

PRODUÇÃO DE METANO A PARTIR DE MANIPUEIRA E LODO DE ETE

IAGO JOSÉ S. SILVA¹, G. A. SILVA¹, K. V. G. CABRAL¹, M. R. S. MONTEIRO², P. C. SILVA¹,
S. PERES³, M. L. A. P. F. PALHA¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco

² Universidade Federal de Pernambuco / Departamento de Engenharia Química

³ Universidade de Pernambuco

E-mail para contato: iago.89@hotmail.com

RESUMO – A produção de derivados da mandioca gera grande quantidade de resíduos poluentes sólidos (casca, entrecasca, farelo) e líquidos (manipueira) que apresentam elevado potencial para a geração de energia (térmica, elétrica) e biofertilizante. Por outro lado, o lodo proveniente das estações de tratamento de esgoto (ETE) constitui um resíduo que, se aproveitado de maneira adequada, pode promover geração significativa de energia através da produção de metano. Neste cenário, o trabalho teve como proposta utilizar a manipueira e o lodo granulado de ETE na biodigestão anaeróbia, objetivando-se quantificar e qualificar o biogás formado, além de calcular o volume de metano efetivamente produzido. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados 6 biodigestores de bancada operados em batelada, com capacidade total de 1 L, utilizando-se concentrações variáveis de manipueira e lodo. A maior produção de metano foi observada na concentração de meio contendo 20% (m/m) de manipueira e 30% (m/m) de lodo granulado de ETE.

Palavras –chaves: Manipueira, Metano, Lodo Granulado, ETE, Biogás.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a mandioca é processada principalmente para dois fins, fabricação de farinha e extração de amido. Os resíduos gerados nestes processamentos podem ser sólidos, como casca, entrecasca e farelo, ou líquido, como a manipueira. Assim sendo, pode-se definir a manipueira como a água residuária oriunda da etapa de prensagem da mandioca no processo de produção de farinha, e o efluente gerado na fecularia durante a extração do amido (SUZUKI *et al.*, 2012).

A manipueira constitui um resíduo danoso ao meio ambiente uma vez que para cada tonelada de mandioca processada na fabricação de farinha e amido são gerados aproximadamente 300 litros de manipueira. Este efluente apresenta elevada carga orgânica e pode, em alguns casos, ser muitas vezes mais poluente que o esgoto doméstico (MIRANDA *et al.*, 2009). Além disso, possui entre seus constituintes um componente extremamente tóxico – o ácido cianídrico – proveniente da hidrólise de glicosídeos cianogênicos (PINTO; CABELLO, 2011).

Por outro lado, o lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) constitui o principal subproduto do tratamento de esgotos sanitários (CHAGAS, 2000). Suas características, composição e propriedades podem diversificar significativamente, dependendo da origem do efluente e do processo de tratamento utilizado, entretanto de forma geral, são compostos por materiais orgânicos (sólidos voláteis), minerais (sólidos fixos), água (DAVID, 2002), além de micro-organismos patogênicos e elementos de natureza tóxica, tanto de origem orgânica quanto inorgânica (PEDROZA *et al.*, 2005).

Coelho *et al.* (2005) apontam o lodo de esgoto como um dos principais problemas ambientais urbanos, tendo seu tratamento relevância cada vez maior por ter se tornado prática comum o seu emprego em culturas agrícolas, como fertilizante, e sua disposição no solo, ambos realizados de forma imprópria na maioria das vezes.

Considerando os riscos e problemas vinculados tanto à manipueira quanto ao lodo de estação de tratamento de esgoto, torna-se necessário dar um destino adequado a estes resíduos. Uma alternativa que se apresenta promissora é o processo biológico de digestão por se tratar de um método simples e econômico de tratamento (PINTO; CABELLO, 2011).

Os processos de biodigestão podem ser de dois tipos: aeróbios ou anaeróbios. Os processos aeróbios ao serem utilizados, requerem energia para aeração do meio, além de apresentarem uma alta geração de lodo. Já na digestão anaeróbia não há custos com aeradores e a maior parte da matéria orgânica biodegradável presente no resíduo, cerca de 70 a 90%, é transformada em biogás, cujo principal componente é o metano (ARRUDA, 2004; POLO; TORRECILLAS, 2008). O metano sendo combustível pode ser utilizado como fonte energética renovável e economicamente viável. Paralelamente, é produzido o biofertilizante, fazendo com que o aproveitamento dos produtos da digestão anaeróbia seja praticamente completo (SILVA *et al.*, 2005).

Este trabalho teve como proposta utilizar a manipueira e o lodo granulado de ETE na biodigestão anaeróbia, objetivando-se quantificar e qualificar o biogás produzido.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os resíduos utilizados como substrato nas fermentações foram a manipueira, obtida de uma casa de farinha localizada no município de Feira Nova - PE e o lodo granulado, obtido da ETE da Mangueira, bairro da cidade do Recife - PE. Antes de usar a manipueira no experimento, esta foi deixada exposta em um local aberto, ventilado e sem fluxo de pessoas por um período de três dias para que os gases tóxicos presentes, o ácido cianídrico em particular, fossem eliminados.

2.1. Sistema de Digestão Anaeróbia

Os experimentos foram conduzidos por 110 dias em seis biodigestores de bancada de 1.000 mL cada, operando em batelada. Os sistemas de digestão foram abastecidos com 800g de meio de fermentação formado por manipueira, lodo granulado de ETE e água em diferentes concentrações (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição dos biodigestores.

Código do biodigestor	Manipueira (% em massa)	Lodo de ETE (% em massa)
A1	10	40
A2	10	40
B1	20	30
B2	20	30
C1	30	20
C2	30	20

Os biodigestores foram preparados em duplicata e realizados ajustes de pH nos meios de fermentação A2, B2 e C2, usando-se uma solução de NaOH 6 mol L⁻¹ para que fossem atingidos valores de pH na faixa de 7 – 8. Isso não foi feito nos biodigestores A1, B1 e C1 com a finalidade de verificar a influência do prévio acerto do pH nos resultados da digestão anaeróbia. Após esse procedimento, os sistemas foram hermeticamente vedados.

Como câmaras de digestão foram utilizados Kitassatos de vidro com capacidade total de 1.000 mL e capacidade útil de 800 mL. Os referidos recipientes foram fechados com rolhas de silicone e vedados com cola do mesmo material. Às saídas laterais dos Kitassatos foram adaptadas mangueiras que tinham a função de conduzir o gás produzido aos amostradores de biogás (bolsas plásticas) do fabricante Alfakit com capacidade de armazenamento de 4.070 mL. A cada biodigestor foi acoplado um amostrador independente. Na Figura 1 é exibido o sistema de digestão anaeróbia e suas partes. Os biodigestores foram cobertos com jornal para que as condições fossem as mais próximas possíveis das condições reais de campo, onde geralmente são construídos enterrados, buscando menores variações de temperatura e evitando-se a exposição à luz (Figura 2).

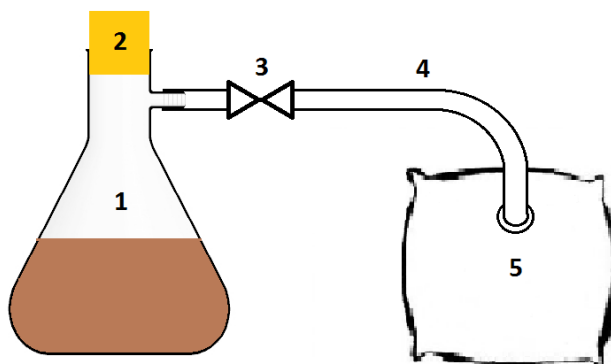


Figura 1 – Sistema de digestão anaeróbia. (1) Kitassato com o meio de fermentação; (2) rolha de vedação da saída superior; (3) válvula de segurança; (4) mangueira condutora do biogás formado no Kitassato ao amostrador; (5) amostrador de biogás.



Figura 2 – Biodigestores utilizados no experimento. As câmaras de digestão foram cobertas com jornal para evitar variações bruscas de temperatura e a exposição à luz.

2.2. Análises do Biogás Produzido

Análise do volume produzido: A medição da quantidade de biogás produzida foi feita tomando-se por base o volume total do amostrador. Quando a bolsa plástica atingia o seu limite de armazenamento (4.070 mL), uma nova bolsa era acoplada ao sistema e o biogás contido no amostrador cheio era avaliado quanto a sua composição. Para o cálculo do volume total de gás produzido em cada biodigestor, foram consideradas todas as vezes que o amostrador de biogás chegou a seu limite de armazenamento.

Composição do biogás: A composição em termos do percentual volumétrico de metano e dióxido de carbono no biogás foi avaliada por meio do analisador de biogás portátil do fabricante Landtec, modelo GEM 2000 (Figura 3).



Figura 3 – Analisador de biogás utilizado para avaliar a composição do gás produzido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ajuste de pH

Na Tabela 2 são mostrados os ajustes de pH feitos no experimento. O maior volume de NaOH 6 mol L⁻¹ foi necessário para ajustar o pH do biodigestor C2, em relação ao A2 e B2. Provavelmente devido ao baixo pH da manipueira (4,62) que no meio de fermentação C2 está em maior proporção que nos demais.

Tabela 2 – Ajustes de pH realizados no experimento.

Código do biodigestor	pH antes do ajuste	Volume de NaOH 6 mol L ⁻¹ adicionado (mL)	pH após o ajuste
A2	7	1	7 - 8
B2	7	1	7 - 8
C2	5 - 6	4	7 - 8

O ajuste do pH do meio de fermentação em torno da neutralidade tendendo a básico se faz necessário por favorecer o desenvolvimento das bactérias produtoras de metano. Este parâmetro é particularmente importante, devido ao equilíbrio que deve ser mantido entre as bactérias produtoras de ácido e as de metano, uma vez que as bactérias metanogênicas são vulneráveis ao pH ácido. Assim, uma taxa elevada da metanogênese só pode se desenvolver quando o pH se mantiver numa faixa estreita, entre 6,3 e 7,8 (SUNNY; MOHAN, 2008; VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994).

3.2. Análises do Biogás Produzido

Na Tabela 3 são mostrados os volumes de biogás produzidos por cada biodigestor e sua composição percentual volumétrica em metano e dióxido de carbono.

Tabela 3 – Volume e composição do biogás formado por cada biodigestor.

Código do biodigestor	Volume de biogás produzido (L)	% CH ₄ (v/v)	% CO ₂ (v/v)	Volume de CH ₄ produzido (L)
A1	4,07	5,5	1,8	0,2238
A2	2	12,2	0,7	0,2440
B1	4,07	14,0	2,6	0,5698
B2	4,07	25,2	4,2	1,0256
C1	0,5	21,4	1,3	0,1070
C2	2	13,6	0,9	0,2720

Expressando-se graficamente (Figura 4) os resultados exibidos na Tabela 3 para o metano produzido em cada biodigestor, observa-se que houve maior produção de metano nos biodigestores de número 2, comparando-os à suas replicatas de número 1. Provavelmente isso ocorreu porque os meios de fermentação de número 2 tiveram o seu pH previamente ajustado, o que não foi feito com os de número 1. Este fato comprova a importância do parâmetro pH no processo de produção de metano (POLO; TORRECILLAS, 2008). Por outro lado, analisando-se a Tabela 3, verifica-se que a relação de massa entre a manipueira e o lodo de ETE, nas condições em estudo, apresentou maior influência no processo de biodigestão anaeróbia quando as concentrações dos substratos foram de 20 e 30% (m/m), respectivamente. Pode-se inferir que entre todos os sistemas de digestão anaeróbia preparados neste trabalho, o que apresentou o melhor resultado, referente ao volume de metano formado (1,03 L), foi o de código B2, cujo meio continha 20% de manipueira e 30% de lodo de ETE em massa.

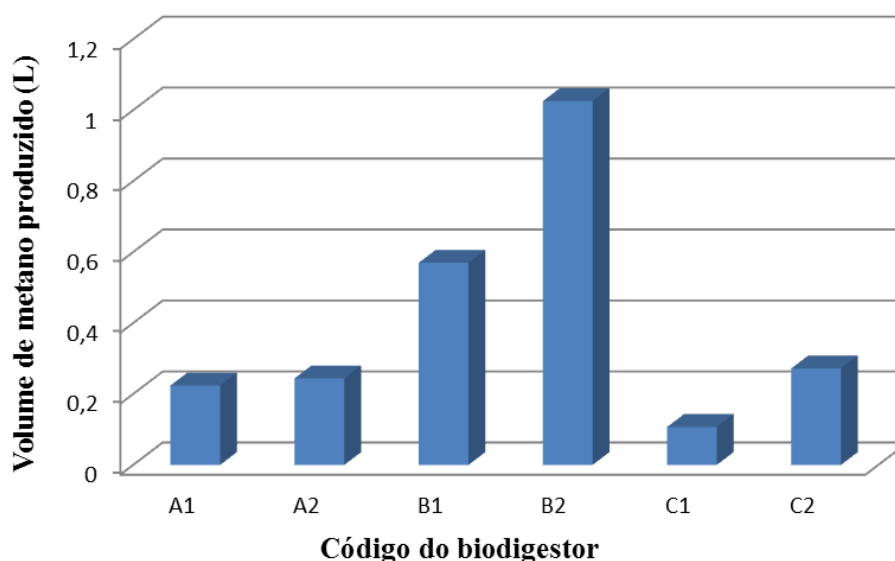


Figura 4 – Volume de metano produzido em cada biodigestor.

4. CONCLUSÕES

Para a digestão anaeróbia nas condições em estudo, o ajuste de pH em torno da neutralidade constituiu um parâmetro de fundamental importância na produção de metano. Com relação à mistura de substratos (manipueira e lodo de ETE), os melhores resultados de formação de metano foram obtidos quando as concentrações desses componentes estavam em 20 e 30% (m/m) respectivamente no meio de fermentação.

5. REFERÊNCIAS

- ARRUDA, Valmir C. M. 128f. 2004. Tratamento anaeróbio de efluentes gerados em matadouros de bovinos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Recife, PE: UFPE, 2004.
- CHAGAS, Welington F. 89f. 2000. Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da Ilha do Governador e da Penha no Estado do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Ciências em Saúde Pública). Rio de Janeiro, RJ: Fundação Oswaldo Cruz / Escola Nacional de Saúde Pública, 2000.
- COELHO, W. M.; CARVALHO, E. H. de; ARAÚJO, J. L. de B. Avaliação de metodologias para detecção de ovos de helmintos no lodo e determinação do percentual de recuperação. In: Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande / ABES, 2005.

DAVID, C. A. Secagem térmica de biossólidos na região metropolitana de São Paulo. In: Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa / ABES, 2002.

MIRANDA, R. M. B.; FERRO, M. M. M.; GONZAGA, G. B. M.; VARGAS, K. S. C. G.; CEZAR, V. R. S. Avaliação do tratamento anaeróbio de substratos oriundos da mistura de esterco bovino e manipueira. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 4, 2009, Belém, Anais... Belém: Instituto Federal do Pará, 2009.

PEDROZA, J. P.; BELTRÃO, N. E. de M.; VAN HAANDEL, A. C.; GOUVEIA, J. P. G. de; LEITE, J. C. A. Doses crescentes de biossólidos e seus efeitos na produção e componentes do algodoeiro herbáceo. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 5, n. 2, 2º Semestre, 2005.

PINTO, P. H. M.; CABELLO, C. Tratamento de manipueira de fecularia em biodigestor anaeróbio para disposição em corpo receptor, rede pública ou uso em fertirrigação. *Revista Energia na Agricultura* (Botucatu), v. 26, n. 3, p. 127-140, 2011.

POLO, J. F.; TORRECILLAS, A. S. *Tratamiento Biológico de Aguas Residuales*. Ed. Universidad Politécnica de Valência. 2008. 184 páginas.

SILVA, F. M.; LUCAS JUNIOR, J.; BENINCASA, M.; OLIVEIRA, E. Desempenho de um aquecedor de água a biogás. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 608-614, 2005.

SUNNY, N.; MOHAN, S. Study on biomethanization of waste water from jam industries. *Bioresource Technology*, 99 (2008). 210-213.

SUZUKI, A. B. P.; FEIDEN, A.; FERNANDES, D. M.; MARTINS, G. I.; FARIA, R. A. P. Utilização de manipueira juntamente com sólidos da cama de aviário em biodigestores para geração de biogás. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 8, n. 3, p. 809-820, 2012.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. *Tratamento anaeróbio de esgotos. Um manual para regiões de clima quente*. Campina Grande: UFPB, 1994. 232p.