

II-534 - TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA EM REATORES ANAERÓBIOS HORIZONTAIS**Roberto Alves de Oliveira⁽¹⁾**

Engenheiro Agrônomo e Tecnólogo em Construção Civil; Mestre em Agronomia – Produção Vegetal pela UNESP, Câmpus de Jaboticabal; Doutor em Engenharia Civil - Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP); Professor Assistente Doutor, Departamento de Engenharia Rural, UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Ariane Chiareli dos Santos⁽²⁾

Bióloga, Mestre em Microbiologia Agropecuária pela UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Rose Maria Duda⁽³⁾

Engenheira Química; Mestre e Doutora em Microbiologia Agropecuária pela UNESP, Câmpus de Jaboticabal; Pós-doutoranda do Departamento de Eng. Rural da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, Professora Assistente I, da Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal.

Ricardo Millani Alves de Toledo⁽⁴⁾

Graduando em Agronomia pela UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Rural - Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane - s/n - Jaboticabal/SP - Cep. 14884-900 – Brasil - Tel: (16) 3209-2638 - e-mail: oliveira@fcav.unesp.br.

RESUMO

Avaliou-se o desempenho de um sistema anaeróbio no tratamento de águas residuárias de suinocultura, constituído por quatro reatores horizontais anaeróbios com manta de lodo e de leito fixo (RHALF), em série. Os reatores horizontais, com volume total de 49,5 L cada, foram construídos com tubos de PVC. No primeiro reator horizontal (R1) foi utilizada manta de lodo e no R2, R3 e R4 o leito fixo, com meio suporte de anéis de bambu, anéis de eletroduto corrugado, e anéis de bucha (*Luffa cylindrica*), respectivamente. O sistema de tratamento anaeróbio foi alimentado com águas residuárias de suinocultura com concentrações médias de sólidos suspensos totais (SST) de 8384 a 21705 mg L⁻¹. As cargas orgânicas volumétricas (COV) aplicadas no R1 foram de 23, 53, 61 e 123 g DQO (L d)⁻¹ e as eficiências médias de remoção de DQO_{total} e SST para o conjunto de reatores horizontais, em série, foram de 89 e 91%; 96 e 99%; 96 e 95% e de 79 e 86%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: digestão anaeróbia, carga orgânica volumétrica, leito fixo.

INTRODUÇÃO

A alta densidade populacional de suínos em pequenas propriedades e conseqüentemente a geração de grandes volumes de dejetos, com consideráveis quantidades de matéria orgânica e nitrogênio entre outros poluentes, destacam a suinocultura como importante fonte geradora de poluição, existindo a necessidade de controle da qualidade dos efluentes, (Ramirez et al., 2003; Zhang et al., 2006).

A utilização de sistemas anaeróbios vem sendo amplamente estudada para o tratamento de águas residuárias de suinocultura, em virtude da produção de energia e da pequena demanda de área (Campos et al., 2005). A aplicação dos processos biológicos de tratamento de águas residuárias aumentou significativamente nas últimas décadas, especialmente dos reatores anaeróbios com biomassa imobilizada.

De acordo com Zaiat et al. (1994) e Benis et al. (2009), os reatores horizontais, com biomassa imobilizada (RAHLF) é uma nova geração de reatores biológicos de alta taxa. Os RAHLF são capazes de manter alta concentração de biomassa aderida ao suporte, boas características hidrodinâmicas e tempo de detenção hidráulica relativamente curto para cargas orgânicas elevadas. Mas, segundo Amorim et al. (2000), existe a necessidade de estudos para a determinação dos limites de aplicação de cargas orgânicas e volumétricas para o melhor aproveitamento do volume útil do reator, tornando-os mais econômicos.

Para algumas situações, como propriedades rurais, onde normalmente não existem grandes limitações de área de terreno, mas há necessidade de conservação do solo para a produção agropecuária; a maior facilidade de instalação e os menores requisitos de área e de complexidade estrutural de construção, também podem configurar-se como vantagens para a utilização dos reatores anaeróbios horizontais.

OBJETIVO

Avaliação de quatro reatores anaeróbios horizontais em série, no tratamento de águas residuárias de suinocultura, com DQO_{total} afluente de 15.818 a 41090 mg L⁻¹, quanto a produção de metano e remoção de demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos.

MATERIAL E METODOS

Unidade Experimental

O sistema de tratamento anaeróbio era composto por um reator anaeróbio horizontal com manta de lodo (R1) e três reatores horizontais de leito fixo (R2, R3 e R4), em série, conforme ilustrado na Figura 1. Na partida, o R1 foi inoculado com lodo proveniente de reatores anaeróbios tratando águas residuárias de suinocultura. O meio suporte utilizado nos reatores horizontais de leito fixo (RHALF) foram anéis de bambu para o R2, anéis plásticos (eletroduto corrugado) para o R3 e anéis de bucha *Luffa cylindrica*, para o R4. Os anéis de bambu, plástico e bucha, possuíam 75,0; 87,0 e 92,5% de vazios. Portanto os volumes úteis dos reatores foram de 49,5; 37,1; 43,1 e 47,8 L, para o R1, R2, R3 e R4, respectivamente. Foram acopladas saídas de biogás nos reatores horizontais e a monitorização da produção foi realizada com gasômetros. As águas residuárias utilizadas como afluente foram coletadas diariamente em confinamento de suínos nas fases de crescimento e terminação, com lâminas d'água para escoamento dos dejetos.

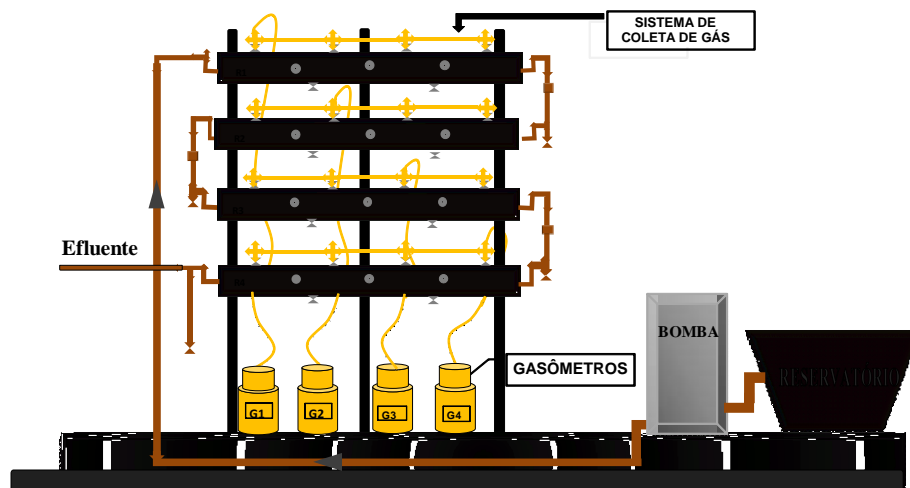


Figura 1. Esquema dos reatores horizontais anaeróbios com manta de lodo e leito fixo (R1, R2, R3e R4), em série.

Os tempos de detenção hidráulico (TDH) aplicados nos reatores horizontais R1+R2+R3+R4 foram de 53,7; 42,6; 35,4 e 28,4 h, nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

A avaliação de desempenho da unidade experimental se baseou na monitorização da água residuária de suinocultura bruta afluente e do efluente tratado dos reatores horizontais, em amostras compostas, com frequência de amostragem de 2 vezes por semana. Os parâmetros determinados foram o pH, demanda química de oxigênio total (DQO_{total}), demanda química de oxigênio dissolvida (DQO_{diss}), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), segundo metodologias descritas por Apha, Awwa, Wpcf (1998), a alcalinidade total (AT) e a alcalinidade parcial (AP) e os ácidos voláteis totais (AVT), conforme metodologias descritas por Jenkins et al. (1983) e Dilallo & Albertson (1961), respectivamente. O volume de biogás produzido foi monitorado diariamente por meio de medidas em gasômetros, e a composição do biogás foi analisada semanalmente em cromatografia gasosa, conforme descrito por Apha, Awwa, Wpcf (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios da DQO_{total} , DQO_{diss} , SST e SSV do afluente dos reatores horizontais anaeróbios foram de 15818; 1153; 8384 e 4555 $mg\ L^{-1}$; 26327; 2867; 18624 e 9048 $mg\ L^{-1}$; de 25397; 2229; 11395 e 5603 $mg\ L^{-1}$ e de 21705 e 10644 $mg\ L^{-1}$, respectivamente. As cargas orgânicas volumétricas (COV) aplicadas no R1 foram de 23; 53; 61 e 123 $g\ DQO\ (L\ d)^{-1}$. As maiores eficiências de remoção de DQO_{total} , SST e SSV, de 79; 90 e 86%, respectivamente, foram observadas no R1, com a aplicação de COV de 23,3 $g\ DQO_{total}\ (L\ d)^{-1}$ (Figura 2). As eficiências de remoção de DQO_{total} , SST e SSV no R1 podem ter ocorrido, na maior parte em virtude da retenção física dos sólidos no reator, os quais foram estabilizados e parte convertidos em metano.

As maiores eficiências médias de remoção de DQO_{total} , SST e SSV no sistema anaeróbio composto pelos reatores horizontais (R1+R2+R3+R4) foram de 96, 84, 99 e 97%, para COV de 53 $g\ DQO_{total}\ (L\ d)^{-1}$, respectivamente (Figura 3) e indicam que a utilização de reator anaeróbio horizontal com leito de lodo seguido de reatores horizontais com meio suporte foram capazes de acomodar as altas COV.

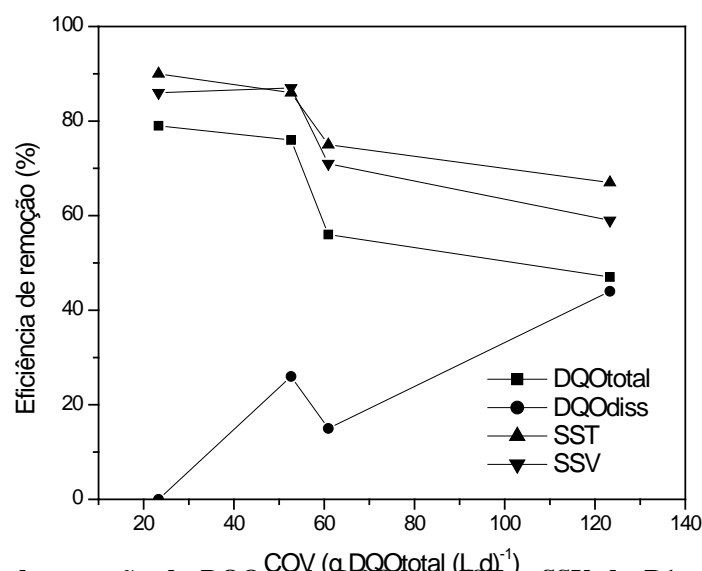


Figura 2. Eficiência de remoção de DQO_{total} , DQO_{diss} , SST e SSV do R1 em função das cargas orgânicas volumétricas aplicadas no R1.

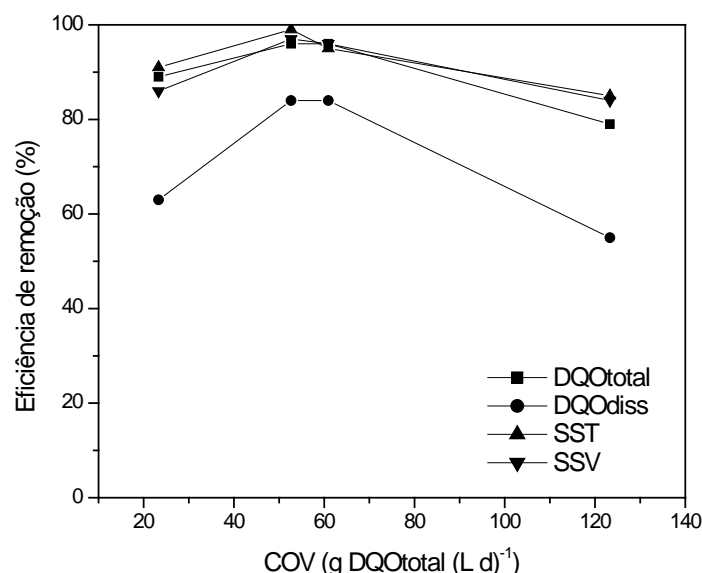


Figura 3. Eficiência de remoção de DQO_{total} , DQO_{diss} , SST e SSV do sistema R1+R2+R3+R4 em função das cargas orgânicas volumétricas aplicadas no R1.

As percentagens de metano observadas no biogás foram de 78; 78; 82 e 76%, de 44; 67; 76 e 57%; de 58; 73; 77 e 76% e de 65; 70; 73 e 72%, nos reatores R1, R2, R3 e R4, nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente. As maiores produções volumétricas de metano de 0,44; 0,25; 0,54 e 0,86 $\text{m}^3\text{CH}_4 (\text{m}^3 \text{reator d}^{-1})$ e de 0,33; 0,27; 0,65 e 0,49 $\text{m}^3\text{CH}_4 (\text{m}^3 \text{reator d}^{-1})$ ocorreram nos reatores com biomassa imobilizada nos leitos fixos, R2 e R3, nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Figura 4), em virtude da maior capacidade de acúmulo de lodo ativo (nos interstícios e como biofilme) e da diminuição da COV, que propiciou melhores condições para que o estabelecimento de arqueias metanogênicas e crescimento equilibrado com as bactérias acidogênicas. A produção volumétrica de metano no R1 foi de 0,26; 0,17; 0,17 e 0,36 $\text{m}^3\text{CH}_4 (\text{m}^3 \text{reator d}^{-1})$, nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

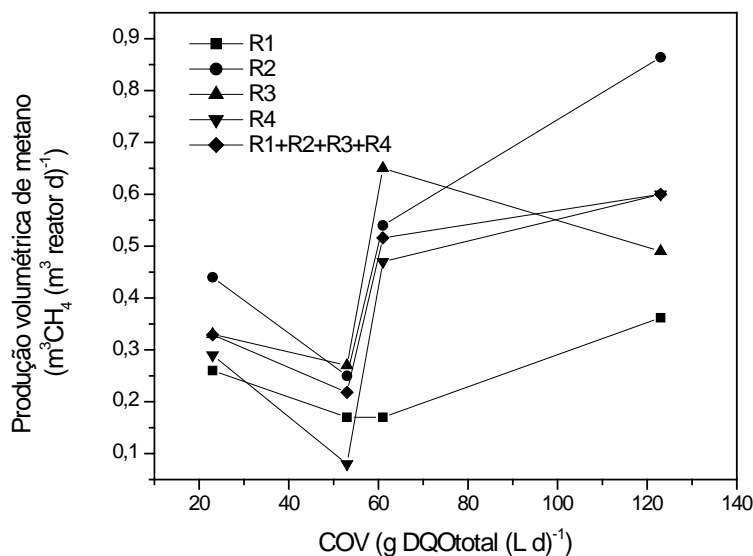


Figura 4. Produção volumétrica de metano no R1, R2, R3 e R4 e no sistema R1+R2+R3+R4 em função das cargas orgânicas volumétricas aplicadas no R1.

Os maiores valores de AP no efluente dos reatores R2, R3 e R4 do que os dos seus afluentes indicam que houve incremento de alcalinidade, proporcionando capacidade tampão aos reatores (Figura 5).

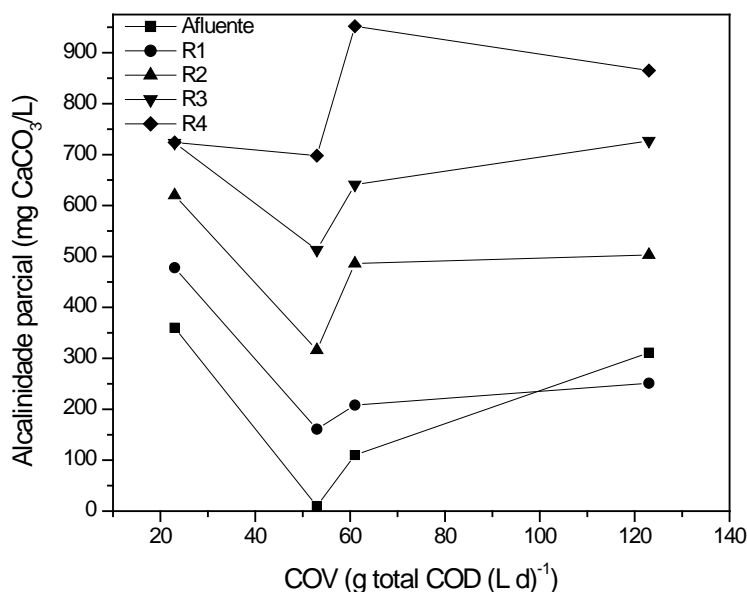


Figura 5. Valores de alcalinidade parcial no afluente, R1, R2, R3 e R4 em função das COV aplicadas no R1.

Nos efluentes dos reatores R1, R2, R3 e R4 foram observados valores de pH superiores aos observados no afluente, de 6,0 a 7,1; 6,6 a 7,1; 6,8 a 7,3 e de 6,9 a 7,2, respectivamente. Chernicharo (2007) citou que as arqueias metanogênicas tem crescimento ótimo na faixa de pH entre 6,6 a 7,4, embora seja possível obter estabilidade na formação de metano numa faixa mais ampla entre 6,0 e 8,0.

Os valores de ácidos voláteis totais (AVT) no R1 e R2, nos ensaios 2, 3 e 4 foram superiores aos recomendados por Girardi (2003) de 50 a 500 mg L⁻¹, para que exista estabilidade no processo anaeróbico, isto ocorreu em virtude das altas COV no R1, provocando predominância de acidogênese no reator R1, como pode ser confirmado pelo aumento de concentração de AVT, e menor concentração de metano no biogás (Figura 6).

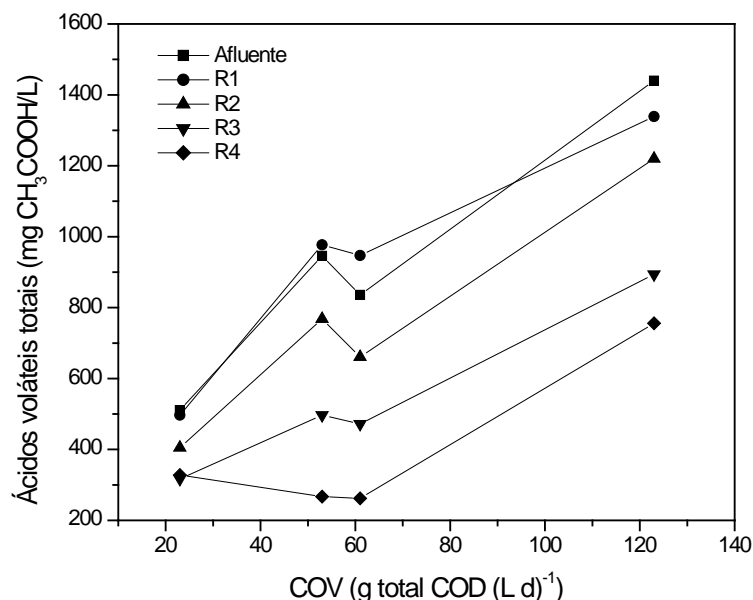


Figura 6. Valores dos ácidos voláteis no afluente, R1, R2, R3 e R4 em função das COV aplicadas no R1.

CONCLUSÕES

Com o sistema de tratamento anaeróbico com os reatores horizontais com manta de lodo e leito fixo, instalados em série, foi possível obter eficiências de remoção de DQO_{total} e sólidos suspensos estáveis, acima de 78%, e produções volumétricas de metano de 0,21 e 0,60 m³ CH₄ (m³ reator d)⁻¹, com a aplicação de COV de 23,3 a 123 g DQO (L d)⁻¹. Isto indica que o sistema de tratamento com os reatores anaeróbios horizontais em série, podem ser viáveis para o tratamento de águas residuárias de suinocultura com altas eficiências de remoção de matéria orgânica.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, FAPESP e a Tigre S. A. pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMORIM, A., BARBOZA, K., ZAIAT, M., FORESTI, E. Avaliação do desempenho e estabilidade de um reator anaeróbico horizontal de leito fixo (RAHLF) submetido ao aumento progressivo na concentração de matéria orgânica afluente e a cargas de choque orgânicas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE FERMENTAÇÕES, 13., 2000, Teresópolis. *Anais...* Teresópolis: Sinaferm, 2000. 1 CD-ROM.
2. Apha/Awwa/Wpcf. (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th, Washington, 1.569 p.

3. BENIS, S.G., BORJA, R., MONEMIAN, S., GOODARZI, V. Anaerobic treatment of synthetic medium-strength wastewater using a multistage biofilm reactor. *Bioresource Technology*, Barking, v.100, n.5, p.1741 - 1745, 2009.
4. CAMPOS, C.M.M., DAMASCENO, L.H.S., MOCHIZUKI, E.T., BOTELHO, C.G. Avaliação do desempenho do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) em escala laboratorial na remoção de carga orgânica de águas residuárias da suinocultura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.2, p.330-399, mar./abr., 2005.
5. CHERNICHARO, C.A. DE L. *Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. 2ª ed., Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2007. 359 p.
6. DILALLO, R., ALBERTSON, O.E. Volatile acids by direct titration. *Journal Water Pollution Control Federation*, Alexandria, v.33, n.4, p.356-365, 1961.
7. Girardi, M. H. (2003) *The microbiology of anaerobic digesters*. New York: Jon Wiley & Sons. 130 p.
8. Jenkins, S. R., Morgan, J. M., Sawyer, C. L. (1983) Measuring anaerobic sludge digestion and growth by a simple alkalimetric titration. *Journal Water Pollution Control Federation*, Alexandria, v. 55, n. 5, p. 448-453.
9. JENKINS, S.R., MORGAN, J.M., SAWYER, C.L. Measuring anaerobic sludge digestion and growth by a simple alkalimetric titration. *Journal Water Pollution Control Federation*, Alexandria, v.55, n.5, p.448-453, 1983.
10. RAMIREZ, P.O., ANTUNES, R.M., QUADRO, M., KOETZ, P. Remoção da DQO e nitrificação em reator biológico aerado no pós-tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.9, n.3, p.279-286, 2003.
11. RIPLEY, L.E., BOYLE, W.C., CONVERSE, J.C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. *Journal Water Pollution Control Federation*, Alexandria, v.58, n.5, p. 406-411, 1986.
12. ZAIAT, M., CABRAL, A.K.A., FORESTI, E. Reator anaeróbio horizontal de leito fixo para tratamento de águas residuárias: concepção e avaliação preliminar de desempenho. *Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Engenharia Química*, São Carlos, v.11, n.2, p. 33-42, 1994.
13. ZHANG, Z., ZHU, J., KING, J., LI, W. A two-step fed SBR for treating swine manure. *Process Biochemistry*, London, v.41, n.4, p.892-900, 2006.