

REATOR ANAERÓBIO NO TRATAMENTO DA MANIPUEIRA USANDO MEIO SUPORTE DE POLIURETANO

Douglas Guedes Batista Torres, Tatiane Martins de Assis, Michael Steinhorst Alcântara, Maria Hermínia Ferreira Tavares, Simone Damasceno Gomes (Orientadora/UNIOESTE), e-mail: douglasgbtorres@hotmail.com

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – Cascavel – PR.

Palavras-chave: meio suporte, digestão anaeróbia, poliuretano, fecularia.

Resumo

A manipueira, resíduo líquido do processamento da mandioca pode ocasionar sérios danos ao meio ambiente, devido a sua alta carga orgânica, caso não seja submetida ao tratamento adequado. A biodigestão anaeróbia é um tipo de tratamento bastante recomendado, o uso do meio suporte consiste num meio de fixação dos microorganismos atuantes na digestão, dificultando a perda de biomassa, resultando em um aumento da eficiência do sistema de em relação à remoção de carga orgânica e produção de biogás. Neste trabalho foi utilizado um reator anaeróbio tendo como meio suporte anéis de poliuretano sendo o reator submetido as cargas de 0,548, 1,156, 1,471, 3,049 gDQO.L⁻¹ reator dia⁻¹. O reator apresentou boa estabilidade ao longo do processo. Houveram pequenas diferenças estatísticas entre as cargas em cada um dos parâmetros avaliados, porem em todos os tratamentos o reator apresentou resultados de remoção de DOQ próximos a 98%, remoção de ST em variando entre 79 e 85% aproximadamente e remoção de SV em torno de 90%. Apenas a produção de biogás apresentou resultados com maiores diferenças sendo que a carga 1 produziu 0,52667, a carga 2 0,53505, a carga 3 0,72122 e a carga 4 0,60469 Lbiogas/gDQO removida. Entre os tratamentos destacamos o tratamento 3 com melhores índices de remoção de DOQ e SV sendo 98,6% e 93,03% respectivamente.

Introdução

Na ultima década, a produção brasileira de mandioca ficou praticamente estável em uma média de 23 milhões de toneladas de raiz por ano, equivalente a 12% da produção Mundial. Devido à alta no preço da tonelada da raiz de mandioca durante os anos de 2003 e 2004 houve estímulo da produção, o que proporcionou ao Paraná um aumento de 38% na produção estadual, atingindo a produção de 4 milhões de toneladas na safra 2004-2005, sendo a região de Cascavel responsável por uma produção de 402 mil toneladas (SEAB 2006).

Para processar uma tonelada de raízes de mandioca para produção de fécula, são necessários aproximadamente 3000 litros de água. Considerando o processamento de 395 mil toneladas de mandioca para

produção de fécula no ano de 2004, foram necessários 1,185 bilhões de litros de água.

O efluente gerado durante a lavagem das raízes e extração do amido (manipueira) possui elevada carga orgânica devido às altas concentrações de açúcares, o que proporciona o desenvolvimento de bactérias fermentativas. A manipueira apresenta ainda concentrações do íon cianeto (CN⁻) e do ácido cianídrico (HCN), substâncias capazes de bloquear o transporte do oxigênio em seres vivos.

Os processos biológicos têm sido aplicados no tratamento de resíduos domésticos e industriais. Dentre as alternativas, o processo de estabilização anaeróbia oferece vantagens, incluindo elevado grau de conversão da matéria orgânica em produtos finais, baixa produção de lodo ou sólidos biológicos, destruição de microorganismos patogênicos, produção de biofertilizantes e geração de gases com elevado teor de metano (TORRES, 2006 apud FERNANDES JÚNIOR & CEREDA, 1996).

O filtro anaeróbio, ou reator anaeróbio com meio suporte, consiste em um tanque contendo um material de enchimento formando um leito fixo, o qual tem a função de proporcionar uma superfície para fixação dos microorganismos presentes no sistema anaeróbio, buscando melhorar a eficiência do tratamento dos efluentes (GONÇALVES et. al 2001).

Segundo Paganini et. al. (2002), em um sistema de biofiltros as bactérias ficam aderidas no meio suporte inerte distribuído ao longo do reator, sendo dificultada a perda dos microorganismos atuantes na digestão anaeróbia, resultando assim em um aumento da eficiência do sistema de digestão em relação à remoção de carga orgânica e produção de biogás devido ao aumento da fixação dos microorganismos no interior do reator.

Chernicharo (2007) menciona que as principais funções do meio suporte em um sistema de digestão anaeróbia são: atuar como um dispositivo de separação dos gases formados no sistema; promover a uniformização do escoamento do reator; melhorar o contato entre os constituintes do afluente e os microorganismos presentes no sistema anaeróbio; permitir o acúmulo de biomassa resultando no aumento do tempo de retenção celular e atuar como barreira física, evitando que os sólidos sejam carregados para fora do sistema de tratamento.

Diante do exposto, este trabalho se objetivou a avaliar o comportamento e a eficiência de remoção de carga orgânica de um reator anaeróbio de fluxo contínuo utilizando como meio suporte para os microorganismos do sistema anaeróbio anéis de poliuretano.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Campus Cascavel (Brasil).

A água residuária utilizada no experimento foi proveniente de indústria de processamento de mandioca para produção de fécula, localizada no município de Toledo (Paraná-Brasil).

Após a coleta, o efluente foi caracterizado quanto à carga orgânica (DQO), pH e concentração de sólidos totais e voláteis. Para a conservação o efluente foi congelado, sendo utilizado conforme a necessidade de abastecimento do reator. Antes de proceder à alimentação do sistema, o efluente foi descongelado até a temperatura ambiente.

O reator anaeróbio foi construído em um tubo de PVC com diâmetro de 15cm e comprimento de 90cm, resultando em uma relação entre o comprimento e a largura de 1:6. Foram utilizados como meio suporte anéis de poliuretado (eletroduto) com diâmetro de 2 cm e comprimento de 4cm, sendo utilizados no total 325 anéis.

O volume útil do reator utilizado foi de 7,98L. A inoculação do sistema foi realizada com a utilização de lodo proveniente da lagoa anaeróbia do sistema de tratamento de efluentes da fecularia.

Condução do experimento

O reator foi abastecido com a utilização de bomba peristáltica, sendo o volume diário de efluente distribuído ao longo do dia com a utilização de um temporizador. Para realizar a mensuração da quantidade de biogás gerado no sistema, o reator foi conectado a um sistema de gasômetro conforme a Figura 1.

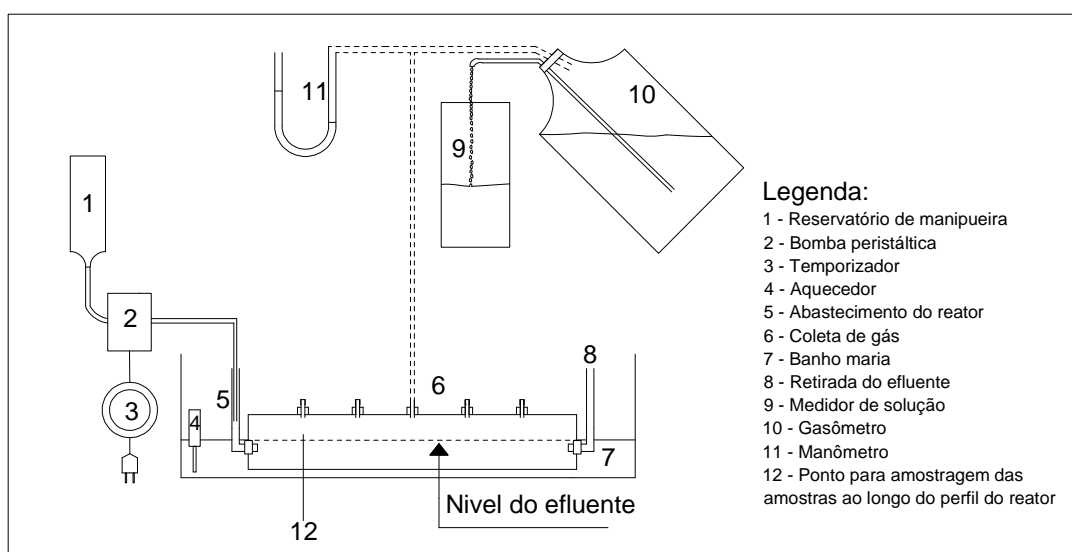


Figura 1 – Esquema de funcionamento do sistema de mensuração do biogás.

Com o objetivo de evitar a perda do gás carbônico gerado, mensurando assim o volume do biogás com todos os seus constituintes (metano, CO₂, H₂S, H₂O e outros), foi utilizado no gasômetro uma solução salina acidulada composta por 3% de H₂SO₄ e 25% de NaCl, conforme recomendação de Fernandes Júnior (1995).

Para mensurar a pressão no gasômetro e no reator, a atmosfera de gases foi conectada a um manômetro em “U”, sendo necessária a utilização

desta pressão diária do sistema para a correção do volume de biogás gerado, para as condições normais de temperatura e pressão. A correção do volume foi realizada pela equação 2, recomendada por Motta (1985) e Fernandes Júnior (1995).

$$V(CNTP) = \frac{273}{273+T} \times \frac{P+PW}{760} \times V \times F \quad (\text{equação 1})$$

onde:

T – Temperatura Ambiente

P – Pressão Local

PW – Pressão de vapor d'água à temperatura da estufa transformada em mmHg

V – Volume de solução deslocada

F – Fator de correção de umidade a temperatura de medição do gás, segundo a equação: $y=1,0568-0,0034.X$, com $r=-0,9979$, onde X corresponde a temperatura em °C.

O fator PW será obtido pela equação 3:

$$PW = 2 \times pm \times 0,0763 \quad (\text{equação 2})$$

onde:

Pm – Pressão no reator (cca)

Foram realizadas análises de Alcalinidade Total (AT) e Acidez Volátil (AV) sendo considerada essa relação AV/AT como parâmetro de monitoramento da estabilidade do reator. Para determinação da eficiência de remoção de matéria orgânica foram realizadas as análises de DQO, Sólidos Totais e Sólidos Voláteis.

Os parâmetros físico-químicos foram determinados seguindo a metodologia descrita no STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (1999).

Resultados e Discussão

Foram realizadas análises de variância (ANOVA) levando em consideração a produção de biogás/gDQO consumida para cada tratamento, remoção de DQO (%), remoção de Sólidos Totais (%) e Voláteis (%) também para cada carga testada.

Todas as análises foram submetidas ao teste de Shapiro Wilk para normalidade, percebeu-se em todos os casos valores de P-valor superiores a 0,05, demonstrando a normalidade dos dados, conforme os valores de desvio padrão apresentados nas tabelas 3, 4, 5 e 6.

Na tabela 1, são apresentados os dados caracterização do inóculo e da manipuladora utilizados no experimento.

Tabela 1. Valores médios da caracterização do inoculo e efluente.

Parâmetro	Inoculo	Manipueira
DQO(mg/L)	1271,8	8329,5
ST(mg/L)	3587,5	10007,5
SV(mg/L)	1027,5	7842,5

O reator foi submetido a diferentes níveis de carga orgânica, sendo eles, especificados na tabela 2.

Tabela 2. Níveis de Carga orgânica equivalentes a cada tratamento

	Carga (gDQO/Ldia)
Tratamento 1	0,548
Tratamento 2	1,156
Tratamento 3	1,471
Tratamento 4	3,049

Analisando a quantidade de biogás produzida por grama de DQO removida para cada carga testada, verifica-se conforme tabela 3, que apenas a carga 3 diferiu estatisticamente entre as demais cargas, a mesma se destacou apresentando uma maior produção e biogás.

Tabela 3. Teste de comparação de médias para produção de biogás

Tratamentos	Produção média de biogás (Lbiogas/gDQO removida)	Desvio Padrão
Carga 1	0,52667 a	0,10545
Carga 2	0,53505 a	0,06523
Carga 3	0,72122 b	0,08973
Carga 4	0,60469 a	0,05183

Letras minúsculas iguais, na mesma coluna, correspondem a médias iguais ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Colin et. al.(2006) avaliando o tratamento anaeróbio de manipueira a partir de um reator de bancada com meio suporte de bambu, obtiveram remoção de DQO de 87% e uma produção diária de biogás de 3,7L.L⁻¹ reator para uma carga de 11,8 gDQO.L⁻¹. Nas condições do presente estudo, para a carga 3 que apresentou a maior produção de biogás, 0,72 Lbiogas/gDQO removida, onde a carga orgânica foi de 1,47 gDQO/Ldia, e obtivemos remoção média de DQO de 98,5% aproximadamente, verificamos que o meio suporte de poliuretano, se comparado ao bambu apresentou neste caso, um comportamento mais eficiente.

Na tabela 4, apresentam-se os resultados de remoção média de DQO em cada um dos tratamentos.

Tabela 4. Teste de comparação de médias para remoção de DQO

Tratamentos	Remoção média de DOQ (%)	Desvio Padrão
Carga 1	97,558 a	0,235
Carga 2	98,862 b	0,315
Carga 3	98,586 b	0,212
Carga 4	97,798 a	0,669

Letras minúsculas iguais, na mesma coluna, correspondem a médias iguais ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Mesmo havendo diferenças estatísticas entre as cargas testadas, as cargas 2 e 3 foram diferentes das cargas 3 e 4, todos os tratamentos apresentaram ótimos de resultados de remoção de DQO, destacando-se o tratamento 2 com remoção de 98,86% da carga orgânica.

Kocadagistan et al (2003) em estudos semelhantes utilizando como meio suporte pedra-pomes, obtiveram valores de remoção de DQO de 94% para a carga diária de 16,56KgDQO.m⁻³, ressaltando a boa performance da pedra-pomes devido a sua elevada porosidade.

Ao comparar a utilização de anéis de poliuretano, anéis cerâmicos e anéis de PVC com área superficial de 206, 50 e 134 m².m⁻³, respectivamente, Farhadian et al (2007) observaram que a eficiência de remoção de matéria orgânica aumentou com a utilização de maiores áreas superficiais, sendo obtido eficiência de 90% de remoção de DQO com uma carga de 9,6 kgDQO.m⁻³, na utilização de anéis de poliuretano.

Em a estudos realizados por Kuczman (2007), que obteve a carga máxima de 2,96 gDQO.L⁻¹ com remoção de DQO 95,31% no tratamento anaeróbio da manipueira em reator horizontal de fluxo contínuo sem meio suporte, verificamos que neste estudo, foi obtida uma carga máxima admissível, 3,049 gDQO/Ldia com remoção de 97,8%, para o tratamento anaeróbio da manipueira superior a obtida por Kuczman (2007).

Na tabela 5, são apresentados os resultados de remoção de sólidos totais (%) em função de cada carga a qual o reator foi submetido.

Tabela 5. Teste de comparação de médias para remoção de Sólidos Totais

Tratamentos	Remoção média de Sólidos Totais(%)	Desvio Padrão
Carga 1	79,872 a	2,162
Carga 2	85,56 b	2,230
Carga 3	85,56 b	1,052
Carga 4	80,048 a	3,068

Letras minúsculas iguais, na mesma coluna, correspondem a médias iguais ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo Camargo et. al. (2000), ao avaliar a partida de um reator anaeróbio para o tratamento de esgoto sanitário com meio suporte de bambu, os autores obtiveram remoções de 69; 70 e 80% para DBO, DQO e ST, respectivamente, utilizando uma carga diária de 1 kgDQO.m⁻³, valores

aproximados também foram encontrados no presente trabalho se tratando da remoção de sólidos totais, sendo que os tratamentos 1 e 4 diferiram estatisticamente dos tratamentos 2 e 3.

Na tabela 6, apresentam-se os resultados de teste de comparação de médias em relação à remoção de sólidos voláteis (%) para as cargas avaliadas.

Tabela 6. Teste de comparação de médias para remoção de Sólidos Voláteis

Tratamentos	Remoção média de Sólidos Voláteis(%)			Desvio Padrão
Carga 1	90,906	a	b	2,324
Carga 2	92,659	a	b	2,135
Carga 3	93,300	a		2,672
Carga 4	89,937		b	2,476

Letras minúsculas iguais, na mesma coluna, correspondem a médias iguais ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O parâmetro Sólidos Voláteis apresentaram bons índices de remoção em todos os tratamentos, havendo diferença estatística apenas entre os tratamentos 3 e 4.

Conclusões

Podemos verificar que o reator em estudo apresentou ótimo comportamento, apresentando em todos os parâmetros avaliados bons índices de remoção de DQO, ST e SV, chegando eles próximos a 98% se tratamento de remoção de DQO, entre 79 e 85% para sólidos totais e em torno de 90% para sólidos voláteis. Entre os tratamentos destacamos o tratamento 3 com melhores índices de remoção de DOQ e SV sendo 98,6% e 93,03% respectivamente, e também uma maior produção de biogás, 0,72122 Lbiogás/gDQO removida.

Confirma-se, portanto que a utilização de meio suporte alternativo para os reatores anaeróbios destinados ao tratamento da manipueira, se constitui como uma forma viável de melhorar os índices de eficiência deste método de tratamento.

Referências

- Chernicharo C. A. L.; Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, Reatores anaeróbios. 2ed, Belo Horizonte, Departamento de engenharia sanitária e ambiental – UFMG, 2007.
- Colin, X., Farinet J. L., Rojas, O., Alazard, D. Anaerobic treatment of cassava starch extraction wastewater using a horizontal flow filter with bamboo as support. *Bioresource Technology*, V. 98, p. 1602-1607, 2006.
- Farhadian M.; Borghei M.; Umrانيا V.V.; Treatment of beet sugar wastewater by UAFB bioprocess, *Bioresource technology*, v 98; p 3080-3083, 2007.

Fernandes Junior., A. Digestão anaeróbia de manipueira com separação de fases: cinética da fase acidogênica. Botucatu, 1995. 139p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Gonçalves R.F.; Chernicharo C. A. L.; Andrade Neto C. O.; Além Sobrinho P.; Kato M. T.; Costa R. H. R.; Aisse M. M.; Zaiat M.; Pós tratamento de efluente de reator anaeróbio com reatores com biofilme. In Pós tratamento de reatores anaeróbios, Cap 4, Prosab, Rio de Janeiro, 2001.

Kocadagistan B.; Kocadagistan E.; Topcu N.; Demircioglu N.; Wastewater treatment with combined upflow anaerobic fixed-bed and suspended aerobic reactor equipped with a membrane unit; Process biochemistry, v 40, p. 177-182, 2003.

Kuczman O.; Tratamento anaeróbio de efluentes de fecularia em reator horizontal de uma fase, Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2007.

Motta, L. C.; Utilização de resíduos de indústria de farinha de mandioca em digestão anaeróbia. Tese (Energia na Agricultura), Faculdade de ciências agrônômicas UNESP. Botucatu SP, 1985.

Paganini C.; Guerra K. S. M.; Braz M. V.; Barana A. C.; Avaliação de um reator anaeróbio tipo plut-flow para tratamento de manipueira – parte 2 ,In VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vitória, 2002.

Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná Prognosticam Agropecuária 2005/2006. Disponível em<<http://www.pr.gov.br/seab/mandioca>

2005_2006.pdf> Acesso em: 8 mar. 2007.

Standart Methods for Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. American Puplic Health Association, 1325p. 1999.

Torres, D. G. B., Desempenho de reator de fluxo contínuo sem separação de fases no tratamento da manipueira em função da carga diária de sólidos voláteis e da forma de alimentação do sistema. 2006. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.