

## II-309 - FRACIONAMENTO DO DESCARTE DE LODO DE EXCESSO EM REATORES UASB VISANDO A OTIMIZAÇÃO DA OPERACIONALIZAÇÃO DOS LEITOS DE SECAGEM

**Larissa Pereira Miranda**<sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestranda em Engenharia Ambiental com foco em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

**Caio Rebuli de Oliveira**<sup>(2)</sup>

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo.

**Ricardo Franci**<sup>(3)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Especialista em Engenharia de Saúde Pública pela ENSP – FIOCRUZ. Doutor em Engenharia do Tratamento de Águas - Institut National Des Sciences Appliquées Toulouse. Pós-doutor pelo Departamento de Gestão de Águas Urbanas da Universidade Técnica de Berlim – Alemanha. Professor Titular do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo

**Endereço**<sup>(3)</sup>: Avenida Fernando Ferrari, 514 –Campus de Goiabeiras - Vitória -ES - CEP: 29060-970 - Brasil - Tel: (27) 33352857 - e-mail: franci@npd.ufes.br

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desaguamento por meio de descarte fracionado do lodo de manta de um UASB tratando esgoto sanitário. O lançamento de pequenos volumes ao fim da etapa de remoção da água livre por percolação foi comparado ao desaguamento por descarte tradicional de grandes volumes em batelada única. Utilizou-se um aparato experimental denominado Desaguador Estático Vertical (DEV) em escala piloto para simular os fenômenos que ocorrem em um leito de secagem. Os resultados mostram que a percolação foi responsável por mais de 60% da remoção de água livre presente no lodo. O descarte tradicional reduziu o volume inicial para 40%, enquanto que o descarte fracionado reduziu o volume para 38% do volume inicial. Os ensaios em batelada e fracionado elevaram o teor de sólidos totais de 3,2% para 7,1% e de 3,5% para 11,3% respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desaguamento, Lodo anaeróbio, Descarte de lodo, Leito de secagem, Gerenciamento do lodo.

### INTRODUÇÃO

O desaguamento de lodo em pequenas e médias ETEs que utilizam os reatores UASB frequentemente é realizado por meio de leitos de secagem, principalmente em países de clima tropical ou temperado, pelo baixo custo de operação, simplicidade operacional e bom rendimento na remoção da umidade do lodo (TILLEY et al., 2014).

Os leitos de secagem são unidades de processamento do lodo confeccionadas como tanques rasos preenchidos de areia e brita e dotados de um sistema de drenagem da água percolada no fundo (WANKE, 2005). Sua operacionalização é realizada a partir do desaguamento em batelada que pode ser dividida em quatro etapas: a primeira composta pelo enchimento do tanque, a segunda pela percolação da água livre, que remove de 50% a 80% da umidade, a terceira envolvendo a evaporação da água ainda retida no lodo e a quarta e última que envolve a remoção da torta de lodo após atingir o teor almejado de sólidos. Os principais fatores que influenciam no desempenho dos leitos de secagem são a umidade inicial do lodo e fatores climatológicos, tais como radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar, e precipitação (MELO et al, 2006).

Não há um procedimento padrão de descarte do lodo de excesso de reatores UASB, que considere de maneira integrada as eficiências de tratamento da fase líquida e do sistema de desaguamento. Este é um sério fator de desequilíbrio de qualquer tipo de ETE, pois está na origem do descontrole do manejo do lodo de excesso (USEPA, 1986). Van Haandel e Lettinga (1994) sugerem que os reatores UASB disponham de uma tubulação de descarte para remoção do lodo da manta, de menor sedimentabilidade e menos ativo biologicamente, e outra

no fundo, para remover com menos frequência, visto que este é o lodo mais ativo biologicamente permitindo manter a eficiência do tratamento, o acúmulo de material inerte nesta região do reator. Entretanto, embora a manta de lodo seja a fração da biomassa mais suscetível a ser lavada durante os picos de vazão, é prática comum o descarte de lodo do UASB ocorrer a partir do seu fundo, devido aos grandes volumes de água envolvidos no descarte do lodo da manta (VAN LIER et al., 2010). Isso pode causar choques hidráulicos na estação, caso o filtrado do desaguamento retorne para o UASB, e impactar diretamente no funcionamento do leito de secagem.

A dinâmica do desaguamento natural por meio da percolação e sem agentes condicionantes do lodo apresenta grandes volumes percolados no início do processo, referindo-se à água livre, volumes menores em fases intermediárias e encontro da umidade de equilíbrio na fase final. Estudos realizados por Yükselen (1998), Wanke (2005), Cavalcanti (2003) e Melo (2006) observaram que a percolação foi responsável pela redução de mais de 70% da água presente no lodo, seja a amostra oriunda da manta seja do leito de lodo do UASB.

Visto isso, o objetivo deste trabalho é avaliar um novo procedimento técnico de descarte de lodo em termos de capacidade de desaguamento. Tal procedimento compreende o descarte fracionado, com o lançamento de pequenos volumes ao fim da etapa de remoção da água livre por percolação a fim de evitar choques hidráulicos na estação. Este será comparado com o desaguamento por descarte tradicional em batelada, com lançamento de grandes volumes, visando solucionar o gargalo do descarte de lodo de excesso da manta.

## METODOLOGIA

Os testes objetivaram avaliar a segunda etapa da operacionalização de um leito de secagem que constitui a percolação na água livre. Para isso foi utilizado um aparato experimental denominado Desaguador Estático Vertical (DEV), tal qual apresentado na Figura 1, constituído por um tubo de PVC de 65 mm de diâmetro interno, com altura total de 600 mm acima do flange de retenção da tela filtrante, esta constituída de aço inox com diâmetro de corte de 18 mesh. Na parte inferior do tubo foi acoplado um funil e uma proveta graduada de 1000 mL para medição do volume escoado durante o teste.

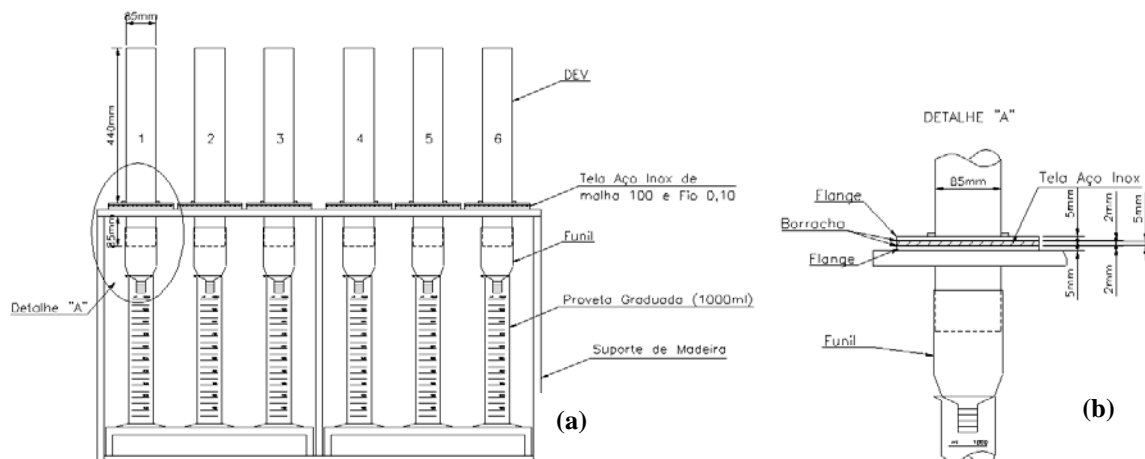
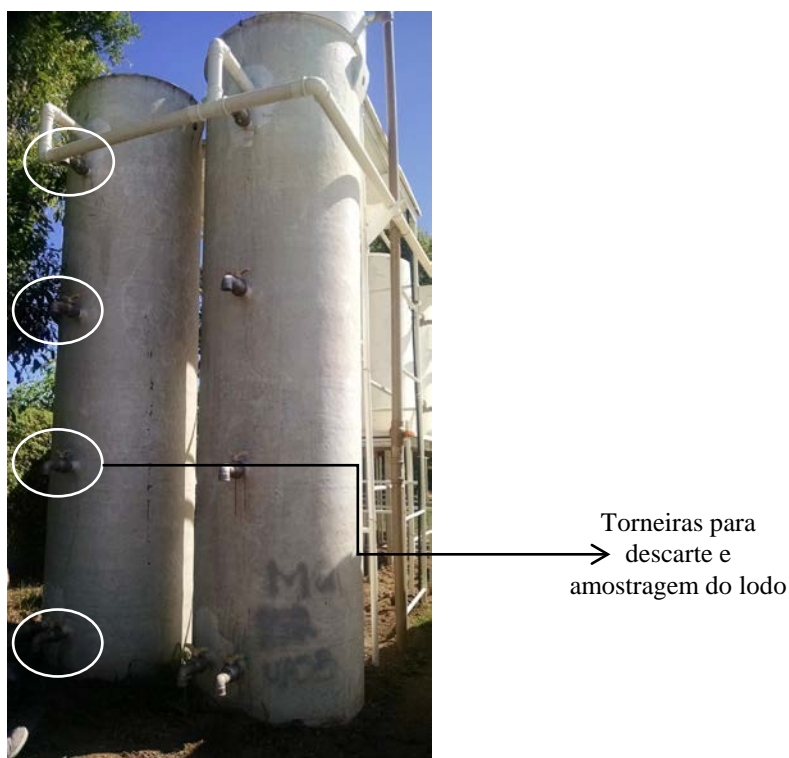


Figura 1 – (a) Desaguador Estático Vertical - piloto. (b) Detalhe “A” do esquema do DEV.

O lodo aplicado nos ensaios foi coletado da manta de um reator UASB tratando esgoto sanitário de características médias. Tal reator é parte integrante de um sistema piloto de tratamento de águas residuárias e localiza-se no Bairro Araçás em Vila Velha – ES. O reator conta com capacidade para tratar uma vazão média de 0,14 L/s apresentando eficiência de remoção de DQO de 60% e está apresentado na Figura 2.



**Figura 2 – Reatores UASB do parque experimental localizado na ETE Araçás.**

Para o ensaio em batelada, o lodo aplicado apresentou concentração de ST igual a 32,3 g/L, relação SV/ST igual a 0,68 e teor de sólidos igual a 3,2%. Neste foi utilizado um volume de lodo de 1300mL. Já para o ensaio fracionado, o lodo apresentou concentração de ST igual a 35,8 g/L, relação SV/ST igual a 0,60 e teor de sólidos igual a 3,6%. Foi utilizado um volume total de 1500mL divididos em três frações de 500mL. Um resumo dos dados pode ser encontrado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Dados do lodo bruto utilizado nos ensaios.**

|                                     | <b>Desaguamento em batelada</b> | <b>Desaguamento fracionado</b> |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Teor de sólidos (%)                 | 3,2                             | 3,6                            |
| [ ] g ST/L                          | 32,3                            | 35,8                           |
| SV/ST                               | 0,68                            | 0,6                            |
| Volume aplicado (mL)                | 1300                            | 3 x 500                        |
| Carga aplicada (kg/m <sup>2</sup> ) | 9,5046                          | 12,1552                        |

O primeiro ensaio simulou o desaguamento por descarte em batelada. Nesta primeira fase do trabalho, cada ensaio de desaguamento se iniciava com a carga de lodo nos DEVs, seguida do período de desaguamento, da descarga da torta e da lavagem do piloto. Logo após a carga de lodo, a leitura do volume escoado tinha início e era realizada nas provetas a cada minuto até completarem-se dez minutos, depois a cada cinco minutos até sessenta minutos, e depois foram realizadas leituras com tempos aleatórios até vinte e quatro horas. Após as 24 horas de duração do teste de desaguamento, eram realizadas análises de ST da torta de lodo segundo o Standard Methods (APHA, 2012).

O segundo ensaio simulou o desaguamento por descarte fracionado. Desta vez, cada ensaio iniciava-se com a primeira fração da carga de lodo com baixos volumes. As leituras eram, então, realizadas a partir do lançamento a cada minuto até completarem-se dez minutos, depois a cada cinco minutos até sessenta minutos, e com tempos aleatórios até completarem-se três horas. Este tempo foi definido a partir da análise do gráfico de percolação do lodo, indicando o fim da etapa de percolação da água livre. Em seguida, eram realizados o lançamento da segunda fração da descarga seguida da leitura tal qual na primeira fração e o lançamento da

terceira fração, também seguida de leitura. Após as 24 horas de duração do teste de desaguamento, eram realizadas análises de ST da torta de lodo.

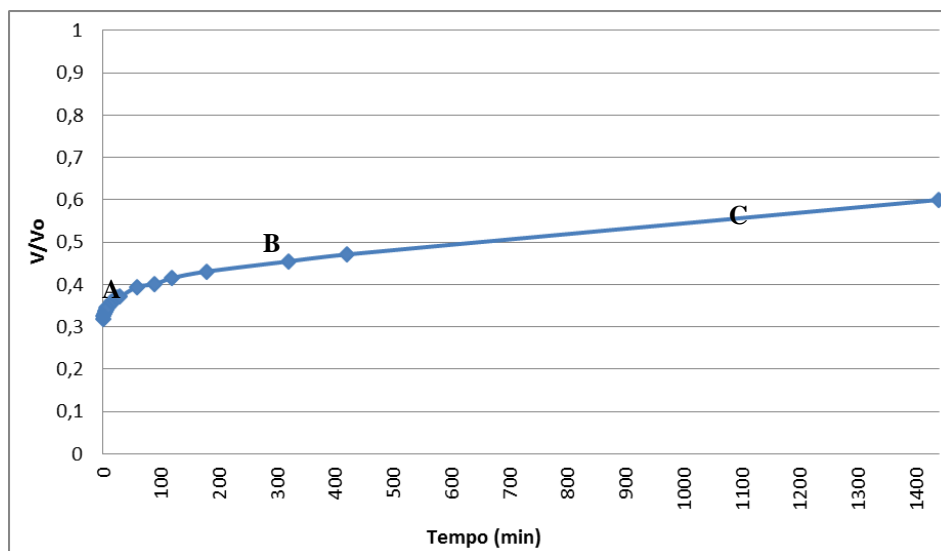
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicando-se a metodologia descrita neste trabalho, foi possível reduzir o lodo a uma torta de lodo com as características apresentadas na Tabela 2.

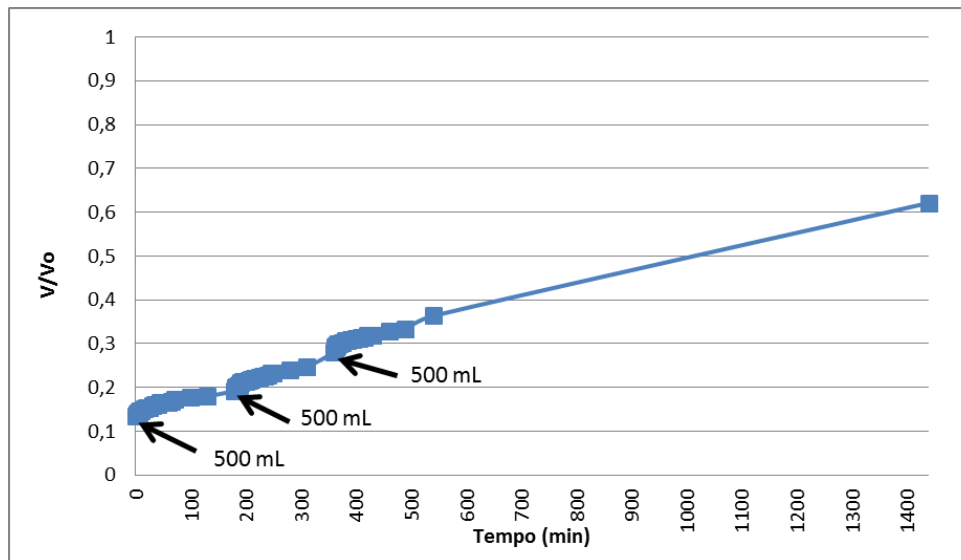
**Tabela 2 – Resultados produzidos para cada tipo de ensaio.**

|                              | Desaguamento em batelada | Desaguamento fracionado |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Teor de sólidos na torta (%) | 6,89                     | 7,54                    |
| [ ] g ST/L na torta          | 68,92                    | 75,38                   |
| SV/ST da torta               | 0,67                     | 0,58                    |
| Redução do volume (%)        | 60                       | 62                      |

Assim como nos estudos realizados por Yükselen (1998), Cavalcanti (2003) e Melo (2006), observou-se nessa pesquisa que a percolação foi responsável pela redução de mais de 70% da água presente no lodo, sendo que ao fim das primeiras 24 horas observou-se a percolação de mais de 60% dessa água. As Figuras 2 e 3 mostram a cinética de desaguamento do lodo no sistema em batelada e no sistema fracionado, respectivamente. As setas apresentam o instante do lançamento.



**Figura 2: Desaguamento de lodo em batelada ao longo de 24 horas.**



**Figura 3: Desaguamento de lodo de forma fracionada ao longo de 24 horas.**

No ensaio em batelada, ao final das 24 horas, o lodo reduziu para 40% do volume inicial sendo a carga aplicada sobre o DEV de 9,50 kg ST/m<sup>2</sup>. O volume total de lodo utilizado (1300mL) atingiu uma altura de 30 cm. Pode-se notar o comportamento da curva de desaguamento apresentando três regiões distintas: as duas primeiras (trechos A e B) referem-se ao escoamento da água livre contida nos lodos não condicionados. A terceira região corresponde à soma da água de união com a água intersticial, que constituem cerca de 30% da quantidade de água distribuída nos lodos (trecho C). No início do trecho C, o lodo terá atingido a umidade de equilíbrio (YÜKSELEN, 1998) e a remoção da água exigirá a intervenção de forças de origem química (uso de polímeros) ou térmicas para provocar uma mudança no estado de agregação da água as partículas sólidas (KOPP e DICHTL, 2001).

No ensaio com desaguamento fracionado, ao final das 24 horas, o lodo reduziu para 38% do volume inicial sendo a carga aplicada sobre o DEV de 12,16 kg ST/m<sup>2</sup>, este 22% maior que do ensaio anterior. A cinética da curva de desaguamento apresenta um comportamento diferente da curva do primeiro ensaio. Nesta é possível notar que o escoamento da água livre encontra-se presente ao longo de toda a curva. O fracionamento do descarte permite equalizar a taxa de perda de água livre otimizando-se, assim, o tempo de uso do aparato. O volume total de lodo utilizado (1500 mL) atingiria uma altura de 34cm, entretanto, como o ensaio foi realizado de forma fracionada, apenas 17cm de altura foram requeridos no ensaio. O que mostra a possibilidade de aplicação de maiores volumes sem alteração nas configurações dos leitos de secagem.

Quanto ao teor de sólidos na torta ao fim das 24 horas, o ensaio em batelada elevou esse parâmetro de 3,2% a 6,89%. Já o ensaio fracionado permitiu a elevação do teor de sólidos de 3,5% para 7,54%. Dados que reforçam a premissa de que o ensaio fracionado otimizaria o uso do leito de secagem sem prejuízos na redução do teor de água do material a ser gerenciado.

Com os resultados apresentados acima, entende-se que o fracionamento do descarte de lodo não prejudica a percolação da água livre e pode tornar-se uma estratégia interessante na otimização das estruturas dos leitos de secagem, permitindo a aplicação de volumes maiores sem alterações na configuração do sistema, bem como o alcance de maiores taxas de aplicação em termos de kg ST/m<sup>2</sup>. Isto possibilitaria o descarte do lodo de manta dos reatores de forma a evitar choques hidráulicas nos sistemas de tratamento, mantendo o lodo mais ativo (leito) no reator.

## CONCLUSÕES

- O fracionamento do descarte de lodo de excesso permite que o desaguamento alcance eficiências de remoção de umidade muito próximas do sistema convencional utilizando leitos de secagem de lodo;
- Esta estratégia pode ser utilizada para evitar o transbordamento do leito de secagem, visto que menores alturas são requeridas;
- O descarte de lodo do reator UASB pode dar-se pela fração menos ativa (manta), sem causar choques hidráulicos nos sistemas de tratamento;
- Fracionar o descarte irá requerer uma maior atenção por parte do operador do sistema, visto que a operação das torneiras será mais frequente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22.ed., New York: AWWA, WPCR. 2012.
2. BERTANZA, Giorgio et al. How can sludge dewatering devices be assessed? Development of a new DSS and its application to real case studies. *Journal of environmental management*, v. 137, p. 86-92, 2014.
3. CAVALCANTI, P.F.F. (2003) - Integrated application of the UASB reactor and ponds for domestic sewage treatment in tropical regions. PhD Thesis Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. ISBN: 90-5808-819-9. 141 pgs.
4. CHERNICHARO, C. A. Biological Wastewater Treatment Series. Volume four: Anaerobic reactors. Londres, Inglaterra: IWA Publishing, 2007.
5. CHRISTENSEN, M. et al. Dewatering in biological wastewater treatment: a review. *Water research*, v. 82, p. 14-24, 2015.
6. EL FELLS, L. et al. Assessment of biotransformation of organic matter during co-composting of sewage sludge-lignocelulosic waste by chemical, FTIR analyses, and phytotoxicity tests. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 87, p. 128-137, 2014.
7. FENG, G. et al. Effects of thermal treatment on physical and expression dewatering characteristics of municipal sludge. *Chemical Engineering Journal*, v. 247, p. 223-230, 2014.
8. GONG, C. et al. Ultrasonic application to boost hydroxyl radical formation during Fenton oxidation and release organic matter from sludge. *Scientific reports*, v. 5, 2015.
9. GUO, W. et al. Minimization of excess sludge production by in-situ activated sludge treatment processes—A comprehensive review. *Biotechnology advances*, v. 31, n. 8, p. 1386-1396, 2013.
10. KOPP, J., DICHTL, N. (2001) - Influence of the free water content on the dewaterability of sewage sludges. *Water Science and Technology Vol 44 No 10 pp 177–183*
11. LÜBKEN, M. et al. Modelling the energy balance of an anaerobic digester fed with cattle manure and renewable energy crops. *Water research*, v. 41, n. 18, p. 4085-4096, 2007.
12. MAHMOUD, A. et al. Influence of process operating parameters on dryness level and energy saving during wastewater sludge electro-dewatering. *Water research*, v. 103, p. 109-123, 2016.
13. MELO, A. Contribuição para o dimensionamento de leitos de secagem de lodo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de ciências e Tecnologia. Campina Grande, 2006.
14. MELO, A.S. (2006) - Contribuição para o dimensionamento de leitos de secagem de lodo – Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, CDU 628.336.4, 74 pgs.
15. PESTANA, M.; GANGHIS, D. Tratamento de efluentes. Salvador: IFBA/Departamento de Administração e Processos Industriais. 69p. Apostila, 2007.
16. TILLEY, E., ULRICH, L., LÜTHI, C., Reymond, Ph., Zurbrügg, C. (2014) - Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2nd Revised Edition. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland. 180 pp. ISBN: 978-3-906484-57-0
17. USEPA (1986) – Sludge drying bed design review. Contract Number 68-03-1821. 8 pgs. Accessible in <http://nepis.epa.gov/> in June 10th 2016.
18. VAN HAANDEL, A., LETTINGA, G (1994). Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente. In: Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente. Epgraf.
19. VAN LIER, J.B., VASHI, A., LUBBE, J.v.d., HEFFERNAN, B. (2010) - Chapter 4 - Anaerobic Sewage Treatment using UASB Reactors: Engineering and Operational Aspects. In *Environmental Anaerobic*

- Technology: Applications and New Developments. Ed. by: Herbert H P Fang (The University of Hong Kong, Hong Kong), 420 pp., ISBN: 978-1-84816-542-7
20. VANZETTO, A. S. Análise das alternativas tecnológicas de desaguamento de lodos produzidos em estações de tratamento de esgoto. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
  21. YÜKSELEN, M.A. (1998) – Applicability of UASB sludge to agricultural lands – Water Science & Technology, Vol. 37, No. 8, pp. 153 – 159.
  22. WANKE, R. Drenagem Natural da Água Livre de Lodos de Reator UASB Condicionados com Polieletrólitos em Desaguador Estático Vertical com Tela. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.