



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá  
Brasil

Lopes Pereira, Erlon; Montenegro Campos, Cláudio Milton; Moterani, Fabricio; de Oliveira Neto, Antonio Machado  
Eficiência de um sistema de reatores anaeróbios no tratamento de efluentes líquidos de suinocultura  
Acta Scientiarum. Technology, vol. 33, núm. 3, 2011, pp. 287-293  
Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226532007>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Eficiência de um sistema de reatores anaeróbios no tratamento de efluentes líquidos de suinocultura

Erlon Lopes Pereira\*, Cláudio Milton Montenegro Campos, Fabricio Moterani e Antonio Machado de Oliveira Neto

Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, s/n, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: erlonlopes@gmail.com

**RESUMO.** Grande atenção tem sido dada pelos órgãos de fiscalização ambiental à produção confinada de suínos, pelo elevado potencial poluidor desse tipo de atividade. O grande desafio do suinocultor brasileiro é produzir, de forma intensiva, alimento com qualidade e ao mesmo tempo, ambientalmente sustentável. Por isso, sistemas anaeróbios de tratamento, como os que foram pesquisados neste trabalho, vêm se tornando merecedores de atenção na suinocultura em grande escala. Neste trabalho, as unidades de tratamento instaladas foram: caixa de retenção de sólidos (CRS), peneira estática (PE), tanque de acidificação e equalização (TAE), reator anaeróbio compartimentado (RAC), reator de manta de lodo (UASB) e decantador. O sistema de tratamento apresentou os seguintes valores de eficiência: 91,50; 85,24; 80,46; 81,34; 79,15; 23,20 e 70,28% na remoção de  $\text{DBO}_5$ ,  $\text{DQO}_{\text{total}}$ , sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, fósforo total e óleos & graxas, respectivamente. Os reatores RAC e UASB operaram com tempo de detenção hidráulica de 15,4 e 9,7h, respectivamente; carga hidráulica de  $1,57 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ dia}^{-1}$  para o RAC e  $2,5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ dia}^{-1}$  para o UASB; carga orgânica volumétrica de  $4,46 \text{ kg m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ dia}^{-1}$  para o RAC e  $1,77 \text{ kg m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ dia}^{-1}$  para o UASB. A produção média de biogás referente ao reator UASB, medida por meio de um gasômetro, foi de  $437,08 \text{ L dia}^{-1}$ .

**Palavras-chave:** biogás, anaerobiose, RAC, UASB, suínos.

**ABSTRACT. The efficiency of a sistem of anaerobic reactors treating swine wastewater.** Great attention has been given by environmental agencies concerning swine raising, due to the high pollutant potential of this type of activity. The challenge of Brazilian farmers is to produce, in an intensive form, high quality meat that is environmentally sustainable at the same time. Therefore, anaerobic treatment systems, such as those surveyed in this work, have gained attention in large-scale production. In this research, the installed units were: static screen (SS), equalization acidification tank (EAT), anaerobic baffled reactor (ABR), an upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB), and a sedimentation tank. The treatment system showed the following values of efficiency: 91.50, 85.24, 80.46, 81.34, 79.15, 23.20 and 70.28% in the removal of  $\text{BOD}_5$ ,  $\text{COD}_{\text{total}}$ , total solids, fixed solids, volatile solids, total phosphorus, and oil & greases, respectively. The RAC and UASB reactors worked with a HRT of 15.4 and 9.7 hours, respectively. The hydraulic loading rate (HLR) was  $1.57 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ day}^{-1}$  for the ABR, and  $2.5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ day}^{-1}$  for the UASB reactor; volumetric loading rate (VLOR) of  $4.46 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ day}^{-1}$  for the ABR, and  $1.77 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ day}^{-1}$  for the UASB reactor. The average biogas production of the UASB reactor, measured through a gasmeter, was  $437.08 \text{ L day}^{-1}$ .

**Keywords:** biogas, anaerobic process, ABR, UASB, swine manure.

## Introdução

A emissão de grandes quantidades de dejetos em rios e lagos pode ocasionar, por meio da poluição, sérios desequilíbrios ecológicos, pela alta concentração de material orgânico que, para sua degradação remove do meio líquido grande quantidade de oxigênio dissolvido. A redução do poder poluente a níveis aceitáveis requer investimentos significativos, sem a garantia do atendimento de todas as exigências dos órgãos ambientais e de saúde pública (PEREIRA et al., 2010a; PEREIRA et al., 2010c).

Atualmente, diversos trabalhos concernentes à avaliação de diferentes processos de estabilização dos resíduos de suínos têm sido publicados e traz resultados significativos, em termos da eficiência desses processos (PEREIRA et al., 2009).

Campos et al. (2005a), operando sistema de bancada alimentado com água residuária de suinocultura, constituído por tanque de acidificação e equalização, reator UASB e lagoa aerada facultativa, dispostos em série, com tempo de detenção hidráulica (TDH) no reator UASB igual a 30h, observaram

eficiências de 75 e 78%, para a remoção de  $DQO_{total}$  e  $DBO_5$ , respectivamente, considerando apenas a remoção obtida no reator UASB.

Campos et al. (2005b), considerando o sistema completo, observaram eficiências para remoção da  $DQO_{total}$  e sólidos voláteis totais da ordem de 84 e 73%, respectivamente. Cabe acrescentar que, em ambos os casos, a temperatura de operação do reator UASB foi mantida em 30°C, por meio de um sistema de aquecimento do afluente.

Santana e Oliveira (2005), operando um sistema anaeróbio em dois estágios, em escala piloto, alimentado com efluente líquido de suinocultura, composto por dois reatores UASB em série (705 e 175 L), relataram eficiência na remoção de  $DQO_{total}$  de até 92,7%, para um TDH total de 30h, operando com concentração de  $DQO_{total}$  afluente igual a 9.625 mg L<sup>-1</sup>. Os mesmos autores, em outra fase do experimento, operando com  $DQO_{total}$  afluente da ordem de 18.717 mg L<sup>-1</sup>, relataram eficiência do sistema da ordem de 86,6%.

Belli Filho et al. (2001), utilizando dejetos de suínos peneirados (#0,1 mm) e equalizados, na alimentação de um reator UASB em escala piloto, operado durante 150 dias, com TDH de 36h e carga orgânica volumétrica (COV) de 2,0 kgDQO m<sup>-3</sup> dia<sup>-1</sup>, encontraram valores, para a eficiência de remoção de  $DQO_{total}$ , da ordem de 85%. Esses autores concluíram que o reator UASB pode ser uma alternativa às lagoas anaeróbias, por apresentar menor TDH. Em se tratando da estabilização de efluentes suinícolas por meio de lagoas anaeróbias, esta tecnologia pode alcançar eficiências entre 50 e 80% na remoção de  $DBO_5$ .

Em vista do exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de pesquisar formas inovadoras de aperfeiçoar os processos anaeróbios já existentes, avaliando para tal, a eficiência de um sistema com unidades de remoção física e biológica no tratamento de efluentes de suinocultura.

## Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida na área do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, situada na cidade de Lavras, Sul de Minas Gerais. As coordenadas geográficas locais são 21°13'57"S e 44°58'13"W e altitude de 885 m. O clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cwa (temperado com verões quentes e úmidos e invernos secos e frios).

### O sistema

O sistema de tratamento empregado era constituído de uma caixa de retenção de areia

(CRA), medidor de vazão, peneira estática (PE), tanque de acidificação e equalização (TAE), reator anaeróbio compartimentado (RAC) e um reator de manta de lodo do tipo UASB. A CRA se encontrava localizada no início do sistema e tem como objetivo a retenção de materiais abrasivos. Após passar pela CRA, o efluente era encaminhado para a PE com malha confeccionada em aço inox, com comprimento linear de 1,2 m. Entre a CRA e a PE, instalou-se um vertedouro triangular do tipo Thompson com a finalidade de se quantificar a vazão de alimentação do sistema. O efluente após a PE foi direcionado ao TAE com capacidade de 8,5 m<sup>3</sup> e, em seguida, bombeado para o sistema de tratamento. O RAC empregado era composto por três câmaras C1, C2 e C3, com volumes de 1,72; 2,12 e 2,24 m<sup>3</sup>, respectivamente (Figura 1). Este reator foi construído de tijolos com argamassa extraforte e revestido internamente com manta asfáltica e, posteriormente, impermeabilizado com fibra de vidro para aumentar ainda mais a estanqueidade. O fluxo ascendente em cada compartimento era equalizado por meio de calhas niveladas, construídas em fibra de vidro com vários vertedouros triangulares de Thompson, proporcionando um fluxo homogêneo em cada um dos compartimentos. Para acompanhar o perfil de lodo de cada câmara do RAC, foram instalados, em cada uma delas, quatro pórticos amostradores, denominados T1, T2, T3 e T4 (Figura 1), mais detalhes Pereira et al. (2010b).

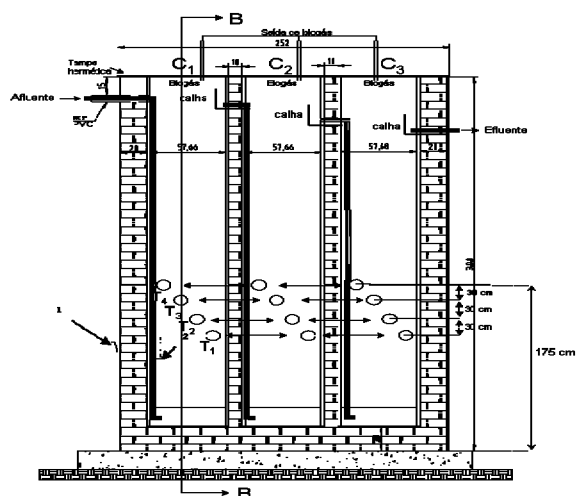


Figura 1. Reator anaeróbio compartimentado (RAC).

O efluente do RAC foi encaminhado para um reator UASB com volume útil de 3,82 m<sup>3</sup> (Figura 2). Esta unidade experimental, semelhantemente ao RAC, foi construída em alvenaria argamassada, impermeabilizada com manta asfáltica e,

posteriormente, revestida com fibra de vidro. Na parte superior do reator foi instalado o separador trifásico, utilizando-se meia manilha construída de concreto vibrado, com formato semicircular, com 0,5 m de diâmetro. Para a realização da amostragem do perfil do lodo, foram instalados, na parede lateral do reator, cinco amostradores (pórticos) distribuídos de maneira uniforme ao longo da altura. Na parte superior do separador trifásico, foi instalada uma tubulação de 20 mm (1/2") para a coleta do biogás gerado no processo anaeróbio de tratamento do efluente.

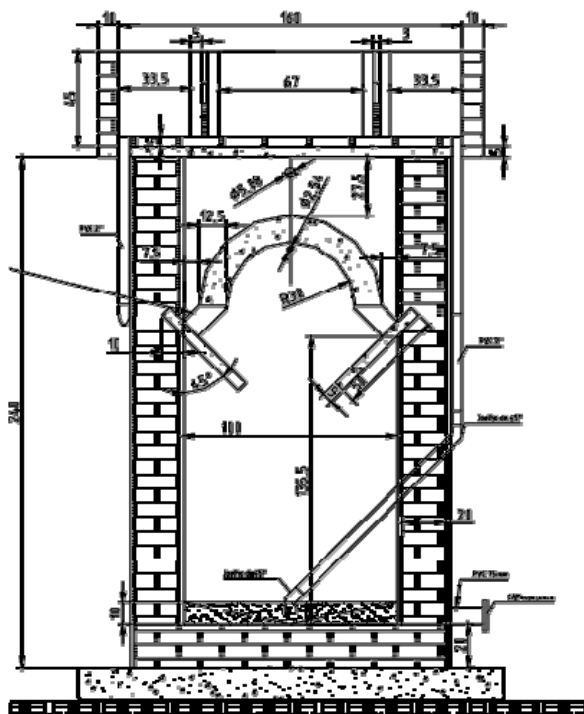


Figura 2. Reator anaeróbio de manta de lodo (UASB).

O nível estático do biogás no sistema de separação trifásico foi mantido por meio de um equalizador de pressão montado em um contêiner plástico de 0,2 m<sup>3</sup>. O biogás proveniente do equalizador de pressão foi conduzido por meio de mangueiras plásticas para os medidores de biogás cujas vazões máximas e mínimas foram de 16 e 0,016 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente, para uma pressão máxima de 50 kPa. Foram instaladas, antes do medidor de biogás, torneiras de captação para análises de cromatografia gasosa, ocorrendo durante a instalação perda de biogás para o meio, aumentando a probabilidade de possíveis vazamentos, o que afetou negativamente o registro da produção de biogás.

#### Produção teórica de biogás

A produção teórica de biogás foi determinada em função da carga orgânica aplicada aos reatores RAC

(vazão x concentração de DQO<sub>total</sub>) e UASB (vazão x concentração de DBO<sub>5</sub>). Foi adotado o valor padrão para a produção específica de metano de 0,35 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> DBO<sub>5</sub> removida, nas CNTP (PEREIRA et. al., 2010b).

A correção do volume de biogás para as condições de temperatura e pressão locais foi efetuada pelo emprego das Equações 1, 2 e 3:

$$P = P_0 \cdot e^{\frac{-Mgz}{RT}} \quad (1)$$

em que:

P = pressão corrigida (atm);

P<sub>0</sub> = pressão atmosférica ao nível do mar (1 atm);

M = massa molar média do ar de 0,0289 kg mol<sup>-1</sup>;

g = constante gravitacional;

z = altitude local de 885 m;

R = constante dos gases (8,31441 Pa m<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>);

T = temperatura média de 295,8 K.

$$K(t) = \frac{PK}{R(T+273)} \quad (2)$$

em que:

K(t) = fator de correção da temperatura operacional do reator (g DQO L<sup>-1</sup>);

K = DQO<sub>total</sub> correspondente a um mol de CH<sub>4</sub> (64 g de DQO mol<sup>-1</sup>);

t = temperatura operacional do reator (°C).

$$V_{CH_4} = \frac{\text{carga de DQO removida}}{K(t)} \cdot 1000 \quad (3)$$

em que:

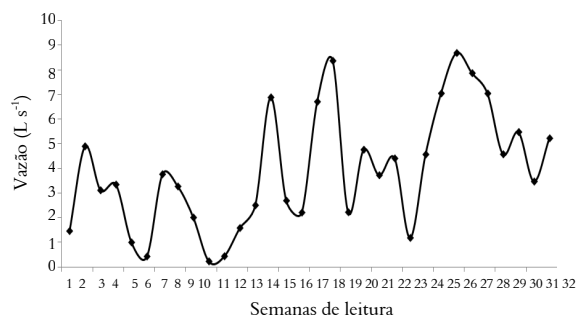
V<sub>CH<sub>4</sub></sub> = volume estimado de produção de metano (m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>)

Carga de DQO<sub>REM</sub> (kg dia<sup>-1</sup>) = vazão (m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>) x concentração de DQO<sub>REM</sub> (kg m<sup>-3</sup>).

As análises físico-químicas do efluente, exceto as análises de alcalinidade, foram feitas seguindo as metodologias propostas pelo APHA/AWWA/WPCF. (2005).

#### Resultados e discussão

A vazão do afluente do sistema ao longo do dia medida na caixa de retenção de areia (CRA) apresentou grandes variações pelos horários de lavagem das baías, com vazão de pico de 8,72 L s<sup>-1</sup> (Figura 3). A bomba que alimentava o reator RAC e o UASB foi operada em rotação constante, no entanto, pela perda de carga causada pelos sólidos houve variações de vazão durante o dia.

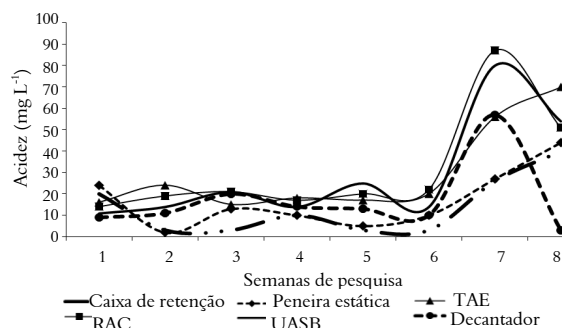


**Figura 3.** Hidrograma de vazão de alimentação do sistema de tratamento.

### Monitoramento físico-químico do sistema

A concentração de ácidos voláteis totais (AVT) é um parâmetro de extrema importância para a digestão anaeróbia. Os ácidos graxos voláteis devem estar em equilíbrio com a alcalinidade do sistema. A inibição do processo anaeróbio por ácidos graxos voláteis está associada ao pH. Baixos valores de pH estão geralmente relacionados a altas concentrações de ácidos graxos voláteis, e consequentemente, à falência do processo (PEREIRA et al. 2009).

Os valores de AVT recomendados por Girardi (2003) estão na faixa de 50 a 500 mg L<sup>-1</sup>, para que exista estabilidade no processo. Neste trabalho, utilizaram-se análises de acidez total que além dos AVT quantifica outros ácidos presentes no efluente. A acidez total média encontrada nos reatores foi de 30,5 mg L<sup>-1</sup>, para o RAC e 27,3 mg L<sup>-1</sup> para o UASB (Figura 4), portanto abaixo da faixa sugerida pelo autor. Entretanto, observou-se aumento da concentração de ácidos com o tempo indicando aumento da atividade de hidrólização e acidificação apresentando no fim da pesquisa concentrações entre 50 e 100 mg L<sup>-1</sup> (Figura 4). Como o RAC foi utilizado no início do processo anaeróbio, apresentou-se maior acidez total que o UASB pelos processos de hidrólização e acidificação.



**Figura 4.** Comportamento da acidez total no sistema de tratamento.

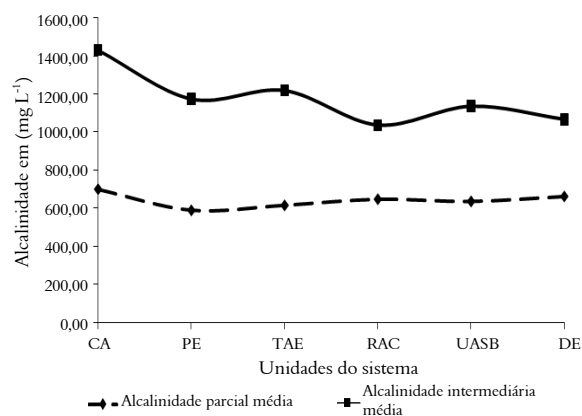
As alcalinidades médias, intermediária (AI) e parcial (AP) encontradas no sistema variaram como apresentadas na Figura 5. Como o efluente estudado

apresentava grande concentração de cátions pelo alimento submetido aos suínos, o mesmo apresentou grandes concentrações de alcalinidade, propiciando tamponamento aos reatores. De acordo com Ripley et al. (1986), valores da relação AI/AP superiores a 0,3 indicam a ocorrência de distúrbios no processo de digestão anaeróbia. No entanto, segundo Pereira et al. (2009), é possível ocorrer estabilidade no processo com valores diferentes de 0,3; sendo necessária a verificação para cada caso em particular.

Pereira et al. (2010a) operando com reator UASB em escala piloto no tratamento de efluentes de suinocultura atribuiu os maiores valores da relação aos menores TDH e maiores COV e associou à diminuição na alcalinidade pela concentração de bicarbonato, relacionada com AP, e aumento na alcalinidade pela concentração de ácidos voláteis, relacionado com AI, ocasionando queda da eficiência dos reatores UASB em relação as bibliografias comparadas no trabalho. No entanto, o mesmo autor afirma que a queda na eficiência pode ser devido ao reator operar como segundo estágio, ou seja, diferente dos trabalhos que se tem na literatura que mostram o reator UASB como único estágio.

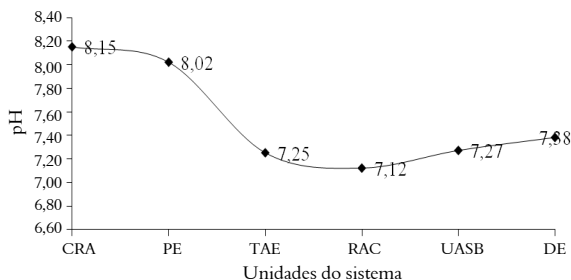
Santana e Oliveira (2005) e Fernandes e Oliveira (2006), tratando águas residuárias de suinocultura em reatores anaeróbios em dois estágios, encontraram valores de AI/AP acima de 0,30 e condições estáveis de operação.

A relação AI/AP encontrada nos reatores de 1,6, para o RAC e de 1,8 para o UASB. Isso porque mesmo com os reatores operando com TDH quase constante, 15,4 e 9,7 obtiveram-se variações na COV pelas variações da concentração de DQO total no afluente apresentando diminuição na alcalinidade referente à concentração de bicarbonato, relacionada com AP, e aumento na alcalinidade referente à concentração de ácidos voláteis, relacionado com AI.



**Figura 5.** Comportamento da alcalinidade no sistema.

Observando-se a Figura 6, verifica-se que o sistema de tratamento operou sem grandes variações entre os valores de pH do afluente e efluente em cada unidade, demonstrando boas condições de tamponamento.



**Figura 6.** Comportamento do pH no sistema.

De acordo com o monitoramento físico-químico, por meio das concentrações (Tabela 1), pode-se observar que o sistema operou com eficiências médias de 91,50; 85,24; 80,46; 81,34; 79,15; 23,20 e 70,28%, na remoção de  $\text{DBO}_5$ ,  $\text{DQO}_{\text{total}}$ , sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, fósforo total e óleos e graxas, respectivamente.

**Tabela 1.** Monitoramento físico-químico do sistema de tratamento.

Parâmetros	CRA	PE	TAE	RAC	UASB	DE
$\text{DBO}_5$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	2842,18	2803,47	2665,49	706,61	309,33	241,7
$\text{DQO}_{\text{total}}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	8056,6	8325	7773,33	2702,75	1733,333	1189,334
Sólidos Totais ( $\text{mg L}^{-1}$ )	6457,5	7547,78	3961,95	2428,61	1552,22	1261,67
Sólidos Fixos ( $\text{mg L}^{-1}$ )	3871,95	4667,22	1188,06	981,67	803,61	722,5
Sólidos Voláteis ( $\text{mg L}^{-1}$ )	2585,56	2880,56	2773,61	1446,94	748,61	539,17
NTK ( $\text{mgN L}^{-1}$ )	59,64	56,75	59,93	69,26	63,4	81,39
$\text{P}_{\text{total}}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1,25	1,52	1,47	1,07	1,11	0,96
Óleos e Graxos ( $\text{mg L}^{-1}$ )	321,92	300,25	345,17	396,58	647,17	95,67

Parâmetros operacionais dos reatores RAC e UASB.

Os dejetos de suínos são constituídos de proteínas, carboidratos e lipídios. Como estes são ricos em nitrogênio, nota-se (Tabela 1) que ocorrem grandes concentrações de nitrogênio total ao longo do processo de degradação, que vão se desprendendo dos compostos orgânicos, aumentando a concentração de nitrogênio na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), além das moléculas gasosas  $\text{N}_2$ .

Os valores encontrados de fósforo já poderiam representar alto risco e causar eutrofização, haja vista que ultrapassam em muito o limite de  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$  para lançamento em ambientes lênticos e Classe 3, conforme Resolução Conama 357/2005 (CONAMA, 2005).

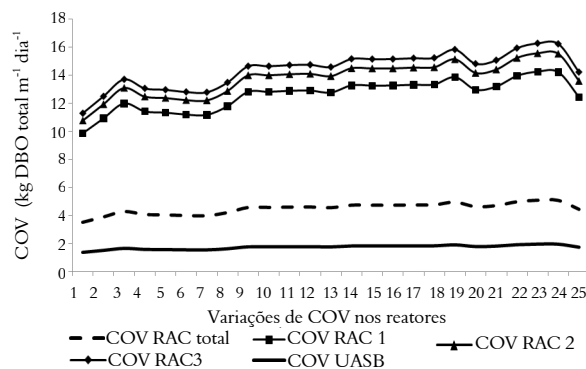
O tempo de detenção hidráulica (TDH) médio nos reatores RAC e UASB foi de 15,4 e 10h, respectivamente, demonstrando que o RAC operou com um TDH 63% maior que a do reator UASB, fator indispensável pela necessidade de se equalizar e acidificar o afluente, para facilitar a etapa de

metanificação no reator UASB. O reator UASB foi submetido ao TDH de 12h por ser tanto o valor mínimo, ou seja, o que promoveria o tratamento mais rápido, quanto o que propiciava grande eficiência ao tratamento. Estes parâmetros foram estudados por Lourenço e Campos (2009), que realizaram caracterizações hidrodinâmicas em escala laboratorial. Entretanto, pelas perdas de carga, o TDH aproximava-se do ideal, obtendo como TDH médio durante todo monitoramento 10h.

Mantendo-se o TDH do UASB no valor desejado, os parâmetros de CH, COV e TDH do RAC encontrados foram adotados e monitorados, estudando o comportamento dos reatores quando submetidos aos mesmos.

A carga hidráulica (CH) aplicada aos reatores foi de  $1,57 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ dia}^{-1}$ , para o RAC e  $2,5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ dia}^{-1}$ , para o UASB.

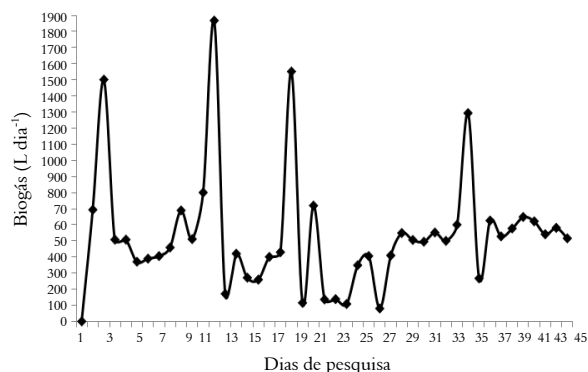
A carga orgânica volumétrica variou pela mudança na concentração de  $\text{DBO}_5$  afluente (Figura 7). Observa-se que os afluentes dos reatores RAC e UASB mostraram pequena variação das respectivas cargas, comprovando a capacidade de amortização dos choques de cargas orgânica e hidráulica dessas duas unidades.



**Figura 7.** Variação da carga orgânica volumétrica nos reatores RAC e UASB.

### Produção de biogás

As produções teóricas de biogás encontradas nos reatores RAC e UASB foram de  $20 \text{ L dia}^{-1}$  e  $900 \text{ L dia}^{-1}$ , respectivamente. Já a produção média real observada no gasômetro, para o reator UASB foi  $520 \text{ L dia}^{-1}$  (Figura 8). Os gasômetros colocados para medir o biogás vindo dos compartimentos do RAC não registraram qualquer produção por vazamentos e a variação entre a média produzida e a média calculada (produção teórica) de biogás se deve a esses mesmos vazamentos.



**Figura 8.** Produção de biogás no UASB registrada no medidor de gás.

Em trabalhos anteriores realizados em outras universidades, os valores de produção volumétrica de  $\text{CH}_4$  foram similares ou inferiores aos obtidos neste trabalho.

Toledo e Lucas Júnior (1997) utilizaram reatores UASB em série com TDH de 10,32h em cada reator, para tratar águas residuárias de suinocultura com DQO total de  $0,95 \text{ g L}^{-1}$  e ST  $0,44 \text{ g L}^{-1}$  à temperatura ambiente média de  $20^\circ\text{C}$ , e obtiveram produção volumétrica de  $\text{CH}_4$  média de  $0,42$  e  $0,133 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ dia}^{-1}$ , para o primeiro e segundo reatores, respectivamente.

Santana e Oliveira (2005), operando reatores UASB em série (R1+R2), para o tratamento de águas residuárias de suinocultura com SST, variando  $2216$  a  $7131 \text{ mg L}^{-1}$  e DQO total de  $8818$  a  $18717 \text{ mg L}^{-1}$ , obtiveram produções volumétricas de metano no primeiro reator de  $0,594$ ;  $0,742$ ;  $0,899$  e  $1,130 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ dia}^{-1}$  com COV de  $3,40$ ;  $5,33$ ;  $7,43$ ; e  $14,44 \text{ kg DQO total m}^{-3} \text{ dia}^{-1}$  no R1.

Ao observar a Figura 8, notam-se picos e quedas. Os picos íngremes ocorreram nas semanas de abate. Durante o abate, além das fezes concentradas que, normalmente, chegam à estação de tratamento, descem também sangue e outros resíduos orgânicos que aumentam a carga orgânica, estimulando as bactérias a produzirem mais biogás que o cotidiano. Já as quedas aconteceram, muitas vezes, pelas paradas pela falta de energia elétrica, ao desligamento das bombas por entupimento e, ainda, pela lavagem de tanques (manutenção), levando a paradas e, conseqüentemente, diminuição das cargas nas respectivas unidades.

## Conclusão

A utilização do sistema preliminar em dois estágios (CRS em série com PE) apresentou satisfatória eficiência na remoção de ST, STF, STV de  $43$ ,  $51$  e  $45\%$ , respectivamente. Tal remoção aumentou a qualidade do lodo formado no TAE e nos reatores.

O revestimento interno dos reatores, feito com manta asfáltica, foi imprescindível para a impermeabilização do concreto utilizado na construção dos reatores, sem esta, o mesmo seria corroído pelos processos bioquímicos de degradação.

O efluente utilizado apresentou balanço adequado de nutrientes, proporcionando boas condições ao desenvolvimento de um lodo denso, o que fez aumentar a produção de biogás, mesmo não obedecendo as relações N:P:DQO estabelecidas pela literatura.

A principal limitação do sistema avaliado está relacionada à remoção de nitrogênio e fósforo, portanto, é necessário que sejam realizadas novas pesquisas, abrangendo esta particularidade dos sistemas de tratamento.

O sistema de tratamento apresentou eficiências de  $92$ ,  $85$ ,  $63$ ,  $54$  e  $70\%$  na remoção de  $\text{DBO}_5$ ,  $\text{DQO}_{\text{total}}$ , ST, STF e STV, respectivamente, quando submetidos aos parâmetros operacionais apresentados neste trabalho.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapemig e ao CNPq, pelo suporte financeiro de toda a instalação do sistema piloto e concessão de bolsas de estudo.

Os agradecimentos se estendem ao Laboratório de Análises de Água do Departamento de Engenharia da UFLA pelo apoio técnico nas análises físico químicas.

## Referências

- APHA/AWWA/WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th. Washington, D.C., 2005.
- BELLI FILHO, P.; CASTILHOS JÚNIOR, A. B.; COSTA, R. H. R.; SOARES, S. R.; PERDOMO, C. C. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 166-170, 2001.
- CAMPOS, C. M. M.; DAMASCENO, L. H. S.; MOCHIZUKI, E. T.; BOTELHO, C. G. Performance evaluation of a lab-scale upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB) removing organic loading rate from swine manure. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 390-399, 2005a.
- CAMPOS C. M. M.; SALEH, B. B.; CARMO, F. R. Determination of kinetic parameters of a lab-scale upflow anaerobic sludge blanket reator (UASB) removing organic loading from swine manure effluents. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 1045-1051, 2005b.
- CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília. Resolução nº 357, 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 República Federativa do Brasil**. Brasília, 2005.

- FERNANDES, G. F. R.; OLIVEIRA, R. A. Desempenho de processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 243-256, 2006.
- GIRARDI, M. H. **The microbiology of anaerobic digesters**. New York: Jon Wiley and Sons, 2003. p. 130.
- LOURENÇO, A. M. P.; CAMPOS, C. M. M. Hydrodynamic behavior of a lab scale upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB) operated with an adopted hydraulic retention time (HRT) of 12 hours. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 1139-1144, 2009.
- PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M. M.; MONTERANI, F. Effects of pH, acidity and alkalinity on the microbiota activity of an anaerobic sludge blanket reactor (UASB) treating pig manure effluents. **Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 3, p. 157-168, 2009.
- PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M. M.; MOTERANI, F. Evaluation of physical-chemical performance of an UASB reactor in removing pollutants of pig wastewater. **Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 1, 79-88, 2010a.
- PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M. M.; MOTERANI, F. Physical-chemical and operational performance of an anaerobic baffled reactor (ABR) treating swine wastewater. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 4, p. 399-405, 2010b.
- PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M. M.; MOTERANI, F.; GOMIDE, C. S. S. Remoção de sólidos de efluentes de suinocultura por meio de processos físicos e biológicos. In: FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; ROSALEN, D. L.; SILVA, J. G. F.; REIS, E. F.; VENTURIN, J. B. (Ed.). **Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola**. Vitória: Incaper, 2010c. p. 1-10.
- 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, n. 5, p. 406-411, 1986.
- SANTANA, A. M.; OLIVEIRA, R. A. Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 817-830, 2005.
- TOLEDO, A. A. G. F.; LUCAS JÚNIOR, J. Produção de biogás a partir de águas residuárias de pocilgas utilizando reatores UASB sob quatro tempos de retenção hidráulica. **Energia na Agricultura**, v. 12, n. 2, p. 49-55, 1997.

*Received on August 14, 2009.*

*Accepted on April 13, 2010.*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.