, que deve ser denso e possuir boas características de sedimentação, logo acima, há a manta de lodo, apresentando uma zona de crescimento bacteriano mais disperso e sólidos que sedimentam-se de maneira mais vagarosa. Essas duas fases são misturadas de maneira ascendente pelas bolhas de biogás e pelo fluxo do esgoto, exceto no início do funcionamento dos reatores que apresenta baixa liberação de gás sendo necessária a realização de mistura adicional, através de recirculação do gás ou do efluente. Devido a movimentação ascendente das bolhas de biogás há carregamento de partículas de lodo e por isso torna-se necessário a utilização de um separador trifásico na parte superior do reator. Acima do separador há uma câmara de sedimentação em que o lodo mais pesado é separado, retornando ao interior do reator e o lodo mais leve é perdido com o restante do efluente (CHERNICHARO, 1997). A partir da figura 1 é possível observar os compartimentos internos e o esquema genérico de um reator UASB.

Figura 1: Compartimentos internos e estrutura esquemática de reatores UASB.



FONTE: Adaptado de Jordão e Pessôa (2009).



Assim, é possível verificar na literatura o uso do reator UASB para tratamento de diversos efluentes, além de verificar trabalhos que utilizaram outros tratamentos associados a esse para aumentar a eficiência do processo ou até mesmo para realizar o pós-tratamento do efluente do reator UASB.

Para elaboração deste estudo foi utilizado um reator UASB (Figura 2), em escala de bancada, construído em plexiglass com volume útil de 18 L, volume total de 20 L, 1,3 m de comprimento e 0,15 m de diâmetro interno.

O lodo utilizado no tratamento foi cedido pela organização responsável pela estação de tratamento de esgoto do município em que se localiza a universidade e foi inoculado em $\frac{1}{3}$ do volume útil do reator. Após a inoculação, o restante do volume útil foi preenchido com esgoto sanitário proveniente do campus universitário e mantido em repouso por 10 dias. Após esses dias, iniciou-se o funcionamento do reator com tempo de detenção hidráulica (TDH) de 8 horas.

O esgoto sanitário utilizado para tratamento no reator é coletado no bloco B do campus universitário, para isso utiliza-se uma bomba dosadora eletromagnética da marca Dosaq® e acumula-se o efluente em um reservatório de 60 L para atuar como tanque de equalização. Em seguida, o esgoto é conduzido à entrada do reator por uma bomba peristáltica da marca Provitec® para tratamento, conforme indicado na figura 2.



Figura 2: Reator UASB utilizado para o tratamento de esgoto sanitário do campus universitário.



A verificação do desempenho do reator em relação à eficiência na remoção de matéria orgânica foi possível a partir de análises em triplicada do afluente e do efluente ao reator. Os parâmetros analisados foram pH, temperatura, sólidos totais, alcalinidade, ácidos voláteis, demanda química de oxigênio (DQO) bruta e filtrada e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Cada análise foi realizada utilizando os métodos dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros analisados e seus métodos de análise.

| Parâmetro | Metódo de Análise | Referências |
|--|--|----------------------------|
| pH | Potenciométrico | (EATON et al., 2005) |
| Temperatura | - | - |
| Sólidos totais | Gravimétrico | (EATON et al., 2005) |
| Ácidos Voláteis | Titulométrico | (RIPLEY et al., 1986) |
| Alcalinidade | Titulométrico | (DILLALO; ALBERTSON, 1961) |
| Demanda Química de Oxigênio bruta e filtrada | Espectrofotométrico | (EATON et al., 2005) |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio | Aparelho medidor de DBO da marca VELP® | - |



RESULTADOS

A partir das análises realizadas foi possível elaborar a Tabela 2, dispondo os parâmetros analisados, média aritmética, desvio padrão, valor máximo e mínimo do esgoto sanitário bruto e tratado.

Tabela 2: Resultados dos parâmetros analisados para o esgoto sanitário bruto e tratado.

| Parâmetros | Esgoto sanitário bruto | | | | Esgoto sanitário tratado | | | |
|------------------|------------------------|-------|------------|------------|--------------------------|-------|------------|------------|
| | \bar{X} | DP | V_{\min} | V_{\max} | \bar{X} | DP | V_{\min} | V_{\max} |
| pH | 8,33 | 0,01 | 8,31 | 8,35 | 7,74 | 0,05 | 7,59 | 7,74 |
| T | 21,3 | 0 | 21,3 | 21,3 | 20,43 | 0,155 | 20,2 | 20,6 |
| A | 1132,13 | 15,24 | 1120,7 | 1155 | 840,13 | 27,84 | 814,8 | 881,9 |
| AV | 60,6 | 5 | 56,1 | 68,1 | 25,4 | 7,53 | 25,4 | 43,2 |
| DQO _B | 877,16 | 8,88 | 865,5 | 890,5 | 432,16 | 14,44 | 410,5 | 445,5 |
| DQO _F | 367,16 | 18,88 | 620,5 | 665,5 | 335,5 | 16,66 | 310,5 | 350,5 |
| DBO | 502 | 0 | 502 | 502 | 375,5 | 2,5 | 373 | 378 |
| ST | 758,8 | 50,93 | 682,4 | 818 | 612,66 | 31,11 | 566 | 652 |

Legenda: T- Temperatura (°C); A- Alcalinidade ($\text{mgCaCO}_3\text{.L}^{-1}$); AV- Ácidos Voláteis (mgL^{-1}); DQO_B- Demanda Química de Oxigênio Bruta (mg.L^{-1}); DQO_F- Demanda Química de Oxigênio Filtrada (mg.L^{-1}); DBO- Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L^{-1}); ST- Sólidos Totais (mg.L^{-1}); \bar{X} - Média Aritmética; DP- Desvio Padrão; V_{\min} - Valor mínimo e V_{\max} - Valor máximo.

A partir da tabela 2 é possível verificar que o pH foi reduzido de 8,33 para 7,74 após o tratamento, e, em ambos os casos teve seu valor dentro do recomendado por Metcalf e Eddy (1991), que afirmam a necessidade de pH variável de 6 a 9 para permitir um desenvolvimento ótimo das bactérias metanogênicas, responsáveis pelo tratamento. A temperatura no esgoto afluente e efluente ao reator teve valores adequados, considerando que para o favorecimento da digestão anaeróbia é preciso temperatura na faixa mesofílica (20 a 45°C).

A alcalinidade do afluente e efluente foi respectivamente 1132,13 $\text{mgCaCO}_3\text{.L}^{-1}$ e 840,13 $\text{mgCaCO}_3\text{.L}^{-1}$, a alta concentração deste parâmetro está provavelmente relacionado ao uso da água ocorrido na universidade e à sua origem que provém de poço artesiano. Os ácidos voláteis tiveram suas concentrações médias reduzidas de 60,6 mg.L^{-1} do afluente para 25,4 mg.L^{-1} do efluente, assim, pode-se verificar que o processo de digestão anaeróbia está satisfatória já que, de acordo com Metcalf e Eddy (1991), a alcalinidade deve variar de 1000 a 5000 mg.L^{-1} e os ácidos voláteis devem ser menores que 250 mg.L^{-1} .



Os valores obtidos para a concentração de matéria orgânica a partir da demanda química de oxigênio bruta e filtrada, foram reduzidos de 877,16 mg.L⁻¹ do esgoto bruto à 432,16 mg.L⁻¹ do esgoto tratado para a DQO bruta e de 367,16 mg.L⁻¹ (afluente) à 335,5 mg.L⁻¹ (efluente) para a DQO filtrada, apresentando eficiências de remoção de 50,73% e 8,62% respectivamente. A demanda bioquímica de oxigênio teve sua concentração alterada de 502 mg.L⁻¹ do esgoto bruto para 375,5 mg.L⁻¹ do esgoto tratado, correspondendo à eficiência de 25,20% na remoção da matéria orgânica.

Segundo Metcalf e Eddy (1991) a relação entre a demanda bioquímica de oxigênio e a demanda química de oxigênio para esgotos domésticos sem tratamento devem variar de 0,4 a 0,8. No presente estudo, a relação apresentada por essas variáveis para o esgoto bruto foi de 0,57, estando, portanto, dentro da faixa esperada.

Os sólidos totais analisados foram mensurados em 758,8 mg.L⁻¹ para o esgoto bruto e 612,66 mg.L⁻¹ após o tratamento. De acordo com Jordão e Pessôa (2009) os valores esperados para esse parâmetro varia de 370 mg.L⁻¹ a 1160 mg.L⁻¹, com valor médio de 730 mg.L⁻¹, assim, é possível verificar que a concentração dessa variável no efluente bruto está dentro da variação esperada, apresentando valor próximo ao médio. Contudo, a remoção de sólidos totais foi de apenas 19,26%.

É importante salientar que de acordo com Sperling (1996) verifica-se que o esgoto sanitário bruto da universidade não está dentro dos padrões esperados, tendo em vista os valores de pH que foi de 8,33, alcalinidade de 1132,13 mgCaCO₃.L⁻¹ e DQOB de 877,16 mg.L⁻¹ deveriam estar respectivamente entre os valores de 6,7 e 7,5, 110 e 170 mgCaCO₃.L⁻¹ e 400 e 800 mg.L⁻¹. A concentração de sólidos totais obtida estava dentro do esperado, considerando que o valor resultante foi de 758,8 mg.L⁻¹ e a faixa varia de 700 a 1350 mg.L⁻¹. A DBO deveria oscilar entre 200 e 500 mg.L⁻¹, como foi analisada em 502 mg.L⁻¹, é possível verificar que apesar de estar fora dos valores esperados, não os infringiu em grande magnitude.

Os valores encontrados para os parâmetros analisados não estão dentro dos valores esperados segundo Sperling (1996) provavelmente devido à origem do efluente que é proveniente de um bloco universitário, assim, há horários de geração diferenciados quando comparado ao esgoto gerado em residências, além de sofrer,



ocasionalmente, com lançamentos de produtos químicos na rede de esgoto oriundos dos laboratórios que não deveriam ser descartados dessa forma.

Apesar de já ter citado acima as eficiências de remoção da DQO bruta e filtrada, DBO e sólidos totais, foi elaborada a Tabela 3 para melhor visualizar esses valores.

Tabela 3: Eficiência de remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio Bruta (DQO_B) e Filtrada (DQO_F) e Sólidos Totais (ST).

| Parâmetros | Eficiência de remoção (%) |
|------------|---------------------------|
| DBO | 25,20 |
| DQO_B | 50,73 |
| DQO_F | 8,62 |
| ST | 19,26 |

A partir da análise da eficiência de remoção da DQO bruta e filtrada (50,73% e 8,62%), DBO (25,20%) e sólidos totais (19,26%), evidencia-se que o processo de tratamento não está sendo realizado de maneira eficaz. Sperling (1996) afirma que a remoção de DBO esperada para reatores anaeróbios de manta de lodo devem variar de 60 a 80%, demonstrando que o reator em análise apresentou uma remoção bem inferior ao esperado.

A principal justificativa para esse resultado é o tempo escolhido para manter o reator em repouso após a inoculação do lodo e antes da partida do mesmo, tendo em vista que correspondeu a 10 dias e possivelmente este período não tenha sido suficiente para que os microrganismos se adaptassem às novas condições e degradassem a matéria orgânica de maneira satisfatória.

CONCLUSÃO

A partir da realização deste trabalho foi possível verificar a diminuição no pH e temperatura e uma redução na concentração dos parâmetros alcalinidade, ácidos voláteis, demanda química de oxigênio bruta e filtrada, demanda bioquímica de oxigênio e sólidos totais. Contudo, mesmo com a redução nos valores das variáveis analisadas a remoção de sólidos totais, demanda química de oxigênio bruta e filtrada e demanda bioquímica de oxigênio ficou muito baixa, correspondendo respectivamente aos valores de 19,26%, 50,73%, 8,62% e 25,20%.



Dessa forma, evidencia-se que o processo de remoção de matéria orgânica do reator UASB analisado ainda não está eficaz, porém, tal fato pode ser justificado pelo tempo de 10 dias, decorrido a partir do dia em que o lodo foi inoculado até o momento de partida do reator, que pode não ter sido suficiente para que os microrganismos se adaptassem às novas condições e degradassem a matéria orgânica de maneira satisfatória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISSE, Miguel M.; LOBATO, Marlton B.; BONA, Alexsandro; GARBOSSA, Luis H. P. Estudo comparativo do reator UASB e do reator anaeróbio compartimentado sequencial no tratamento de esgoto sanitário. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000. Disponível em: <http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica /DOC_3688.pdf>. Acesso em: 01 out. 2014.
- BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL (Orgs.). **Águas do Brasil:** análises estratégicas. São Paulo, Instituto de Botânica, 2010. 224 p. Disponível em: <http://www.abc.org.br/rubrique.php3?id_rubrique=150>. Acesso em: 30 set. 2014.
- CAMPOS, Cláudio M. M.; MOCHIZUKI, Emerson T.; DAMASCENO, Leonardo H.S.; BOTELHO, Cláudio G. Avaliação do potencial de produção de biogás e da eficiência de tratamento do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) alimentado com dejetos de suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, ago. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v29n4/a18v29n4.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2014.
- CHERNICHARO, Carlos A. L. **Reatores anaeróbios.** Belo Horizonte: UFMG, 1997. 245p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias ; 5).
- DILLALO, R.; ALBERTSON, O.E. Volatile acids by direct titration. **Journal of Water Pollution Control Federation**, v. 33, p.356-365, 1961.
- EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; RICE, E.W.; GREENBERG, A.E.(Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 21th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation, 2005.
- IMHOFF, Karl; IMHOFF, Klaus R. **Manual de tratamento de águas residuárias.** São Paulo: E. Blucher, 1985. 301 p.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 5. Ed. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2009. xxvi, 941 p.
- METCALF E EDDY. Inc. Wastewater Engineering: treatment, disposal, and reuse. 3.ed. New York, McGraw-Hill, c1991, 1334 p.
- NUVOLARI, Ariovaldo (Coord.). **Esgoto Sanitário:** Coleta, tratamento e reuso agrícola. 2 ed., ampl. São Paulo, SP: Blucher: FATEC, 2011.
- RIPLEY, L.E.; BOYLE, W.C.; CONVERSE, J.C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. **Journal Water Pollution Control Federation**, v. 58, p.406-411, 1986.



SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** - 2 ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.

VERSIANI, Betina M. **Desempenho de um reator UASB submetido a diferentes condições operacionais tratando esgotos sanitários do Campus da UFRJ.** 2005. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/inter/2005/Teses/VERSIANI_BM_05_t_M_int.pdf>. Acesso em: 01 out. 2014.