

Tratamento biológico de água residuária da produção de farinha de mandioca utilizando reator anaeróbico compartimentado vertical (RACOV)

Biologic treatment of wastewater from cassava flour production using vertical anaerobic baffled reactor (VABR)

Gleyce T. Correia ¹; Vanildo L. Del Bianchi ²

Resumo

No Brasil, a produção estimada de mandioca em 2007 foi de 25 milhões de toneladas ($\approx 15\%$ do total mundial) e boa parte é destinada à fabricação de farinha. Durante o processamento desta, são gerados resíduos potencialmente causadores de desequilíbrio ambiental, se descartados inadequadamente. Um dos resíduos líquidos gerados, a manipueira, é caracterizada por sua alta quantidade de matéria orgânica. Dentre as maneiras de tratamento deste efluente está o tratamento anaeróbio, que utiliza um reator anaeróbio compartimentado vertical (RACoV) inoculado com lodo granulado. Devido à presença de compartimentos, neste tipo de reator, as fases da biodigestão anaeróbia são separadas, possibilitando, ao reator, maior estabilidade e resistência a choques de carga. O RACoV foi construído com relação largura-altura de 1:2, e foram analisados pH, acidez, alcalinidade, turbidez e remoção de DQO em 6 diferentes pontos do reator, que operou com alimentação crescente de ≈ 2000 para ≈ 10000 mg DQO.L⁻¹, e TRH entre 6,0 e 2,5 dias. O RACoV apresentou acidez e turbidez decrescente, aumento de alcalinidade e de pH, e eficiência na remoção de DQO de até 96% com TRH de 3 dias e DQO de entrada de 3800 mg L⁻¹.

Palavras-chave: Desenvolvimento de reatores. Biodigestão anaeróbia. Manipueira. Reator compartimentado.

Abstract

The estimate cassava production in Brazil in 2007 was of 25 million tons (= 15% of the world production) and most of it is used in the production of flour. During its processing, waste that can cause environmental inequality is generated, if discharged inappropriately. One of the liquid waste generated, *manipueira*, is characterized by its high level of organic matter. The anaerobic treatment that uses a vertical anaerobic baffled reactor (VABR) inoculated with granulated sludge, is one of the ways of treating this effluent. The anaerobic biodigestion phases are separated in this kind of reactor, allowing greater stability and resistance to load shocks. The VABR was built with a width/height rate of 1:2. The pH, acidity, alkalinity, turbidity and COD removal were analyzed in 6 different regions of the reactor, which was operated with an increasing feeding from ≈ 2000 to ≈ 10000 mg COD L⁻¹ and HRT between 6.0 and 2.5 days. The VABR showed decreasing acidity and turbidity, an increase in alkalinity and pH, and 96% efficiency in COD removal with 3-day HRT and feeding of 3800 mg COD L⁻¹.

Key words: Reactors development. Anaerobic biodigestion. Manipueira. Baffled reactor.

¹ Bacharel em Química Ambiental, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (UNESP); gle_qca@hotmail.com. Rua Cristóvão Colombo, 2265 – Jd. Nazareth, São José do Rio Preto – SP.

² Doutor em Agronomia, Professor do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (UNESP); vanildo@ibilce.unesp.br. Rua Cristóvão Colombo, 2265 – Jd. Nazareth, São José do Rio Preto – SP.

Introdução

A produção de mandioca no Brasil equivale a cerca de 15% da produção mundial. Porém, seu beneficiamento industrial gera resíduos danosos ao meio ambiente. Segundo Del Bianchi (1998), dentre os principais resíduos gerados em uma fábrica de farinha de mandioca está a manipueira, resíduo líquido provindo da prensagem da mandioca que, quando despejada inadequadamente, pode causar sérios problemas ambientais, devido a seu alto índice de matéria orgânica e presença de glicosídeos tóxicos.

Dentre as maneiras de tratamento de um efluente líquido, está o tratamento biológico (aeróbio e anaeróbio). Os processos anaeróbios de tratamento de efluentes industriais e domésticos, no Brasil, são tecnologias de baixo custo econômico e energético, e de resposta satisfatória, tanto do ponto de vista empresarial, como dos órgãos de fiscalização e de pesquisa (POETSCH; KOETZ, 1998).

Assim, devido à baixa produção de sólidos, baixo consumo de energia, baixos custos de implantação e operação, tolerância a elevadas cargas orgânicas e possibilidade de operação com elevados tempos de retenção de sólidos, os reatores anaeróbios possuem grande aplicabilidade no tratamento de águas residuárias, concentradas e diluídas (AQUINO; CHERNICARO, 2005).

Novos desenhos e diferentes configurações de reatores anaeróbios vêm sendo estudados, a fim de atender às necessidades das regiões e indústrias, como os reatores de manta de lodo (UASB) (PEREIRA RAMIREZ et al., 2004; LETTINGA et al., 1998), em batelada seqüencial (SARTI; ZAIAT; FORESTI, 2005), os divididos em duas etapas (BARANA; CEREDA, 2000), os compartimentados (WANG; HUANG; ZHAO et al., 2004; LEITE et al., 2004; MAZZOLA; ROSTON; VALENTIM, 2005), entre outros.

Um dos objetivos dessas pesquisas é efetuar o tratamento anaeróbio com separação de fases, que, para muitas águas residuárias, é fundamental para a estabilidade do sistema. Como exemplo, tem-se

o caso da manipueira (BARANA, 1996; FEIDEN, 2001), esgotos domésticos (SILVA, 1977; SILVA; NOUR, 2005; FOXON et al., 2004), suinocultura (BOOPATHY, 1998; FERNANDES; OLIVEIRA, 2006; PEREIRA RAMIREZ et al., 2004), efluentes de laticínios (CHEN; SHYU, 1996), entre outros, obtendo resultados satisfatórios no que diz respeito à remoção de matéria orgânica.

O Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) é um exemplo deste desenvolvimento, por ser altamente eficiente na retenção da fração orgânica particulada (BOOPATHY, 1998), e possuir a capacidade de melhorar a estabilidade dos sistemas de tratamento (FERNANDES; OLIVEIRA, 2006). Além dessas características, o RAC separa em vários compartimentos as fases do catabolismo anaeróbio (BARBER; STUCKEY, 1999).

Segundo Silva, Zanella e Nour (2000), a configuração de reatores em forma de câmaras foi de grande importância para assimilação de choques ácidos, em relação ao pH e à alcalinidade total e parcial.

Este projeto tem por objetivo estudar um Reator Anaeróbio Compartimentado Vertical (RACoV), a fim de verificar a possibilidade de eficiência já conhecida de um RAC, porém utilizando um espaço reduzido, por meio do monitoramento, em diferentes pontos do reator, de pH, turbidez, acidez, alcalinidade e remoção de DQO.

Material e métodos

Manipueira e lodo

O substrato utilizado (manipueira) provém da fábrica de farinha de mandioca “Plaza – Indústria e Comércio Ltda”, localizada na cidade de Santa Maria da Serra, interior de São Paulo. A manipueira foi coletada e encaminhada ao Laboratório de Bioprocessos, onde foi realizada a sedimentação para a remoção de grande parte do amido presente. O líquido sobrenadante foi homogeneizado e congelado (-18 °C) até ser utilizado para a alimentação do reator.

Análises prévias de pH, turbidez, acidez, alcalinidade e DQO (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, 1995) foram realizadas no substrato, a fim de se obter uma caracterização do efluente utilizado.

O reator foi inoculado com lodo granulado oriundo do tratamento de efluentes da Indústria de Refrigerantes Arco-Íris de São José do Rio Preto-SP, que utiliza um reator anaeróbico de manta de lodo (UASB). A quantidade de lodo ocupou cerca de 50% do volume do reator.

Parâmetros físico-químicos (APHA, 1995), como pH, densidade e Sólidos (ST, STV e STF), foram analisados com o intuito de caracterizar o inóculo utilizado.

Reator anaeróbico compartimentado vertical (RACoV)

O reator (Figura 1) foi construído em vidro, com dois compartimentos (cada um deles possuindo uma zona de fluxo descendente e de fluxo ascendente), e capacidade volumétrica de 8550 mL. A relação largura-altura para todo o reator é de 1:2 e para cada zona é de 1:8. A alimentação foi efetuada por meio de uma bomba peristáltica.

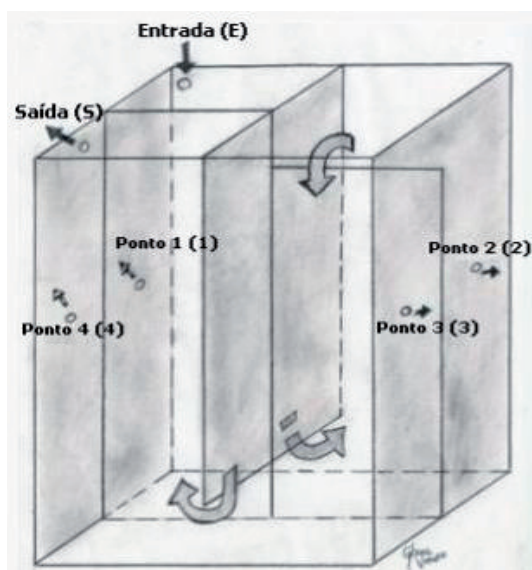


Figura 1. Desenho esquemático do RACoV, onde E, 1, 2, 3, 4 e S representam os pontos de coleta do reator.

Procedimento experimental

Semanalmente, durante dez meses, foram realizadas duas amostragens em cada ponto de coleta do reator e analisados os seguintes parâmetros: pH (pHmetro PM 608 – Analion); turbidez (Espectrofotômetro DR/2000 Hach); acidez e alcalinidade pelo método titulométrico (SILVA, 1977); e DQO pelo método colorimétrico (APHA, 1995), utilizando bloco digestor e espectrofotômetro DR/2000 Hach.

A concentração de matéria orgânica na alimentação foi aumentada gradativamente de 2000 para 10000 mg DQO L⁻¹, com tempos de residência hidráulica entre 7,5 e 2,5 dias, correspondendo a cargas orgânicas volumétricas entre 0,5 e 3,3 g.L⁻¹.d⁻¹ e cargas orgânicas específicas entre 4,3 e 26,6 g.d⁻¹. Foram aplicadas vazões de entrada que variaram entre 1,4 e 3,4 L.d⁻¹.

Foi utilizado bicarbonato de sódio para a correção do pH, quando necessário, ou seja, principalmente na etapa de partida do reator. A quantidade aplicada de bicarbonato era função da manutenção do valor do pH (7,0 ± 0,5), pois, segundo Ramjeawon (apud PEREIRA-RAMIREZ et al., 2004), a digestão anaeróbia requer esta faixa de pH para manter uma condição de tamponamento, o que auxilia a estabilidade do reator.

Tratamento estatístico dos dados obtidos

Para o estudo dos dados obtidos, foram utilizados gráficos BoxPlot, que, segundo Morettin e Bussab (2005), possibilitam a visualização de dispersão, assimetria e dados discrepantes, utilizando os valores de mediana (posição central do gráfico), primeiro e terceiro quartil (assimetria da distribuição).

Resultados e discussão

Manipueira e lodo

A caracterização da manipueira mostrou que, após um processo de decantação/separação manipueira-

amido, o efluente direcionado ao tratamento anaeróbio no RACoV tinha, em média, uma DQO de 60000 mg DQO L⁻¹, pH = 4,2, acidez = 879 mg CaCO₃ L⁻¹, alcalinidade muito baixa (não detectada pelo método utilizado) e turbidez = 140 FTU (valor que varia bastante dependendo da eficiência da decantação). O lodo granulado apresentou, em média, pH = 7,16 e densidade = 0,92 g mL⁻¹.

A análise de sólidos (totais, fixos e voláteis) no lodo apresentou, em média, 40,46 g L⁻¹ de sólidos totais, e, destes, 18,5% são sólidos fixos e 81,5% sólidos voláteis. Antes de ser inserido no reator, o lodo passou por um período de adaptação à manipueira.

RACoV

pH

A alimentação do reator teve seu pH corrigido, para uma faixa de pH entre 6,5 e 7,5. A Figura 2 mostra o aumento dos valores de pH ao longo dos pontos de coleta no reator, uma média de 6,0 na entrada para 8,0 na saída.

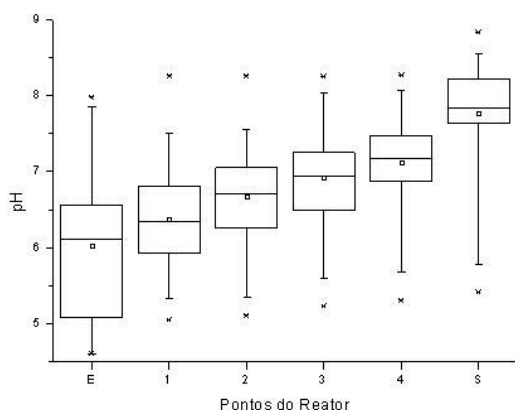


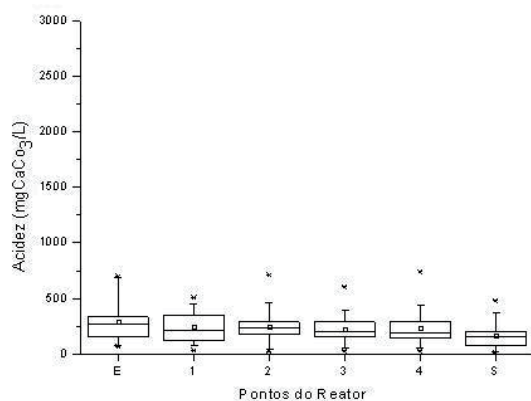
Figura 2. Boxplot dos valores médios de pH ao longo do reator

Uma das principais características dos reatores anaeróbios compartimentados é a possibilidade de separação das fases da digestão anaeróbia. De modo geral, nos primeiros compartimentos do RAC, o pH é baixo, e os níveis de substrato são elevados. Nessas condições, começam a atuar as bactérias acidogênicas e, nos compartimentos seguintes, há a tendência de um aumento do pH, favorecendo assim o desenvolvimento das arqueias metanogênicas. Este comportamento também foi observado por Fernandes e Oliveira (2006), utilizando um RAC em série com um UASB, no tratamento de águas residuárias de suinocultura. No presente trabalho, o RACoV manteve o comportamento característico de um RAC comum.

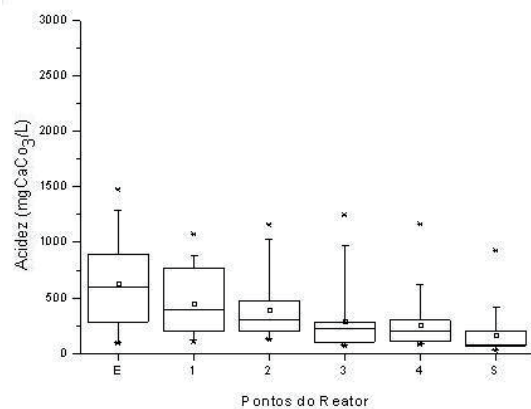
Acidez e alcalinidade

As Figuras 3 e 4 mostram o comportamento da acidez e da alcalinidade ao longo do reator. Observa-se a acidez decrescente, em média de 275 para 122 mg CaCO₃ L⁻¹, e a alcalinidade crescente, em média de 1295 para 1729 mg CaCO₃ L⁻¹, operando com DQO entre 2000 e 5000 mg L⁻¹. Com a alimentação entre 5000 e 10000 mg DQO L⁻¹, a acidez mostrou-se decrescente, em média de 645 para 115 mg CaCO₃ L⁻¹, e a alcalinidade crescente de 1037 para 1931 mg CaCO₃ L⁻¹.

A alcalinidade apresentou valores altos principalmente devido à correção do pH com bicarbonato de sódio, pois, segundo Leite et al. (2004), a alcalinidade total representa a soma da alcalinidade advinda dos ácidos graxos voláteis e dos bicarbonatos. Já a acidez diminuiu devido à utilização dos ácidos graxos pelas bactérias acidogênicas.



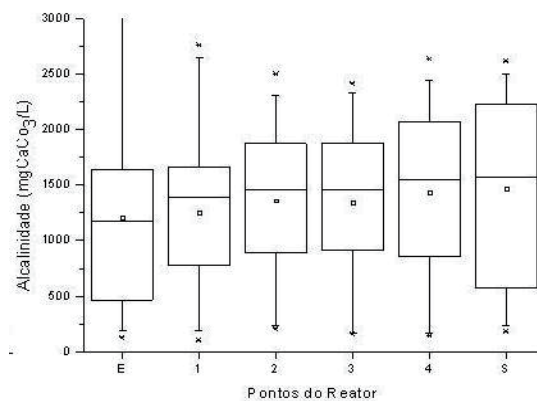
(a)



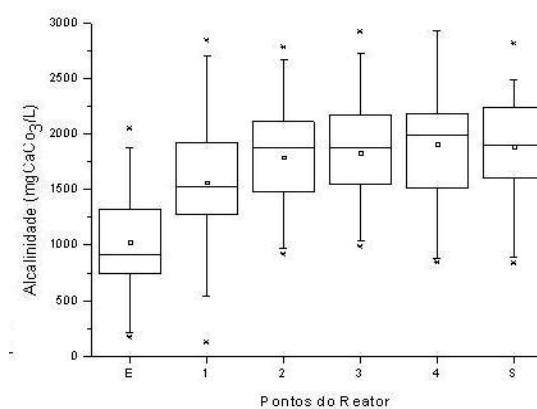
(b)

Figura 3. Boxplot dos valores de acidez: (a) operando entre 2000 e 5000 mg DQO L⁻¹ e (b) operando entre 5000 e 10000 mg DQO L⁻¹

Quanto menor a relação acidez/alcalinidade, melhor é a estabilidade do reator. No caso deste experimento, operando com uma concentração de matéria orgânica entre 2000 e 5000 mg DQO L⁻¹, esta relação foi se estabilizando ao longo do reator, passando, em média de 0,52 na entrada para 0,12 na saída. Operando entre 5000 e 10000 mg DQO L⁻¹, a relação na entrada foi bem maior, diminuindo, em média, de 1,02 na entrada para 0,11 na saída.



(a)



(b)

Figura 4. Boxplot dos valores de alcalinidade: (a) operando entre 2000 e 5000 mg DQO L⁻¹ e (b) operando entre 5000 e 10000 mg DQO L⁻¹

Turbidez

A Figura 5 mostra os valores médios de turbidez ao longo do reator que, em geral, segue uma tendência decrescente, de 106 para 85 FTU, operando com DQO entre 2000 e 5000 mg L⁻¹ e de 305 na entrada para 204 FTU na saída, com DQO entre 5000 e 10000 mg L⁻¹.

É possível observar que, quando utilizada uma carga orgânica maior, a turbidez, principalmente de entrada, mostrou valores mais elevados, que pode ser devido à presença de sólidos suspensos no efluente, pois, quanto menor a diluição do efluente, maior a quantidade desses sólidos.

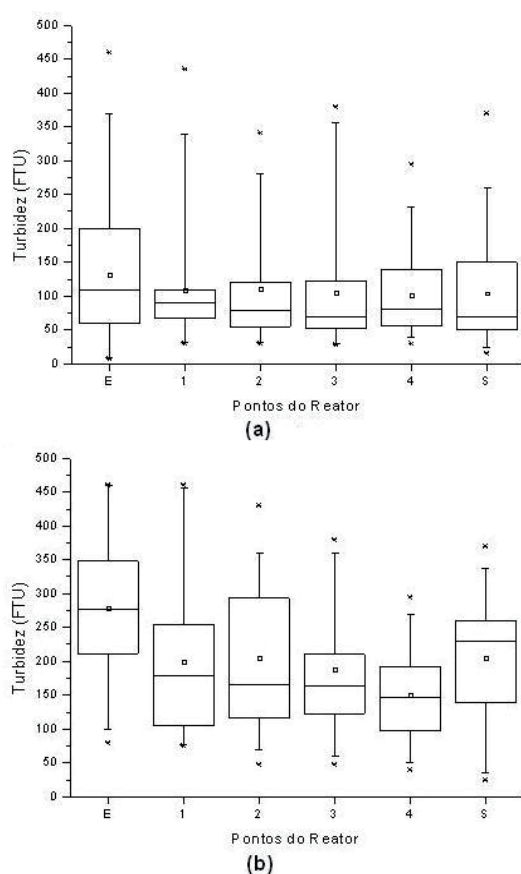


Figura 5. Boxplot da turbidez média ao longo do reator (a) operando entre 2000 e 5000 mg DQO L⁻¹ e (b) operando entre 5000 e 10000 mg DQO L⁻¹

Demanda química de oxigênio (DQO)

A concentração de matéria orgânica na alimentação variou numa primeira etapa entre 2000 e 5000 mg DQO L⁻¹ (Figura 6a) e, em uma segunda etapa, entre 5000 e 10000 mg DQO L⁻¹ (Figura 6b)

Na primeira etapa, a eficiência na remoção chegou a 93% com alimentação de 2700 mg DQO L⁻¹ e TRH de 4,3 dias e a 96% operando com 3800 mg DQO L⁻¹ e TRH de 3,1 dias.

Na segunda etapa, com a aplicação de cargas mais altas, as eficiências máximas atingidas foram de 93% operando com alimentação 6050 mg DQO L⁻¹ e TRH de 4 dias, e de 89% com 9700 mg DQO L⁻¹ e TRH de 3 dias.

É importante que a correção do pH da alimentação seja realizada principalmente durante a partida do

reator. Esta poderá ser cessada após a estabilização do reator, se utilizadas cargas orgânicas baixas. Para manter a estabilidade, quando aplicadas cargas orgânicas altas, é importante que o pH continue a ser corrigido, a fim de evitar um choque ácido na etapa metanogênica.

Esta necessidade de correção, durante o período de partida, também foi citada no trabalho de Hobson e Wheatley (1993), que ressaltam que uma das grandes causas de falência de um reator anaeróbico pode ocorrer durante a partida, pois valores baixos de pH inibem a metanogênese.

Figura 6. Boxplot dos valores de DQO (a) operando entre 2000 e 5000 mg DQO L⁻¹ e (b) operando entre 5000 e 10000 mg DQO L⁻¹

Quanto à eficiência de remoção da DQO, na literatura foram encontrados trabalhos como: Silva, Zanella e Nour (2000), que utilizaram um reator híbrido anaeróbico/aeróbico (4 compartimentos, o último aeróbico) no tratamento de esgoto sanitário, e obtiveram eficiência média de 69%; Boopathy (1998), que estudou quatro RAC (com dois, três, quatro, e cinco compartimentos) no tratamento de água residuária de suinocultura com TRH = 14 dias, e observou que as reduções de DQO variaram de 70 a 78% entre os reatores estudados, aumentando a eficiência conforme aumentava o número de compartimentos; Nachaiyasit e Stuckey (1997), que operaram reator RAC sob condições de choque de carga orgânica, no tratamento de água residuária sintética, aumentando a concentração de DQO de 4000 mg L⁻¹ para 15000 mg L⁻¹, e TRH de 20 h, verificando 90% de eficiência de remoção de DQO, entre outros.

Para o tratamento específico da manipueira, citam-se os seguintes autores: Lacerda (1991) utilizou um sistema de separação de fases em leito fixo conseguindo uma redução de 80% na DQO em um TRH de 3 dias; Feiden (2001) que, trabalhando

com um reator anaeróbio com separação de fases em escala piloto, alimentação de 2,49 g DQO L⁻¹ d⁻¹ e TRH de 4,4 dias, obteve 77% de remoção na DQO; Barana e Cereda (2000), que estudaram um biodigestor anaeróbio de duas fases, utilizando diferentes cargas de entrada de manipueira, obtiveram a maior taxa de remoção de DQO (89%) com carga orgânica de 2,25 g DQO L⁻¹ d⁻¹.

Isto mostra que o reator anaeróbio compartimentado é uma alternativa eficiente na diminuição de matéria orgânica presente em diversos efluentes, inclusive à manipueira.

Conclusão

A correção do pH do efluente, durante o período de partida e a altas cargas, mostrou-se necessária, para facilitar a estabilização do sistema e evitar choques ácidos na etapa metanogênica.

Após a etapa de estabilização do reator, foram encontradas eficiências satisfatórias, chegando aos valores máximos de 95% de remoção em TRH de 3 dias e carga orgânica de 4000 mg DQO L⁻¹, e de 97% com TRH de 3,5 dias e TRH de 6000 mg DQO L⁻¹.

O RACoV demonstrou possuir capacidade de degradar matéria orgânica com elevados valores de DQO, além de suportar choques de carga.

Quando comparado aos reatores anaeróbios compartimentados encontrados na literatura, o RACoV apresentou comportamento semelhante, no que diz respeito aos parâmetros pH, acidez, alcalinidade e turbidez.

Assim, pode-se concluir que o RACoV possui a eficiência já estudada dos RAC, com a vantagem de ocupar um espaço reduzido em relação aos reatores compartimentados convencionais.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE/UNESP).

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19. ed. Washington: APHA, 1995.

AQUINO, S. F.; CHERNICHARO, C. A. L. Acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGVs) em reatores anaeróbios sob estresse: causas e estratégias de controle. *Engenharia Sanitária Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 152-161, 2005.

BARANA, A. C. *Estudo de carga orgânica de manipueira na fase metanogênica de reator anaeróbio de fluxo ascendente e leito fixo*. 1996. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.

BARANA, A. C.; CEREDA, M. P. Cassava wastewater (Manipueira) treatment using a two-phase anaerobic biodigestor. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 20, n. 2, p. 183-186, 2000.

BARBER, W. P.; STUCKEY, D. C. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: a review. *Water Research*, New York, v. 33, n. 7, p. 1559-1578, 1999.

BOOPATHY, R. Biological treatment of swine waste using anaerobic baffled reactors. *Bioresource Technology*, Essex, v. 64, n. 1, p. 1-8, 1998.

CHEN, T. H.; SHYU, W. H. Performance of four types of anaerobic reactors in treating very dilute dairy wastewater. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, v. 11, n. 5, p. 431-440, 1996.

DEL BIANCHI, V. L. *Balço de massa e energia do processamento de farinha de mandioca em uma empresa de médio porte do estado de São Paulo*. 1998. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.

FEIDEN, A. *Tratamento de águas residuárias de indústria de fécula de mandioca através de biodigestor anaeróbio com separação de fases em escala piloto*. 2001. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.

- 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*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 243-256, 2006.
- FOXON, K. M.; PILLAY, S.; LALBAHADUR, T.; RODDA, N.; HOLDER, F.; BUCKLEY, C. A. The Anaerobic Baffled Reactor (ABR): an appropriate technology for on-site sanitation. *Water SA*, Pretoria, v. 30, n. 5, p. 44-50, Edição Especial, 2004.
- HOBSON, P. N.; WHEATLEY, A. N. D. Anaerobic digestion: modern theory and practice. London: Elsevier Science Publishers, 1993.
- LACERDA, T. H. M. *Estudo cinético da fase metanogênica de substrato de manipueira*. 1991. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
- LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. *Engenharia Sanitária Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 280-284, 2004.
- LETTINGA, G.; HOBMA, S. W.; KLAPWIJK, A.; VAN VELSEN, A. F. M.; DE ZEEUW, W. J. Use of the upflow sludge blanket (UASB) reactor concept for biological wastewater treatment. *Engenharia Sanitária Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 22, p. 699-734, 1998.
- MAZZOLA, M.; ROSTON, D. M.; VALENTIM, M. A. A. Uso de leitos cultivados de fluxo vertical por batelada no pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio compartimentado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 276-283, 2005.
- MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. *Estatística básica*. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- NACHAIYASIT, S.; STUCKEY, D. C. The effect of shock loads on the performance of na ABR. 1. Step changes in feed concentration at constant retention time. *Water Research*, New York, v. 31, n. 11, p. 2737-2746, 1997.
- PEREIRA-RAMIREZ, O.; QUADRO, M. S.; ANTUNES, R. M.; KOETZ, P. R. Influência da recirculação e da alcalinidade no desempenho de um reator uasb no tratamento de efluente de suinocultura. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 103-110, 2004.
- POETSCH, P. B.; KOETZ, P. R. Sistema de Determinação da Atividade Metanogênica Específica de Lodos Anaeróbios. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 4, n. 3, p. 161-165, 1998.
- SARTI, A.; ZAIAT, M.; FORESTI, E. Desempenho de reatores anaeróbios operados em bateladas sequenciais (escala piloto) no tratamento de esgoto sanitário. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, v. 26, n. 2, p. 113-124, 2005.
- SILVA, G. H. R.; NOUR, E. A. A. Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 268-275, 2005.
- SILVA, G. H. R.; ZANELLA, L.; NOUR, E. A. A. Comportamento de um reator compartimentado híbrido submetido a um período de operação precária: Estabilidade do Sistema. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., 2000. Porto Alegre. *Anais Eletrônicos*. Porto Alegre, 2000.
- SILVA, M. O S. A. *Análises físico-químicas para controle de estações de tratamento de esgoto*. São Paulo: CETESB, 1977.
- WANG, J., HUANG, Y., ZHAO, X. Performance and characteristics of an anaerobic baffled reactor. *Bioresource Technology*. v. 93, p.205-208, 2004.