

POTENCIAL DO LODO BIOLÓGICO PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS¹

THE POTENTIAL OF THE BIOLOGICAL MUD FOR BIOGAS PRODUCTION

Felipe Farcili Scremin², Noeli Júlia Schüssler de Vasconcellos³ e Mariana Ribeiro Santiago⁴

RESUMO

A elevada produção de resíduos orgânicos urbanos e industriais aliadas aos sucessivos aumentos dos combustíveis de petróleo torna a produção de biogás uma importante alternativa para a produção de energia. No presente estudo, buscou-se aplicar o processo de digestão anaeróbia para estimar o potencial de resíduos orgânicos para a produção de biogás. Para isso, utilizou-se como biorreatores garrafas PET, volume de 600 mL, adaptadas para coleta do biogás. O experimento teve cinco repetições de cada tratamento (T1 = macrófita aquática + lodo + solução e T2 = casca de arroz + lodo + solução). As unidades experimentais foram hermeticamente vedadas e incubadas em estufa BOD a 35° C, sem a presença de luz. Após 24 horas fez-se a avaliação da produção do gás por meio de medição de volume do ar deslocado. Para averiguar a presença de bactérias metanogênicas nos biorreatores, empregou-se a coloração de Gram, analisando-se ao microscópio o grupo (Gram+ e Gram-) e a forma celular (cocos ou bacilos). O tratamento com adição de macrófitas foi superior ao tratamento com casca de arroz para biogás. Em ambos os experimentos os organismos presentes foram Gram- e predominância da forma celular “cocos”. Há a necessidade de novos estudos com avaliações diárias da produção de gás para confirmar os resultados observados.

Palavras-chave: biomassa vegetal, metano, digestão anaeróbia.

ABSTRACT

The increased production of urban and industrial organic waste combined with the successive increases in oil fuel make biogas an important alternative for energy production. In the present study, we sought to apply the anaerobic digestion process to estimate the potential of organic waste to produce biogas. To this end, some plastic bottles of 600ml were used as bioreactors and adapted for the collection of biogas. The experiment had five replicates for each treatment (T1 = aquatic macrophyte + mud + solution and T2 = rice husk + mud + solution). The experimental units were hermetically sealed and incubated in an environmental chamber at 35°C without the presence of light. After 24 hours, the gas production was evaluated through the measurement of the volume of displaced air. In order to verify the presence of methanogenic bacteria in the bioreactors, we used the Gram stain by using the microscope to analyze the group (Gram+ and Gram-) and the cell shape (cocci or bacilli). The treatment with the addition of macrophyte was superior to treatment with rice husk for biogas. In both experiments the organisms that were present were Gram- and the predominance of the cell shape “cocci”. There is a need for further studies with daily assessments of gas production to confirm the observed results.

Keywords: *vegetal biomass, methane, anaerobic digestion.*

¹ Trabalho Final de Graduação - TFG.

² Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano. E-mail: fscremin@gmail.com

³ Orientadora - Centro Universitário Franciscano. E-mail: noejuabio@yahoo.com.br

⁴ Coorientadora - Universidade Federal da Fronteira Sul. E-mail: marianaengamb@gmail.com

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável pode ser entendido como a união de fatores importantes que compreendem o crescimento da sociedade aliada à manutenção dos recursos naturais para as gerações futuras.

Santa Maria, na região central do Rio Grande do Sul, uma cidade em pleno desenvolvimento, alcançou no ano de 2009, segundo dados da Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2009), o 7º PIB do RS, entretanto, se falar de Saneamento Básico, essa mesma cidade possui aproximadamente 40% das residências afetadas por esgoto a céu aberto, de acordo com a Prefeitura Municipal de Santa Maria (2011).

O tratamento do esgoto em Santa Maria é realizado pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), na qual o processo adotado para a degradação de todo o efluente coletado pela companhia é por Lodo Ativado com aeração prolongada.

Cassini et al. (2003) expõem que o tratamento do esgoto no seu processo final simplifica-se em separar o efluente tratado do sólido gerado na biodegradação da matéria orgânica, este resíduo final é chamado de Lodo.

A geração de lodo em suas Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) tornou-se um problema sério devido às dificuldades encontradas para disposição final do mesmo. Por esse motivo, a implantação ou melhoria de um tratamento adequado de lodo pode trazer como resultado um avanço nas condições sanitárias e também como alternativa energética.

Este problema pode ser tratado a partir da co-digestão anaeróbica como citam Leite et al. (2003), a mistura de substratos como o lodo de esgoto e resíduos sólidos orgânicos (casca de arroz, restos de comida, vegetais, etc.) com presença de compostos poliméricos de difícil degradação acelera, em muitos casos, a produção de biogás, em razão da sinergia entre nutrientes em que o meio de digestão se encontra.

A digestão anaeróbia é um processo biológico e natural realizado por diversos tipos de bactérias, em que se destacam as Archeo-bacter, *Suphobryum*, *Acetobacter* e Metaníferas, na total ausência de oxigênio. O Grupo de bactérias fundamental nesse processo são as Metanogênicas, que atuam na última etapa, metabolizando o ácido Acético e excretando Metano (CH_4) que ocorre em condições anoxigênicas. Neste processo, as populações bacterianas interagem estreitamente para promover a fermentação estável e autorregulada da matéria orgânica, da qual resultam, principalmente, os gases metano e dióxido de carbono (VON SPERLING, 1996).

O biogás produzido pelas bactérias metanogênicas é uma mistura gasosa combustível, composto por: 55 - 65% de Metano (CH_4); 30 - 45% de Dióxido de Carbono (CO_2); 5% aproximadamente de Enxofre (S_2) e vapor de Água (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

A produção de biogás também é possível a partir de diversos resíduos orgânicos, como esterco de animais, lodo de esgoto, lixo doméstico, resíduos agrícolas, efluentes industriais

orgânicos e plantas aquáticas. Para tanto, quando a digestão anaeróbica é realizada de maneira planejada, a mistura gasosa produzida pode ser usada como fonte de energia, não produz gás tóxico durante a queima e pode ser uma ótima alternativa para o aproveitamento do lixo orgânico (ZILOTTI, 2012).

Durante o processo de digestão, os compostos orgânicos complexos são degradados em dois estágios distintos: no primeiro estágio, um grupo de bactérias facultativas e anaeróbias, denominadas formadoras de ácidos ou fermentativas, converte compostos como lipídios, proteínas e carboidratos em substâncias orgânicas mais simples, principalmente, ácidos voláteis; no segundo estágio, ocorre a conversão dos ácidos orgânicos, gás carbônico e hidrogênio em produtos finais gasosos, o metano e o gás carbônico, por um grupo especial de bactérias, denominadas metanogênicas, as quais são estritamente anaeróbias (ARRUDA et al., 2002).

A digestão anaeróbia pode ser em diversos formatos, mas os sistemas de batelada, são preenchidos de uma única vez com os resíduos frescos, podendo ser adicionado, ou não, um inóculo (nutrientes para acelerar a biodigestão). Os resíduos somente são removidos quando já estabilizados, e então inicia-se um novo ciclo, com a introdução de uma nova batelada de resíduos (LEITE et al., 2001).

A busca por soluções para a utilização segura dos resíduos de lodo ativado (biossólido) tem se intensificado nas últimas décadas e a produção de biogás a partir deste biossólido de pode representar uma alternativa viável.

Neste contexto, objetivou-se testar a potencialidade do lodo de esgoto associado a diferentes fontes de carbono (resíduos sólidos orgânicos), na produção por volume de biogás.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Microbiologia Ambiental do Centro Universitário Franciscano em Santa Maria, RS. Foi utilizado neste experimento lodo biológico da estação de tratamento de esgotos da cidade de Santa Maria, RS. Como fonte de carbono (biomassa), foi utilizada a casca de arroz emacrófito coletada em um lago artificial da região. O recipiente utilizado para a montagem dos reatores anaeróbios foi garrafa PET transparente, lisa com capacidade para 600 mL. Também utilizou-se uma solução nutritiva contendo fosfato de potássio diácido (KH_2PO_4), $1,5 \text{ g L}^{-1}$, fosfato de potássio dibásico (K_2HPO_4), 15 g L^{-1} , cloreto de amônio (NH_4Cl), $0,5 \text{ g L}^{-1}$, sulfato dissódico (Na_2SO_3) anidro, $0,05 \text{ g L}^{-1}$, extrato de levedura $0,2 \text{ g L}^{-1}$ com pH ajustado para 6,7 (MONTEGGEA, 1997).

MONTAGEM DOS REATORES ANAERÓBIOS

O ensaio para estimar a produção de biogás foi realizado por meio da montagem de colunas de Winogradsky adaptado para representar reatores anaeróbios, com 5 repetições, conforme esquema ilustrado na figura 1.

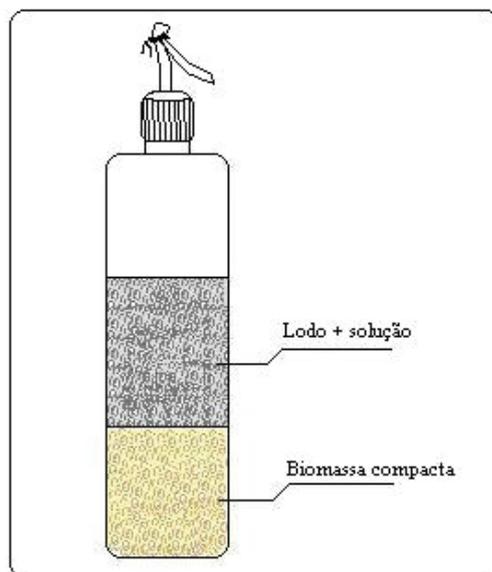


Figura 1 - Reator anaeróbio adaptado de coluna de Winogradsky.

Na base da garrafa foi colocada uma massa de 30g de macrófitas picadas e o mesmo volume de massa foi utilizado nos experimentos com casca de arroz. O material foi bem compactado para a remoção do ar e para facilitar a geração de um ambiente anaerobiótico. Sobre esta camada foi disposto 150 mL de lodo biológico coletado no leito de secagem da estação de tratamento de esgoto, misturado a um mesmo volume, 150 mL, de solução nutritiva, restando, ainda, um espaço vazio para acomodação do biogás. As colunas (garrafas PET) foram vedadas por meio de uma tampa acoplada a uma mangueira do tipo “garrote”, para manter o gás formado e possibilitar a medição de volume, figura 2. Para melhor avaliação do experimento, foram montadas cinco repetições para cada biomassa. As garrafas foram dispostas em uma estufa do tipo BOD com o termostato calibrado para 35° C por um período de 24 horas.



Figura 2 - Montagem das garrafas PET com os resíduos.

VERIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A capacidade metabólica das bactérias presentes no lodo biológico para produzir biogás com a utilização de biomassa de macrófitas e casca de arroz como fontes de carbono e nitrogênio foi verificada a partir de um método proposto durante os ensaios, que segue: com o garrote no bico da garrafa conecta-se outro garrote, com aproximadamente 1,5m, completamente cheio de óleo mineral, na outra extremidade fica acoplada uma torneira de teflon para extravasar o óleo empurrado pelo gás gerado nas garrafas.

Os valores de volume de biogás obtidos nas amostras tratadas com macrófitas, bem como nas amostras tratadas com palha de arroz foram analisados estatisticamente por meio do cálculo de Desvio Padrão, Variância, Coeficiente de Variação, Erro Padrão e Erro Amostral (CORREA, 2003).

VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE BACTÉRIAS PRODUTORAS DE GÁS

Para verificar a presença de bactérias metanogênicas nas colunas foi empregada a metodologia de Gram na qual um esfregaço do material coletado na camada de cada uma das colunas correspondentes ao lodo biológico foi corado inicialmente com um corante primário, o cristal violeta seguido do tratamento com um fixador a base de iodo. O esfregaço foi, então, descorado com um solvente orgânico, etanol-acetona, e novamente tratado com um corante secundário, a fuccina básica. Os esfregaços foram imediatamente analisados ao microscópio óptico para a confirmação da presença de bactérias metanogênicas, as quais incluem bastonetes, cocos e micrococos, todas imóveis, Gram negativas, não esporulantes, de desenvolvimento lento e anaeróbicas obrigatórias (FERRAZ; MARRIEL, 1980).

ANÁLISE DOS DADOS

Para os valores de volume de biogás gerado em cada tratamento foram calculados: média (X), Variância (V), Coeficiente de Variação (CV), Desvio Padrão (σ), Erro Padrão (Ep) e Erro amostral (Ea), de acordo com Correa (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PRODUÇÃO DE GÁS

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 1 e evidenciaram uma maior capacidade produtiva de biogás quando a fonte de carbono e nitrogênio fornecida foi a macrófita.

Tabela 1 - Volume (m^3) de biogás gerado em 24 horas de incubação ($\times 10^{-5}$).

	MACRÓFITAS T1	CASCA DE ARROZ T2
C1	1,15	0,9
C2	1,03	0,5
C3	0,32	0,8
C4	0,55	0,35
C5	0,30	0,30
X	3,35	2,85
$\sigma(x)$	7,54	5,25
V	2,75	2,29
CV (%)	≤ 20	≤ 20
E p	3,37	2,34
E a	6,61	2,84

Para a produção de biogás em apenas 24 horas as macrófitas apresentaram uma ligeira vantagem, gerando em média um volume de $0,67E-05 m^3$, embora a casca de arroz também manteve uma média de $0,57E-05 m^3 d^{-1}$ de biogás. Se fosse estimado para um reator de batelada com volume de 2000 L, estes valores seriam em torno de $0,02 m^3$ apenas no primeiro dia de incubação, este valor acumulado em 30 dias alcançaria em torno de 670 litros de biogás.

Uma possível explicação para maior produção de gás nas colunas que receberam a adição de macrófitas pode estar associada a relação Carbono\Nitrogênio da biomassa de macrófitas, um dos principais fatores para a produção de biogás. Outra explicação poderia ser a condição hídrica gerada nas garrafas, em que boa parte da solução foi absorvida pela casca de arroz, reduzindo o teor de água disponível para a atividade biológica (ANDREOLI, 1999).

PRESENÇA DE BACTÉRIAS PRODUTORAS DE GÁS

Os dados obtidos na caracterização morfológica pelo método de Gram, ilustrados na figura 3, evidenciam a presença única de bactérias do grupo Gram negativas, bem como a predominância de células do tipo cocos, em ambos os tratamentos testados (T1 e T2).

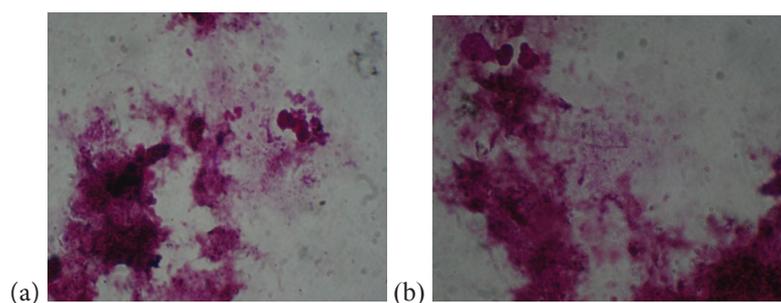


Figura 3 - Bactérias Gram negativas presentes nos esfregaços das colunas do T1 (a) e T2 (b).

Dentre as nove espécies conhecidas de bactérias formadoras de biogás metano todas são, segundo Ferraz e Marriel (1980), Gram negativas, havendo, portanto, boa probabilidade das bactérias identificadas pertencerem ao grupo das metanogênicas mesofílicas, capazes de produzir gás metano quando incubadas a temperaturas entre 20 e 45° C.

CONCLUSÃO

A adição de biomassa vegetal úmida empregada neste trabalho comprovou uma maior eficácia na produção de biogás que a biomassa vegetal seca, contudo, são necessários novos estudos para comprovar este resultado.

O lodo de esgoto, dependendo do processo de tratamento, pode ter grande geração de resíduo e os resultados demonstram principalmente uma alternativa interessante para o despejo final do mesmo que é o uso para produzir energia a partir do metano.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário Franciscano, ao Laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária e funcionários, à Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) e à CVI Refrigerantes Ltda.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F. (Coord.). **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, RJ: 1999. 84 p.

ARRUDA, M. H. et al. Dimensionamento de biodigestor para geração de energia alternativa. **Revista científica eletrônica de agronomia**, Garça, v. 1, n. 2, dez. 2002. Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art_1729590984_arruda_dimensionamento_biodigestor.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2013.

CASSINI, S. T. A. (Org.). **Digestão Anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos com aproveitamento do Biogás**. São Carlos: Rima Editora ABES-Finep-Prosab, 2003, v. 01. 210 p.

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003. 116 p.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources: an introduction**. Weinheim-Germany: Verlag GmbH&Co. KGaA, 2008.

FEE. **PIB municipal**. Fundação de Economia e Estatística. Disponível em: <<http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/estatisticas>>. Acesso em: 30 nov. 2012.

FERRAZ, J. M. G.; MARRIEL, I. E. **Biogás**: fonte alternativa de energia. Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS, 1980. 27 p. (EMBRAPA - CNPMS. Circular Técnica, 3.

LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; PRASAD, S. Bioestabilização Anaeróbia de Resíduos Sólidos Orgânicos em Reatores de Batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n.1, p. 119-123, 2001.

MONTEGGIA, L. O. Proposta de metodologia para avaliação do parâmetro Atividade Metanogênica Específica. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997, Foz do Iguaçu. **Anais do 19º congresso da ABES**, 1997.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. **Prefeitura lança programa com investimento de R\$ 13 milhões para melhorias em regiões carentes da cidade**. 2011. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br>>. Acesso em: 21 nov. 2012.

VON SPERLING, M. (1996). **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. 210 p.

ZILOTTI, H. A. R. **Potencial de produção de biogás em uma estação de tratamento de esgoto de cascavel para a geração de energia elétrica**. (Dissertação de mestrado). 2012. 52 p. Programa de Pós-graduação em Energia na Agricultura. Universidade Estadual do Oeste d'Paraná, Unioeste. Cascavel, PR, 2012.