

### **III-386 - AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO GLICEROL SOBRE A GERAÇÃO DE BIOGÁS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS ATRAVÉS DO ENSAIO BMP**

**Sávio Henrique de Barros Holanda<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pelo Centro Universitário Maurício de Nassau. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE.

**Natally Andrade Fritz de Souza<sup>(2)</sup>**

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Aluna do Programa de Pós-Graduação, nível Mestrado, em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Pesquisadora do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE.

**Eduardo Antônio Maia Lins<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade de Pernambuco – UPE, Mestre e Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Especialista em Geotecnia Ambiental. Docente do curso de Gestão Ambiental do Instituto Federal de Pernambuco (Pólo Ipojuca) e do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Maurício de Nassau. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE.

**Antônio Rodrigues de Brito<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade de Pernambuco – UPE. Funcionário da Universidade Federal de Pernambuco e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE.

**José Fernando Thomé Jucá<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Mestre em Geotecnia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Doutor em Geotecnia pela Universidad Politécnica de Madrid – UPM – Espanha e Pós-Doutor em Geotecnia Ambiental pela Universidade de São Paulo – USP. Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Coordenador do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE.

**Endereço<sup>(1, 3, 4, 5)</sup>:** Av. Acadêmico Hélio Ramos, S/N- Centro de Tecnologia e Geociências da UFPE - Laboratório de Solos e Instrumentação - Recife-PE CEP 50740-530 - Brasil - Fone: +55 81 2126-8224/7215 - Fax: +55 81 2126-8222 - E-mail: [grsufpe@grs-ufpe.com.br](mailto:grsufpe@grs-ufpe.com.br)

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Av. Prof. Luiz Freire, 01. Cidade Universitária – CEP 50740-540 – Recife-PE – Fone: 813334-7200 – Home Page: [www.cetene.gov.br](http://www.cetene.gov.br)

#### **RESUMO**

A fim de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE's) de origem fóssil, sobretudo por fontes de poluição difusas como os automóveis, assim como, substituir, paulatinamente, a matriz energética brasileira, e passar a utilizar substâncias derivadas de fontes renováveis, o Governo Federal implementou a Lei nº 11.097/2005, que estabelece a obrigatoriedade da adição de percentuais crescentes de biodiesel ao diesel fóssil. Devido a esta atitude, um volume crescente de glicerol tem sido produzido, cuja quantidade excede a parcela absorvida pelo setor industrial brasileiro. Esta parte inutilizada é destinada à estocagem ou à disposição no meio ambiente. Visando valorizá-lo e torná-lo útil para outros setores produtivos, fez-se necessário submetê-lo a processos biológicos, onde a digestão anaeróbia, ocorrida na análise laboratorial que avalia o potencial de produção de metano de resíduos sólidos, ou Biochemical Methane Potential (BMP), em inglês, consiste na base da atividade existente. No presente trabalho, realizou-se a codigestão de lodo anaeróbio e glicerol. O primeiro, como fonte de microrganismos (inóculo), e segundo, como substância a ser digerida. Realizado em triplicata, onde no primeiro e no segundo grupo de três frascos, inseriu-se cada um dos componentes, isoladamente, o experimento contou, em seguida, com a inclusão gradual de glicerol (5, 10, 15 e 20%) sobre o volume de lodo (50 mL). Posteriormente, durante o período de monitoramento, contataram-se os seguintes comportamentos: as amostras de lodo com 5, 10 e 15%GL apresentaram produções crescentes, onde a amostra “Lodo+15%GL” obteve destaque na produção de biogás, atingindo 265 NmL. Já a amostra “Lodo+20%GL”, contrariadamente, apresentou uma suave declinação a partir do 8º dia. A ocorrência deste comportamento deve-se ao elevado teor de carga orgânica existente. A análise dos resultados deste e de outros trabalhos possibilita concluir que o glicerol pode ser sim, utilizado como substância estimulante da digestão anaeróbia. Desta forma, observa-se que processos fermentativos podem ser uma alternativa para tornar equilibrada a produção e a destinação adequada deste tipo de resíduo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Glicerol, ensaio BMP, biodigestão, biogás.

## INTRODUÇÃO

A intensa industrialização e o desenvolvimento existentes no mundo moderno têm demandado cada vez mais energia disponível, a qual consiste num dos fatores mais importantes atuais para o desempenho das atividades. A elevada exploração e utilização de energia primária, ocorrente, como a que se encontra nos combustíveis fósseis sob a forma de energia química, têm inserido-os no grupo das substâncias iminentes à exaustão, visto que são fontes não renováveis de energia. Além do mais, este modo de consumo dos recursos naturais vem causando aumento da concentração dos gases de efeito estufa (GEEs) na atmosfera terrestre, levando a alterações drásticas no clima do planeta. Diante deste cenário, autoridades de todo o mundo têm concentrado imenso esforço para o desenvolvimento de pesquisas que se baseiem na utilização de fontes renováveis de energia. Inúmeras são as formas de extração / obtenção de energia existentes: geotérmica, eólica, maré-motriz, solar, hidráulica, biomássica, entre outras. Dentre as energias disponíveis para exploração, a biomássica, obtida através da digestão anaeróbia de substratos orgânicos, possui várias vantagens que atraíram interesses dos vários setores da economia. Podem-se citar algumas vantagens desta, como pequenas quantidades de lodo biológico, poucos nutrientes requeridos, elevada eficiência e a produção de metano poder ser usada como fonte de energia para eletricidade e aquecimento *in situ* (NALLATHAMBI GUNASEELAN, 2009 citado FOUNTOLAKIS *et. al.*, 2010).

A grande disponibilidade de biodiesel existente no Brasil, devido ao clima, solo, áreas disponíveis para cultivo de oleaginosas, cujos condicionantes favoráveis são predominantes e, sobretudo, ao estabelecimento da lei federal nº. 11.097/2005, que instituiu a obrigatoriedade da adição de biodiesel ao diesel fóssil, cuja lei prevê a inclusão, no ano de 2013, de 5% do volume total de diesel utilizado. Esta atitude tem resultado na geração de um excedente do principal subproduto gerado na produção do biodiesel, o glicerol, cuja substância corresponde a 10% da produção global de biodiesel.

A utilização do glicerol como substrato para microrganismos, no processo de digestão anaeróbia associada à codigestão com lodo de esgoto para produção de biogás, visando sua conversão para geração de energia limpa e renovável, agrega valor econômico a um resíduo que, se disposto no meio ambiente sem tratamento, pode representar um risco ao equilíbrio ecológico, pelo fato de ser uma fonte de carbono bastante reduzida e assimilável por bactérias e leveduras, em condições aeróbias e anaeróbias, para aquisição de energia metabólica e outras funções intracelulares, resultando na elevação da carga orgânica local e outros parâmetros indicadores da qualidade ambiental.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada foi baseada nos experimentos realizados por Alves (2008), referentes ao ensaio BMP (Biochemical Methane Potential ou Potencial Bioquímico do Metano), para avaliar o potencial de geração de biogás de frações orgânicas de resíduos sólidos urbanos (FORSU). Em frascos de vidro de 250 mL foram inseridos 50 mL de inóculo (lodo anaeróbio de Estação de Tratamento de Esgoto), assim como diferentes concentrações de glicerol (5%, 10%, 15% e 20%), colocadas proporcionalmente ao volume de inóculo. Posteriormente, os frascos foram vedados e submetidos à circulação de N<sub>2</sub>. Após cerca de dois minutos de circulação, as válvulas foram fechadas e o manômetro acoplado (1kgf/cm<sup>2</sup>). Como controle do experimento foram utilizados frascos com cada um dos componentes presentes isoladamente. Ressalta-se que o ensaio foi realizado em triplicata. Os frascos foram incubados a 37°C, durante 60 dias (tempo necessário para a ocorrência completa do processo de biodegradação dos resíduos). As pressões internas dos reatores foram monitoradas diariamente.



**Figura 01. Etapas seguintes do ensaio BMP: (a) recirculação de nitrogênio nos frascos; (b) fechamento do frasco e colocação do manômetro; (c) frascos incubados (ALVES, 2008).**

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 expõe a taxa diária de geração de biogás, oriundo do processo de biodegradação das amostras controle (lodo e glicerol), assim como as codigestões de lodo com diferentes concentrações de glicerol. Nela pode-se observar que, nos primeiros dias, as amostras apresentam um pico na taxa de geração de biogás, por possuírem uma elevada quantidade de matéria orgânica disponível para ser decomposta. O comportamento das amostras altera-se, ao longo do tempo, à medida que reduz a quantidade de material orgânico livre diminui. Com relação às diferentes concentrações de glicerol inseridas, pode-se haver um maior aproveitamento/geração de biogás ao realizar a codigestão de lodo com incremento de 15% de glicerol no volume deste inóculo.

Na análise da Figura 3, que apresenta o comportamento do volume de biogás acumulado em um espaço de tempo de 60 dias, observa-se que a descrição dos gráficos referentes às amostras “Lodo+5% GL”, “Lodo+10% GL” e “Lodo+15% GL” são proporcionais aos teores de glicerol inclusos nos reatores pertinentes a essas amostras. Contrariando esta proporcionalidade, o gráfico referente à amostra “Lodo+20% GL” apresenta uma estagnação do aumento do volume de biogás acumulado a partir do 8º dia, retornando, posteriormente, a elevação no 15º dia transcorrido, apresentando, na sequência, comportamento constante. Esse comportamento é explicado pela alta carga orgânica presente nestes reatores, ocasionando inibição da digestão anaeróbia (FOUNTOULAKIS *et al.*, 2010).

LOPEZ *et al.* (2009) citados por KOLESÁROVÁ *et al.* (2011), estudou o desempenho da digestão anaeróbia do glicerol sob condições mesofílicas. Ao utilizar um substrato previamente tratado através de duas formas (primeiro, acidificação com ácido fosfórico e centrifugação, e segundo, acidificação seguida de destilação), juntamente com lodo granular de reator anaeróbio de tratamento de efluentes de cervejaria ou lodo não granular de reator anaeróbio de efluentes urbanos anaeróbio, em escala laboratorial, sob regime de batelada, com volume de trabalho de 1 litro.

Os estudiosos acima concluíram que o uso da combinação de glicerol acidificado com lodo granular foi a melhor opção para o tratamento anaeróbio desta substância. O referido pesquisador menciona que o parâmetro de Demanda Química de Oxigênio (DQO) representa indiretamente a quantidade de compostos orgânicos na amostra.

Desta forma, ao avaliar a efetividade do processo anaeróbio em cada um dos casos, LOPEZ *et al.* (2009) citados por KOLESÁROVÁ *et al.* (2011) observou que: 76% foram obtidos usando lodo granular e glicerol acidificado, 75% usando lodo não granular e glicerol acidificado e, 93% através da utilização de lodo granular e glicerol destilado (0,292; 0,288 e 0,356 m³/kg DQO removida, respectivamente).

FOUNTOULAKIS *et al.* (2010) citados por KOLESÁROVÁ *et al.* (2011) estudaram a viabilidade da adição do glicerol bruto ao lodo em digestores anaeróbios de estação de tratamento de efluentes, com temperatura constante de trabalho de 35°C. Neste experimento, realizado em dois regimes (batelada e contínuo), os pesquisadores constataram que a adição de 1% de glicerol sobre o volume de lodo aumentou a produção de

metano no reator, elevando-a para quantidade acima do valor teórico esperado. Esta adição de glicerol estimulou o crescimento da biomassa ativa no sistema, além do completo consumo do alimento presente.

Trabalhos realizados por AMON *et al.* (2004) citados por KOLESÁROVÁ *et al.* (2011), que utilizaram diferentes concentrações de glicerol em reatores anaeróbios processando milho, silagem de milho dejetos de porcos como substratos. Estes pesquisadores, ao adicionarem níveis crescentes de glicerol (3, 6, 8 e 15%) sobre quantidades fixas de substratos, que foram 31% de silagem de milho, 15% de milho e 54% de dejetos de porcos.

A produção de metano proveniente da mistura básica dos substratos, sem adição de lodo foi de 0,335 m<sup>3</sup>/kg de SV. Com adição de 3% de glicerol, a produção de metano aumentou foi aumentada em 20%, alcançando 0,411 m<sup>3</sup>/kg de SV. Em seguida, a adição de 6% de glicerol, resultou na mais alta produção de metano, registrando-se 0,440 m<sup>3</sup>/kg SV. Já a adição de percentuais superiores que 6% de glicerol na mistura básica influenciou sutilmente na geração de metano. Porém, a adição de 15% de glicerol provocou um decréscimo da produção de metano para 0,400 m<sup>3</sup>/kg SV (AMON *et al.*, 2004 citado por KOLESÁROVÁ *et al.*, 2011).

Estes comportamentos podem ser esclarecidos, através da análise de ácidos graxos voláteis, pela hipótese de que a inibição da produção de metano foi causada pelo aumento da concentração de ácidos butírico e propiônico. A elevada quantidade destes ácidos foi gerada à medida que era realizada a decomposição do metanol, resultando em um desacoplamento entre os ácidos produzidos e consumidos, sendo típico de uma situação de estresse (AMON *et al.*, 2004 citado por KOLESÁROVÁ *et al.*, 2011). O efeito tóxico desta alta concentração de ácidos graxos voláteis resulta dos baixos valores de pH, registrados.

Torna-se importante ressaltar, segundo AMON *et al.*, (2004) citados por KOLESÁROVÁ *et al.* (2011), que o aumento na produção específica de metano não pode ser apenas correspondente ao glicerol suplementado, mas também resultado da melhoria do processo de degradação anaeróbia causada pelo efeito da codigestão.

A pesquisa e os resultados obtidos por AMON *et al.* (2004) citados por KOLESÁROVÁ *et al.* (2011) foram semelhantes à pesquisa realizada e aos resultados obtidos neste trabalho.

Os resultados obtidos por ARAÚJO *et al.* (2012), ao utilizar na digestão anaeróbia em reatores diversos teores de glicerina bruta e inoculando dejetos de ovinos, quando comparados aos resultados do trabalho em questão, repararam-se divergências em determinados aspectos. Identifica-se uma queda na geração de biogás (21,54, 20,79, 20,54, 19,17, 16,97 e 16,55L) à medida que são inseridos teores crescentes de glicerina bruta, em percentuais de ST (3, 6, 9, 12 e 15%ST, respectivamente). Resultados estes, negativos, em virtude do excesso de nutrientes e carga orgânica existentes, conforme exposto por FONTOULAKIS *et al.* (2010).

Já os resultados gerados pelos experimentos realizados por KRYVORUCHKO *et al.* (2004) citados por ARAÚJO *et al.* (2012), assemelharam-se em alguns aspectos a este trabalho. Eles utilizaram dejetos de suínos e milho na codigestão com diferentes dosagens de glicerina bruta (3, 6, 8 e 15%), obtendo os maiores efeitos na produção de gás ao inserir as concentrações de 3 e 6% de GB, cujos percentuais de aumento das quantidades de metano (CH<sub>4</sub>) foram, respectivamente, de 18 e 22%. Todavia, LARSEN (2009) citado por ARAÚJO (2012), ao avaliar o processo de codigestão anaeróbia de glicerina bruta com efluente de fecularia, observou que o percentual de glicerina de 2% foi o que proporcionou o melhor rendimento na produção de biogás.

Em linhas gerais, percebe-se a utilização/exploração, nas últimas décadas, da digestão anaeróbia para a obtenção de biogás, realizando-se a codigestão de resíduos de diferentes naturezas com dejetos de animais (caprinos, ovinos, microrganismos, etc.). Os resultados expõem os benefícios da digestão anaeróbia, que consiste numa forma prática, sustentável e de baixo custo para obtenção de gás combustível, sendo uma boa alternativa para destinar os excedentes de glicerina produzida pela indústria do biodiesel (ARAÚJO, 2012).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao observar os resultados obtidos neste trabalho, constata-se a importância da estimulação da prática de estudos utilizando inúmeros substratos e resíduos, com características intrínsecas em suas composições, que se encontram disponíveis, e a necessidade mundial para a diversificação da matriz energética.

Recomenda-se, posteriormente, a realização de experimentos semelhantes, porém com concentrações maiores de glicerol, a fim de avaliar e estudar o comportamento da geração acumulada de biogás.

Trabalhos em escalas superiores, como reatores UASB e com resíduos agrícolas, conforme observado neste estudo, tem sido realizados, obtendo resultados que exibem um potencial de exploração dos resíduos existentes e produzindo energia limpa e de forma pouco custosa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, I.R.F.S. Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos. 2008, 134f. Dissertação de Mestrado – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.
2. ARAÚJO, L. A. C.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; VARGAS JR, F. M.; SUNADA, N. S. Produção e potenciais de produção de biogás dos dejetos de ovinos associados com doses crescentes de glicerina bruta. Anais da 49ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia: A produção animal no mundo em transformação. Brasília, DF, 23 a 26 jul. 2012.
3. FOUNTOULAKIS, M. S.; PETOUSHI, I; MANIOS, T., 2010. Co-digestion of sewage sludge with glycerol to boost biogas production. *Waste Management* 30, 1849-1853.
4. KOLESÁROVÁ, N.; HUTNAN, M.; BODIK, I.; SPALKOVÁ, V. Utilization of Biodiesel By-Products for Biogas Production. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 15 p., vol. 2011.