

II-541 - ACUMULAÇÃO E REMOÇÃO DE ESCUMA EM REATORES UASB: ESTUDO DE CASO ETE LABOREAUX – ITABIRA/MG

André Pereira Rosa⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental. Doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Augusto Diniz de Ulhoa Cintra Schmidt

Graduando em Engenharia Ambiental

Jorge Martins Borges

Engenheiro Mecânico. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFMG. Diretor Técnico do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabira - MG

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo

Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade de Newcastle upon Tyne – UK. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

Endereço⁽¹⁾: Av. Antônio Carlos, 6627 - UFMG/EE/DESA Bloco 2, sala 4541 - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270-901 - Brasil - Tel: (31) 3409-1025 - e-mail: calemos@desa.ufmg.br

RESUMO

Este trabalho objetivou quantificar a taxa de acumulação de espuma no interior de separadores trifásicos (STF), assim como a consolidação de um protocolo para a remoção hidrostática da espuma. Os trabalhos foram desenvolvidos na ETE *Laboreaux* (População equivalente de 70.000 habitantes), localizada na cidade de Itabira/MG – Brasil. A eficácia do dispositivo hidrostático de remoção de espuma foi avaliada em dois dos sete separadores trifásicos (STF 1 e 4), em um dos oito reatores UASB da ETE *Laboreaux*. Para estes STF, a espuma foi quantificada e removida sistematicamente através de dois descartes semanais ao longo de quatro semanas. Nos STF 5 e 7 não houve descarte de espuma, sendo determinada a taxa de acumulação para o mesmo período de monitoramento. A menor eficiência de remoção de espuma foi da ordem de 80% (em um único teste), enquanto que a maioria dos testes apresentou eficiências superiores a 90%. As taxas de acumulação de espuma nos STF 5 e 7 foram de 0,20 a 0,24 L.m⁻².d⁻¹, respectivamente. Considerando uma taxa média de 0,22 L.m⁻².d⁻¹, estimou-se um acúmulo de espuma de 1,37 L.d⁻¹ ou 3,97 mL.kg DQO aplicado⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Controle operacional, remoção de espuma, reator UASB, tratamento de esgoto.

INTRODUÇÃO

Reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) têm sido amplamente utilizados no Brasil para o tratamento do esgoto doméstico, entretanto uma grande limitação operacional é ainda relatada na maioria das estações em escala real, a remoção da espuma acumulada no interior dos separadores trifásicos (STF). Este problema tem sido reportado por diversos autores (HALALSHEH *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2006) e além dos estudos de caracterização da espuma (PEREIRA *et al.*, 2009; GARCIA *et al.*, 2012), o foco das pesquisas tem ido ao encontro aos aspectos práticos do gerenciamento de espuma em estações em escala real, particularmente na ETE *Laboreaux* (EP = 70.000 habitantes) e ETE Onça (EP = 1 milhão de habitantes), respectivamente localizadas nas cidades de Itabira e Belo Horizonte (CHERNICHARO *et al.*, 2009; ROSA *et al.*, 2012).

A espuma constitui-se em uma camada de materiais flutuantes que se desenvolve na superfície de reatores anaeróbios. Junto a essa matriz podem estar presentes gorduras, óleos, ceras, sabões, restos de alimentos, cascas de frutas e vegetais, cabelo, papel e algodão, pontas de cigarros, materiais plásticos e materiais similares (SOUZA, 2006). Este material é de difícil quantificação devido à sua heterogeneidade e ausência de metodologia específica a seu respeito (PEREIRA *et al.*, 2009), o que compromete a avaliação da sua composição, biodegradabilidade e respectivos coeficientes de produção, assim como a dificuldade de comparação dos resultados disponíveis (HALALSHEH *et al.*, 2005). O acúmulo e a não remoção periódica da espuma gera problemas operacionais no reator, como o bloqueio da passagem natural do gás, prejudicando sua coleta (LETTINGA e HULSHOFF POL, 1991). Pode ainda ocasionar a diminuição da eficiência do tratamento, devido à perda de partículas de espuma juntamente com o efluente final (SILVA *et al.*, 2005;

SATO *et al.*, 2006). A prática operacional de remoção da espuma geralmente aplicada consiste na desagregação da espuma para permitir a sucção do material por caminhões limpa-fossa.

Dado o conhecimento do acúmulo de espuma no interior do separador trifásico, são previstos meios de retirada desse material na concepção de projetos de reatores UASB. Como não se sabe se a espuma apresentará características fluidas, que permitam remoção hidrostática por meio de canaletas, é recomendada incorporação de uma alternativa que possibilite a remoção de espuma mais concentrada, como escotilhas de inspeção localizadas acima do separador trifásico. A presença dessas escotilhas de fechamento hermético possibilita a identificação da necessidade de remoção do material, e também a medição da espessura da camada acumulada.

O objetivo deste trabalho é apresentar novas evidências (após os estudos conduzidos por ROSA *et al.*, 2012) que a remoção de espuma dos separadores trifásicos (STF) pode ser realizada de maneira adequada, por meio de canaletas internas, desde que seja mantido o correto nível de pressão no interior dos STF. A determinação da taxa de acumulação da espuma no interior dos STF também é um dos objetivos deste estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Aparato experimental

Os estudos têm sido conduzidos na ETE Laboreaux localizada na cidade de Itabira/Brasil, como descrito por CHERNICHARO *et al.* (2009). A ETE Laboreaux apresenta fluxograma simplificado, compreendendo unidades de tratamento preliminar (gradeamento e desarenador), unidades de tratamento biológico anaeróbio e aeróbio em seqüência (reator UASB, filtro biológico percolador - FBP e decantador secundário), além da unidade de desidratação (filtro-prensa).

A figura 1 apresenta um esquema representativo dos sete separadores trifásicos e a linha de espuma de um reator típico. Ao todo a ETE Laboreaux possui oito reatores UASB. Cada reator é equipado com sete STF, com o nível da interface espuma-biogás (1- Figura 2a) em seu interior controlado simultaneamente pela pressão na linha de biogás, a qual é estabelecida por um selo hídrico (2 - Figura 2a) localizado no topo de cada reator, como apresentado na Figura 2a. Para efeito deste estudo, o nível da interface espuma-biogás no interior de cada STF foi fixado 30 mm abaixo da canaleta coletora de espuma (3 - Fig. 2a) (pressão total de 200 mm.c.a em relação ao nível de água no tanque de sedimentação), conforme descrito por ROSA *et al.* (2012) como o protocolo mais adequado para a remoção de espuma nos reatores UASB da ETE Laboreaux.

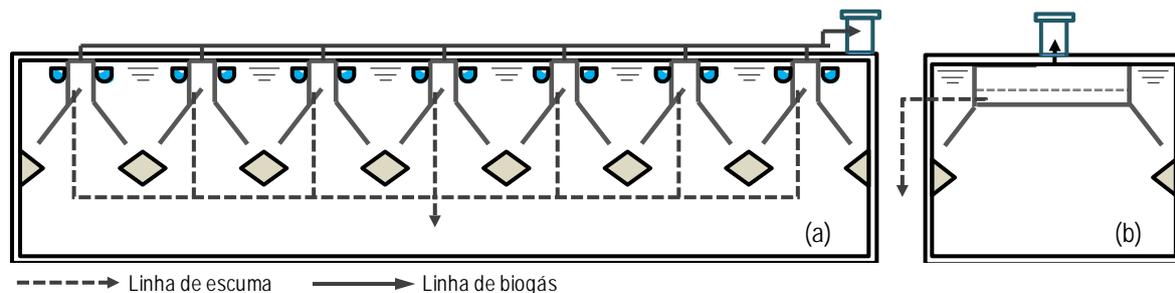


Figura 1: Esquema dos sete separadores trifásicos em um reator UASB na ETE Laboreaux: (a) Corte transversal e; (b) Corte longitudinal.

Com esta configuração, a abertura da válvula para remoção de espuma localizada no exterior do reator produz um alívio de pressão no interior dos STF, permitindo que o nível de espuma suba e verta através no interior da canaleta coletora, sendo na seqüência direcionada do reator para uma peneira estática (5 - Fig. 2c) a fim de reter os sólidos grosseiros. A fração líquida da espuma coletada da peneira estática é aplicada em um leito de secagem (6 -Fig. 2c). O material grosseiro retido na peneira é enviado ao aterro sanitário juntamente com outras parcelas sólidas do tratamento de esgoto.

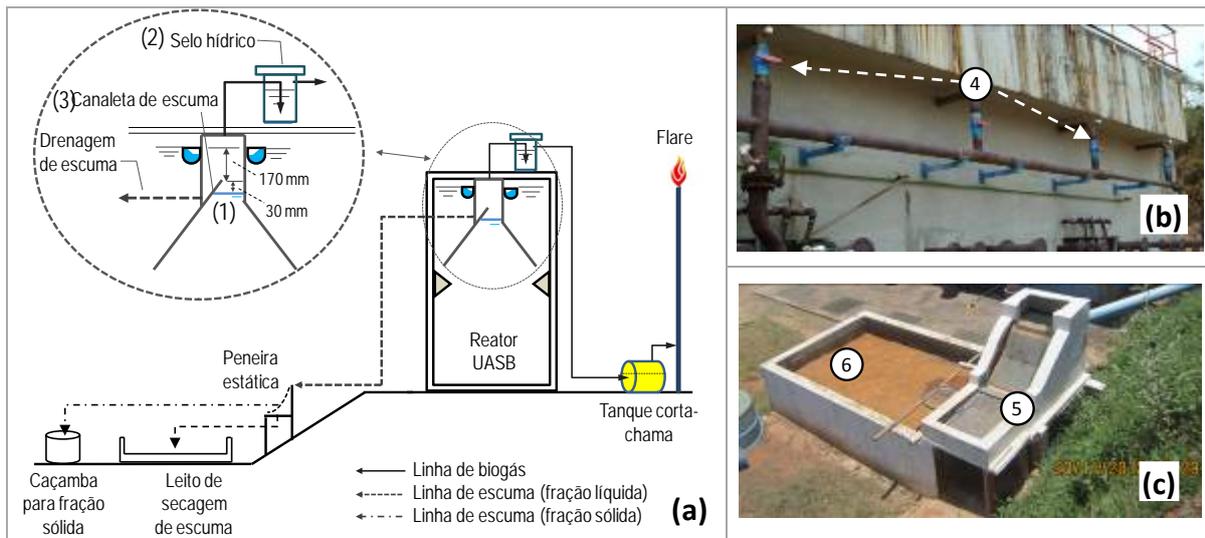


Figura 2: Sistema de remoção de espuma: (a) fluxograma esquemático das linhas de gás e espuma; (b) Visão da linha de espuma e válvulas; (c) Visão da peneira estática e leito de secagem.

Legenda: (1) interface espuma-biogás; (2) selo hídrico; (3) nível de espuma; (4) válvula de espuma; (5) peneira estática; (6) leito de secagem.

Determinação da eficácia do dispositivo de remoção de espuma

A eficácia do dispositivo hidrostático de remoção de espuma foi avaliada em dois dos sete separadores trifásicos (STF 1 e 4), em um dos oito reatores UASB da ETE Laboreaux. Para estes dois STF, a espuma foi coletada, quantificada e removida sistematicamente através de dois descartes semanais ao longo de quatro semanas.

O procedimento de rotina foi estabelecido pela: i) abertura das escotilhas dos STF 1 e 4; ii) isolamento da área de influência da espuma abaixo das escotilhas ($0,25 \text{ m}^2$); iii) remoção, por meio de uma peneira, da camada de espuma presente na área de influência das escotilhas; iv) quantificação do volume de espuma de acordo com Rosa *et al.* (2012); v) fechamento das escotilhas e pressurização da linha de gás conforme procedimento reportado por Rosa *et al.* (2012); vi) estabelecimento da pressão interna no interior do selo hídrico; vii) abertura das válvulas externas referentes ao STF 1 e 4, uma de cada vez, e descarte da espuma para a peneira estática e para o leito de secagem. Esta operação teve duração de dois a três minutos, até a quase total remoção de espuma; viii) abertura da escotilha de inspeção após a finalização do descarte e coleta da espuma remanescente na área de influência das escotilhas dos STF 1 e 4, conforme procedimento descrito no item iii.

Determinação da taxa de acumulação de espuma

A determinação da taxa de acumulação de espuma foi realizada em dois dos sete separadores trifásicos (STF 5 e 7) do mesmo reator utilizado nos estudos de eficácia do dispositivo de remoção de espuma. Para estes dois STF, a espuma não foi removida durante o período monitorado (quatro semanas), mas somente amostrada e quantificada de acordo com os seguintes procedimentos: i) abertura das escotilhas 5 e 7; ii) isolamento da área de influência da espuma abaixo das escotilhas ($0,25 \text{ m}^2$); iii) remoção, por meio de uma peneira, da camada de espuma contida na área influência das escotilhas; e iv) quantificação do volume de espuma de acordo com procedimento proposto por Rosa *et al.* (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos sete STF do reator UASB monitorado, os testes de espuma ocorreram no STF 1 e 4, enquanto que o STF 5 e 7 foram utilizados para a determinação da taxa de acumulação de espuma. Os STF 2, 3 e 6 não foram avaliados no presente estudo.

Determinação da eficácia do dispositivo de remoção de espuma

A Figura 3 apresenta os resultados dos testes de remoção de espuma para os STF 1 e 4, respectivamente. Como pode ser notado, a remoção hidrostática da espuma se mostrou muito efetiva, visto a remoção da quase

totalidade da espuma acumulada nos separadores trifásicos no período monitorado (Figura 4). A menor eficiência de remoção atestada foi da ordem de 80% (em um único teste), enquanto que a maioria dos testes apresentou eficiências superiores a 90%, conforme pode ser observado na Figura 4. As fotografias mostradas na Figura 5 possibilitam visualizar as quantidades de espuma presentes no interior de um dos STF, imediatamente antes e logo após o procedimento de descarte de espuma.

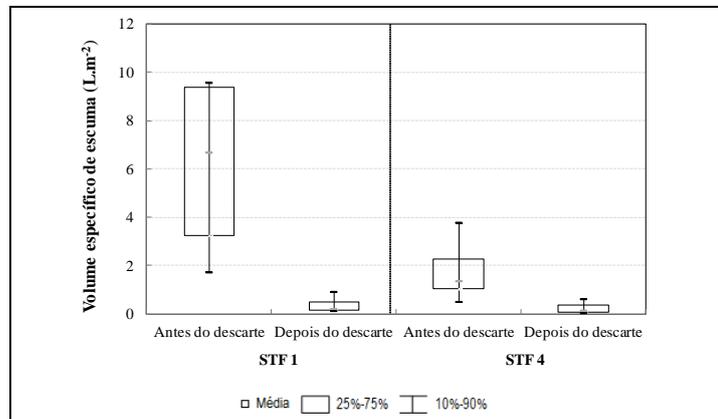


Figura 3: Box plot do volume específico de espuma antes e após os descartes para os separadores trifásicos 1 e 4.

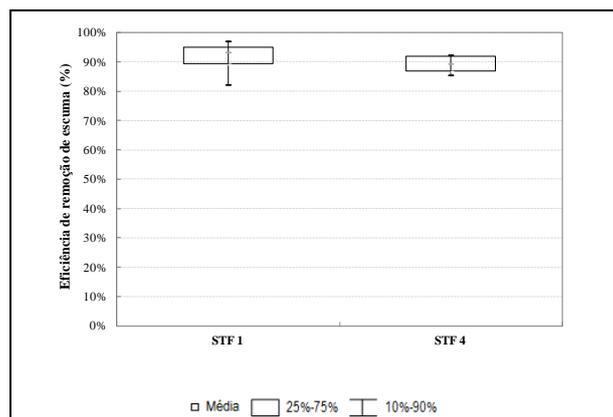


Figura 4: Eficiência de remoção de espuma nos separadores trifásicos 1 e 4.

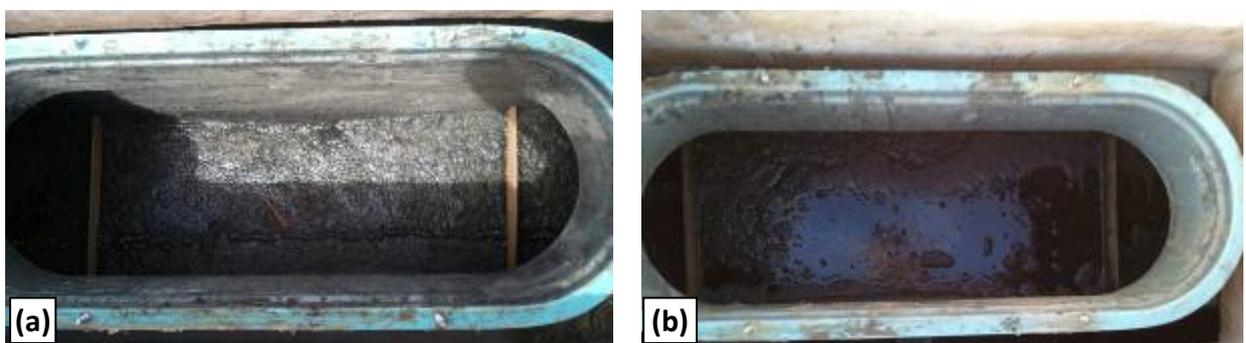


Figura 5: Inspeção visual da camada de espuma na escotilha do STF 1: (a) antes (camada de espuma espessa) e (b) após (praticamente ausência de espuma) o procedimento de descarte de espuma.

Outro aspecto relevante durante o procedimento de remoção de espuma foi a instalação da peneira estática, a qual permitiu a separação da parcela de espuma grosseira da fração líquida. Que por sua vez contribuiu para uma taxa de infiltração no leito de secagem da ordem de 50 mm.h^{-1} , resultando na drenagem do leito em um período inferior a três dias.

Determinação da taxa de acumulação de espuma

Como mencionado anteriormente, a determinação da taxa de acumulação de espuma foi realizada nos STF 5 e 7, nos quais nenhum descarte de espuma foi realizado ao longo do período de monitoramento. A figura 6 apresenta a evolução da taxa de acúmulo de espuma para os dois separadores trifásicos, durante as quatro semanas de monitoramento, assim como as curvas de regressão e os coeficientes R^2 . As taxas de acumulação de espuma variaram de 0,20 a 0,24 $L.m^{-2}.d^{-1}$, respectivamente. Considerando uma taxa média de 0,22 $L.m^{-2}.d^{-1}$, uma área superficial equivalente para cada separadores trifásico de 0,9 m^2 (3,60 m de comprimento x 0,25 m de largura) e sete STF em cada reator, obtém-se uma produção de 1,37 litro de espuma por dia, ou 3,97 mL de espuma para cada kg DQO aplicado.

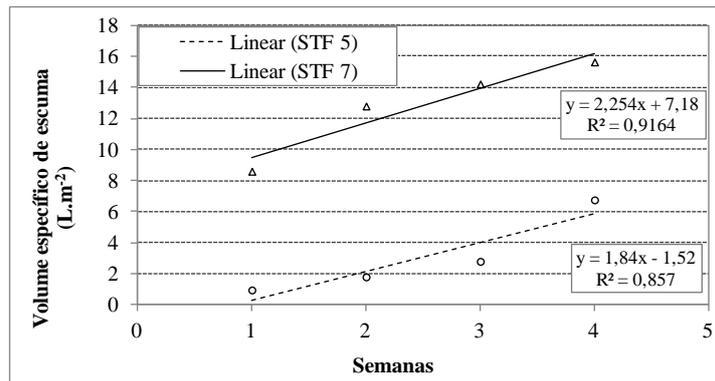


Figura 6: Evolução da espuma acumulada através da medição do volume específico ($L.m^{-2}$) no interior dos STF 5 e 7.

CONCLUSÕES

A partir dos testes de remoção de espuma dos separadores trifásicos e do estudo da taxa de acumulação do material, conclui-se que:

- A espuma acumulada na parte interna dos separadores trifásicos (STF) nos reatores UASB pôde ser adequadamente removida pela implementação de um procedimento hidrostático de remoção da espuma, a partir do controle da pressão de biogás na linha de gás. A eficácia da remoção da espuma foi demonstrada com uma eficiência de descarte do material acima de 90% para a maioria dos testes.
- A taxa de acumulação de espuma foi considerada reduzida (0,20 a 0,24 $L.m^2.d^{-1}$), todavia, grande quantidade de líquido teve que ser removida do interior dos separadores trifásicos a fim de propiciar a remoção da camada de espuma.
- Os resultados do presente estudo apresentam uma importante contribuição na solução de relevante problema no gerenciamento da espuma, visto o aprimoramento operacional de reatores UASB com avanços na determinação da rotina de descarte e quantificação da produção de espuma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHERNICHARO, C. A. L., ALMEIDA, P.G.S., LOBATO, L. C. S., COUTO, T. C. COUTO AND BORGES, J.M. (2009). Experience with the design and start up of two full-scale UASB plants in Brazil: enhancements and drawbacks. *Water Science and Technology*, 60 (2), 507-515.
2. GARCIA, G.P., SOUZA, C.L., GLORIA, R.M., CHERNICHARO, C.A.L., SILVA, S.Q (2012). Biological oxidation of sulphides by microorganisms present in the scum layer of UASB reactors treating domestic wastewater. *Water Science and Technology*, 66 (9), 1871-1878.
3. HALALSHEH, M., KOPPEL, J., DEN ELZEN, J., ZEEMAN, G., FAYYAD, M. & LETTINGA, G. (2005) Effect of SRT and temperature on biological conversions and the related scum-forming potential. *Water Research*, 39, 2475-2482.

4. LETTINGA, G., HULSHOFF POL, L.W. (1991) UASB - Process design for various types of wastewaters. *Water Science Technology*, 24, (8), 87-107.
5. PEREIRA, J. O., CELANI, J. S. S., CHERNICHARO, C. A. L. (2009). Control of scum accumulation in a double stage biogas collection (DSBC) UASB reactor treating domestic wastewater. *Water Science and Technology*, 59 (6), 1077- 1083.
6. ROSA, A.P.; LOBATO, L.C.S., CHERNICHARO, C.A.L., MARTINS, D.C.R.B., MACIEL, F.M., BORGES, J.M. (2011). Improving performance and operational control of UASB reactors via proper sludge and scum discharge routines. *Water Practice and Technology*, v. 7, p. 1-11, 2012.
7. SATO, N., OKUBO, T., OHASHI, A. & HARADA, H. (2006). Prospects for a self-sustainable sewage treatment system: case study on full-scale UASB system in India's Yamuna River Basin. *J. Environ. Manage.* 80, 198-207.
8. SILVA, S. Q., ZERBINI, A. M., GODINHO, V. M. E CHERNICHARO, C. A. L. (2005). "Caracterização morfológica de microrganismos presentes em espuma de reatores UASB tratando esgotos domésticos." *Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Vol. II-206, Campo Grande, Brasil.
9. SOUZA, C.L. (2006). Estudo quantitativo e qualitativo de espuma acumulada por reatores UASB em escala de demonstração tratando esgotos domésticos. *Dissertação de mestrado*. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.
10. SOUZA, C. L., SILVA, S. Q., AQUINO, S. F., CHERNICHARO, C. A. L. (2006) Production and characterization of scum and its role in odour control in UASB reactors treating domestic wastewater. In: *Proc. of the 4th World Water Congress*. IWA, Beijing, China.