

Comparativo Do Potencial De Produção De Metano Utilizando Glicerol E Sacarose Como Substrato Orgânico, Em Reatores Operados De Forma Descontínua Alimentada

Indianara Cataneo[†], Maria Cristina Almeida Silva[†] e Rafael Gustavo Schneider[†]

Resumo

A crise energética que vem preocupando, não só o Brasil, mas todo o mundo, traz a necessidade da busca por fontes energéticas alternativas, ou seja, energias que causem menos impacto ao meio ambiente. Outro problema enfrentado atualmente é a geração de resíduos e efluentes, que demandam tratamentos e controles adequados. A utilização de biogás como fonte renovável de energia vem se mostrando atrativa, considerando a utilização de resíduos e efluentes como substrato orgânico, com produção energética através de processos de digestão anaeróbia. O objetivo deste trabalho foi comparar o potencial de geração de biogás e metano gerado pelo glicerol, subproduto oriundo de indústrias de fabricação de biodiesel, e sacarose, caracterizada por possuir fácil degradabilidade. Foram testados sistemas de digestão anaeróbia de operação descontínua alimentada em reatores de bancada (19,2L de volume útil). Três situações foram avaliadas, 3, 6 e 9% de matéria orgânica em relação ao volume útil dos reatores. O tempo de detenção hidráulica foi de 15 dias para cada situação proposta. Finalizado os experimentos, verificou-se que o glicerol possui maior potencial para a geração de biogás e metano em relação à sacarose, nas concentrações de alimentação utilizadas.

Palavras-chave

Biogás; Glicerol; Sacarose; Metano; Digestão Anaeróbia.

Comparative of the potential of Methane's production using glycerol and sucrose as organic substrate in reactors operated discontinuously

Abstract

The energy crisis that is worrying, not only in Brazil, but the whole world, brings the need to search for alternative energy sources which causes less impact in the environment. Another problem currently faced is the generation of waste and wastewater, which requires proper treatment and control. The usage of biogas as a renewable energy source has been showing more attractive considering the potential use of waste and effluents as organic substrate, which can produce energy through anaerobic digestion processes. The objective of this study was to compare the potential of biogas generation with energy potential generated by glycerol, a byproduct derived from biodiesel-manufacturing industries and sucrose characterized by being readily degradable. Anaerobic digestion systems of discontinuous operation powered bench top reactors (19,2L useful volume) were tested. Three cases were evaluated, 3, 6 and 9% of organic matter in relation to the useful volume of the reactor. The hydraulic retention time was 15 days for each proposed condition. When the experiments were finished, it was noted that glycerol possesses greater potential for the generation of biogas and Methane in relation to sucrose, considering the feeding concentration used.

Keywords

Biogas; Glycerol; Sucrose; Methane; Anaerobic Digestion.

I. INTRODUÇÃO

A energia é um dos elementos fundamentais à vida da humanidade. Com o passar do tempo, o desenvolvimento fez com que a demanda energética aumentasse, tornando

necessário encontrar fontes de energia que atendessem a necessidade da população [1].

Ainda hoje, grande parte da energia consumida continua sendo produzida por fontes que não se sustentam a longo

[†] UNIVATES

E-mail: indi.c@hotmail.com; maria.silva9@univates.br; rafaelgschneider@yahoo.com.br

Data de envio: 17/07/2016

Data de aceite: 16/09/2016

<http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v4iss2p80>

prazo, como o petróleo e o carvão mineral, tornando necessária a busca por fontes energéticas renováveis.

A energia, gerada através de fontes renováveis, possui participação cada vez mais relevante na matriz energética mundial [2]. A utilização destas fontes viabiliza o acesso a novas tecnologias, e também contribui com a redução dos impactos causados ao meio ambiente [3].

O biogás é uma das fontes renováveis de energia que vem ganhando destaque, pois pode ser gerado a partir de uma grande variedade de matérias-primas orgânicas, conhecidas como substratos. A matéria orgânica, quando degradada em ambiente anaeróbio, libera gases como o gás metano, o gás carbônico, entre outros; essa combinação de gases é conhecida como biogás, que, quando gerado com altos teores de metano (CH_4), pode ser convertido em energia [2].

O CH_4 é o principal constituinte do biogás, sendo responsável por determinar seu poder calorífico, ou seja, seu potencial energético [4].

O processo de degradação da matéria orgânica, para produção de biogás, é conhecido como digestão anaeróbia, e é dividido em quatro complexas etapas, que são: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, cada qual ocorre com a predominância de grupos específicos de microrganismos. Para o sucesso do tratamento, é necessário que durante o processo os microrganismos fermentativos e metanogênicos estejam coordenados e interagidos entre si [5].

Alguns fatores são primordiais para que as etapas necessárias ocorram de forma correta, fornecendo a condição ótima para a geração de biogás ao final do processo. Estes fatores influenciam na atividade bacteriana, e devem ser observadas para garantir o sucesso do procedimento. As mais relevantes são a concentração de nutrientes disponíveis, o pH, a temperatura do reator, o tempo de detenção hidráulica, entre outras [6].

Sendo o biogás produzido a partir de fontes de matéria orgânica, salienta-se a importância em identificar estas fontes, para que possam ser convertidas em energia. Neste contexto, é considerável a participação de alguns rejeitos industriais [7].

O glicerol é um dos exemplos de rejeito industrial, oriundo de indústrias que produzem biocombustíveis se apresenta como um resíduo capaz de gerar biogás devido a sua alta carga de carbono, matéria orgânica que apresenta pouca complexidade em degradar, tornando-se uma fonte propícia em processos que utilizam microbiologia anaeróbia [6].

Com a produção de biocombustíveis em constante aumento, grandes quantidades de glicerol são geradas. Estima-se que, do total de biodiesel e bioetanol produzidos, 10% são rejeitos (glicerol) [8], que exigem tratamentos adequados para posterior disposição no meio ambiente devido à sua elevada carga orgânica. Já a sacarose, foi utilizada para comparativo, por possuir grande facilidade no processo de degradação.

A sacarose utilizada é popularmente conhecida como açúcar, carboidrato indispensável para a dieta humana por ser fonte energética para o organismo [9].

Buscando o reaproveitamento do resíduo citado, juntamente com a necessidade de novas fontes de geração de energia, o presente trabalho teve como principal objetivo

avaliar o potencial do glicerol para geração de biometano. Foram avaliados três diferentes percentuais de alimentação na digestão anaeróbia, em reatores operados de forma descontínua alimentada. Este modelo operacional caracteriza-se pela adição, única ou gradual, de substrato durante o processo de fermentação [10].

Com base em estudos anteriores, verificou-se que o glicerol possui potencial para geração de biogás, com índices de metano consideráveis. No presente trabalho, optou-se em comparar a eficiência do glicerol com a sacarose, nas mesmas concentrações de Demanda Química de Oxigênio (DQO). Desta forma, é possível avaliar o processo de degradação de ambas as cadeias orgânicas, bem como seus efeitos no processo de digestão anaeróbia, e consequentemente, geração de biometano.

II. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Parque Científico e Tecnológico do Vale do Taquari – TECNOVATES e no Laboratório de Biorreatores do Centro Universitário UNIVATES (Lajeado/RS).

O inóculo utilizado no experimento foi cedido por uma empresa de produção de alimentos, que possui um reator anaeróbio para digestão de resíduos agroindustriais. O glicerol foi proveniente de uma empresa que produz biodiesel. A sacarose utilizada foi o açúcar comercial.

Foram utilizados dois reatores de bancada de mistura completa, um alimentado com glicerol e outro com sacarose. Ambos possuem volume total de 28,3 litros e volume útil de 19,2 litros. A agitação e temperatura se mantiveram constantes, em 100 RPM e 37 °C, respectivamente. A alimentação foi realizada através do septo existente na tampa do reator e a retirada do efluente foi feita pela conexão existente na parte inferior do reator.

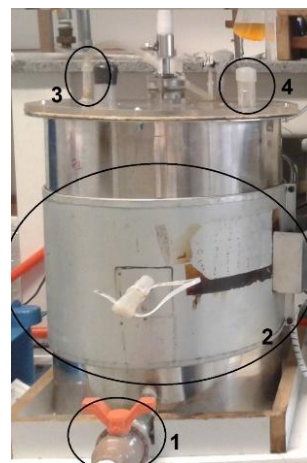


Fig. 1: Reator de bancada de mistura completa. 1) Saída do efluente; 2) Camisa aquecedora; 3) Septo para coleta e medição de gás; 4) Septo utilizado nas alimentações.



Fig. 2: Reatores de bancada de mistura completa, utilizados nos experimentos.

No início do experimento, ambos os reatores foram preenchidos com 19L do inóculo. O glicerol foi adicionado em concentrações de 3, 6 e 9% do volume útil do reator. Já a sacarose foi utilizada nas mesmas concentrações do glicerol, para avaliação e comparação do potencial de produção de metano. O tempo de detenção hidráulica (TDH) foi de 15 dias.

A DQO do glicerol apresentou valor de 4.135.384,62 mg/L. Já a DQO da sacarose foi calculada a partir de estequiometria da reação, em que foi obtido o valor de 1,12 mg de DQO/mg de sacarose.

A partir do volume útil dos reatores foi calculada a quantidade de substrato (glicerol) necessário para atender o percentual sugerido para os experimentos (3, 6 e 9%). Para a sacarose, foi estabelecida a quantidade em massa necessária a ser inserida em cada condição proposta, tornando possível a comparação da produção de biogás e metano dos respectivos substratos (Tabela 1).

Tab. 1: Quantidade de substrato para cada condição proposta.

Condições	Reatores de bancada		Sacarose	
	Glicerol			
	Volume	DQO correspondente	Quantidade	DQO correspondente
3%	576 mL	2.381.981,541 mg/L	2126,76 g	2.381.981,541 mg/L
6%	1152 mL	4.763.963,082 mg/L	4253,53 g	4.763.963,082 mg/L
9%	1728 mL	7.145.944,623 mg/L	6380,28 g	7.145.944,623 mg/L

*As quantidades descritas foram divididas em 3 aplicações (a cada 5 dias).

Os valores correspondentes aos percentuais sugeridos foram inseridos nos reatores de bancada em 3 aplicações durante os 15 dias testados, sendo 3 aplicações de 192mL para a condição de 3%, 384mL por aplicação na condição 6% e 576mL nas aplicações referente aos 9% no reator de bancada alimentado com glicerol. As alimentações com sacarose foram de 708,92 g para a condição 3%, 1417,84 g nas aplicações referente aos 6% e 2126,76 para os 9%. Optou-se por realizar 3 alimentações devido ao tempo de detenção hidráulica ser de 15 dias, considerando-se o tempo de 5 dias para a conversão da matéria orgânica inserida, permitindo que as etapas necessárias para o processo de digestão anaeróbia ocorressem.

A quantificação do volume de biogás gerado foi realizada utilizando-se um sistema automatizado composto por um tubo de vidro em formato “U”, sensor óptico, esfera de isopor e circuito eletrônico, que registra e armazena a quantidade de biogás que passa pelo sistema. O dispositivo funciona com base no deslocamento de fluídos, tendo a quantificação de biogás obtida quando o fluído, conforme enche o tubo em “U”, tem seu deslocamento para o lado oposto, aumentando o nível deste, fazendo com que a esfera de isopor passe pelo sensor óptico, que detectando o movimento envia a informação para um circuito eletrônico. O volume gerado de biogás é definido pela equação combinada dos gases ideais, que descreve a relação entre temperatura, pressão e volume de um gás como constante [11].

O biogás foi analisado diariamente para verificação do percentual de CH₄ produzido, utilizando-se um sensor

denominado *Advanced Gasmitter*, fabricado pela empresa *PRONOVA® Analysentechnik GmbH&Co.*

As análises físicas e químicas, DQO, alcalinidade e pH, para caracterização dos efluentes dos experimentos foram realizadas conforme as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Wastewater* [12], e a periodicidade destas estão descritas na Tabela 3.

Tab. 2: Periodicidade das análises realizadas.

Análise	Reatores de bancada
Medição de metano	1 vez por dia*
Medição vazão do biogás	
DQO	Ao final dos experimentos
Alcalinidade	
pH	No início e ao final dos experimentos

III. RESULTADOS

A. Condição 3%

O reator de bancada alimentado com sacarose apresentou grande geração de biogás no início do experimento, devido a sua fácil degradação. Entretanto, mesmo com grandes volumes de biogás, pouco CH₄ foi produzido. Mesmo nas demais alimentações realizadas durante o tempo do experimento, houve pouca variação na produção de biogás, e o percentual de CH₄ apresentou constante queda.

Já o reator alimentado com glicerol não apresentou imediata produção de biogás, devido à sua cadeia orgânica ser um pouco mais complexa comparada à da sacarose. Verificou-se a maior produção de biogás no dia seguinte às alimentações (86,94, 172,94 e 199,74mL de metano), e

durante o experimento observa-se crescente aumento na produção de CH₄. A Fig. 3 apresenta o volume de CH₄ produzido, comparando as duas fontes de matéria orgânica utilizadas.

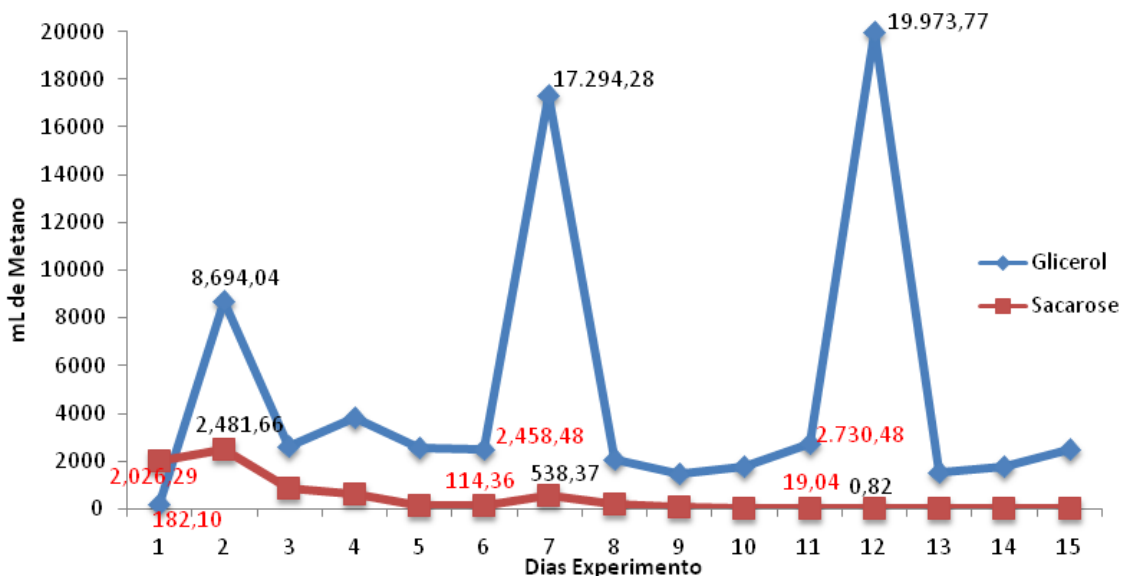


Fig. 3: Volume de metano produzido na condição 3%.

*Os valores em vermelho correspondem aos dias em que ocorreu a alimentação e, em preto, os dias após a alimentação.

B. Condição 6%

A condição 6%, assim como a condição 3%, também apresentou maiores valores de metano no reator de bancada alimentado com glicerol. O reator de bancada alimentado com sacarose apresentou valores consideráveis de geração de biogás, entretanto baixa produção de metano.

A Fig. 4 ilustra a quantidade de metano produzido pelo glicerol, comparado à sacarose. Nesta condição, o glicerol se mostrou mais eficiente em produzir biogás com índices de metano mais elevados.

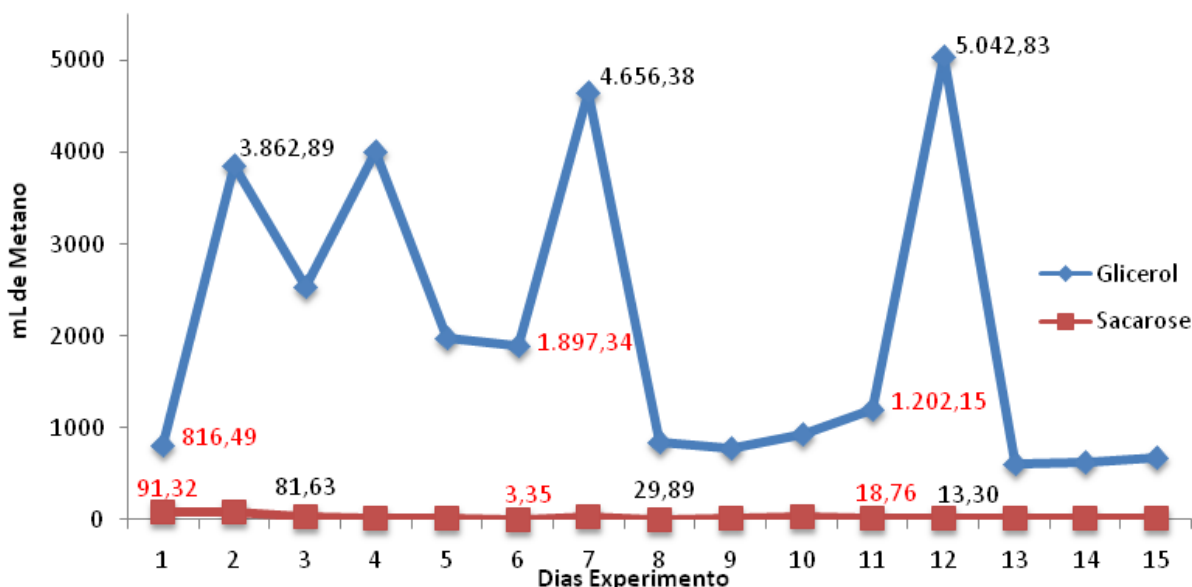


Fig. 4: Volume de metano produzido na condição 6%.

*Os valores em vermelho correspondem aos dias em que ocorreu a alimentação e, em preto, os dias após a alimentação.

C. Condição 9%

Assim como nas condições 3 e 6% apresentadas anteriormente, o glicerol se mostrou mais eficaz na produção de metano também na condição 9%.

A sacarose apresentou valores mais elevados nos primeiros dias de experimento devido a sua fácil

degradabilidade, entretanto, logo a produção de metano diminuiu, assim como a geração de biogás, encerrando o experimento com valores mínimos.

O glicerol por sua vez manteve a geração de biogás durante todo o experimento, assim como os valores de metano.

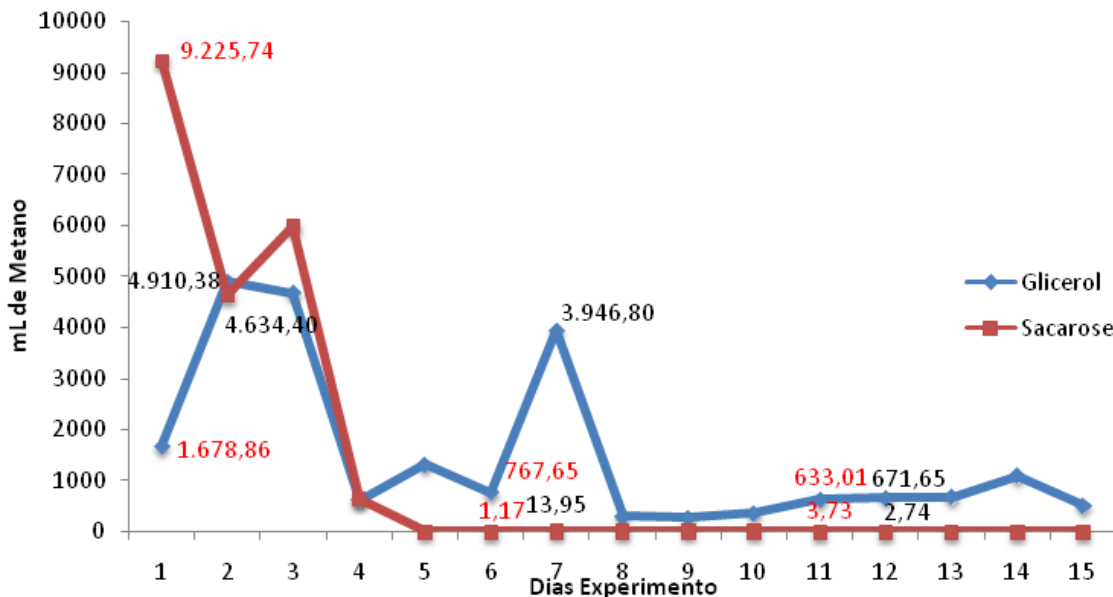


Fig. 5: Volume de metano produzido na condição 9%.

*Os valores em vermelho correspondem aos dias em que ocorreu a alimentação e, em preto, os dias após a alimentação.

Segundo [13], a adição do substrato resulta no aumento da carga orgânica do meio, ocasionando imediata elevação na produção de biogás, porém em seguida pode ocorrer queda súbita desta produção. No presente experimento, a condição alimentada com 9% de glicerol apresentou melhor produtividade no início, comparada as condições 3 e 6% de glicerol, porém sua produção sofreu seguida queda, finalizando o experimento com volumes de CH₄ abaixo das demais condições testadas.

O mesmo ocorreu com o reator alimentado com sacarose, que devido as elevadas concentrações de matéria orgânica inserida, apresentou consideráveis volumes de metano.

No entanto, a combinação da fácil degradabilidade e a elevada carga orgânica inserida de sacarose, resultou na rápida hidrólise da matéria orgânica. Isto favoreceu a acidificação do reator, inibindo as demais etapas necessárias para o processo de produção de metano. Desta forma, verificou-se valores de metano mínimos nos dias decorrentes do experimento.

D. Produção total de Metano

A Fig. 6 apresenta os valores acumulados de produção de metano obtidos durante o experimento nas 3 condições alimentadas com glicerol. Observa-se que a condição 6% se mostrou mais eficaz, gerando maiores volumes de metano.

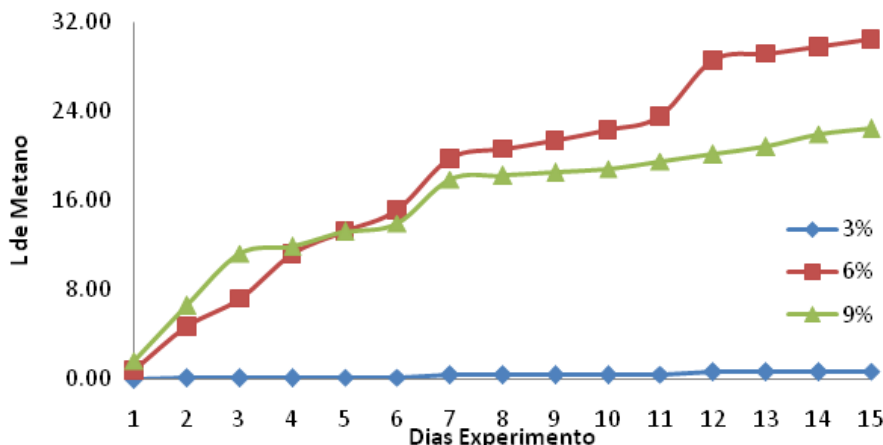


Fig. 6: Produção total de metano – glicerol.

Já nos experimentos com sacarose, a condição 9% foi a que mais produziu metano, ficando com valores bem acima dos valores produzidos pelas condições 3 e 6%, conforme Fig. 7 abaixo.

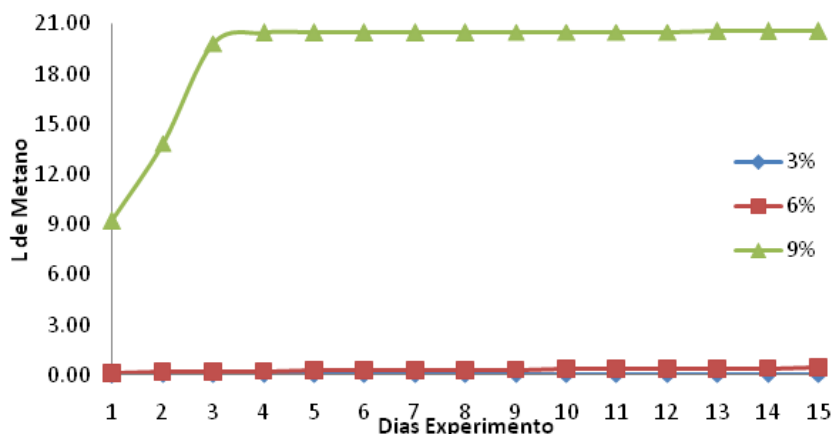


Fig. 7: Produção total de metano – sacarose.

E. Alcalinidade e pH e a interferência na produção de CH_4

Os microrganismos metanogênicos têm seu crescimento ótimo na faixa de pH que fica entre 6,5 a 8,2 [14]. O reator alimentado com sacarose apresentou baixos valores de

produção de metano, o que pode ser explicado pelos valores de pH registrados ao final dos experimentos. A Tabela 3 apresenta os valores de pH ao final de cada etapa do experimento. Vale ressaltar que o pH do inóculo, ao início dos experimentos, estava em 7,77.

Tabela 3: Valores de alcalinidade e pH ao final dos experimentos.

Condição	Glicerol		Sacarose	
	pH	Alcalinidade (mg/L)	pH	Alcalinidade (mg/L)
3%	8,5	23.037,50	5,41	17.575,00
6%	5,85	13.215,00	4,92	11.990,00
9%	5,72	8.000,00	4,96	3.525,00

Os baixos valores de pH nos reatores alimentados com sacarose podem ser explicados pela fácil degradabilidade da cadeia orgânica da sacarose. Segundo [15], o processo contínuo de hidrólise, ou seja, o processo simples de conversão microbiana dos compostos orgânicos resulta na produção excessiva de ácidos graxos voláteis (AVG), que em grandes quantidades afetam de forma direta o pH do meio, inibindo os microrganismos metanogênicos.

Os microrganismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica em ácidos são mais resistentes às variações de pH, fazendo com que os AVG's continuem sendo produzidos, acidificando o reator [16].

Já a alcalinidade é o parâmetro que indica a capacidade do meio de manter o pH estável, neutralizando os ácidos [17]. No processo de digestão anaeróbia, esse parâmetro está diretamente ligado a produção de metano, e ocorre na faixa de pH entre 6,0 e 7,5 [15].

Os valores de alcalinidade apresentados acima complementam os resultados de valores de metano apresentados pelas condições propostas. O efeito tamponamento (alcalinidade) está diretamente ligado a geração de biogás com potencial energético.

Na condição 6%, o reator de bancada alimentado com glicerol apresentou pH igual a 5,85, valor abaixo da faixa considerada ótima para a produção de metano, porém a condição se mostrou eficiente em produzir CH_4 . [18], explica que o limite para a produção de metano fica na faixa

entre 5,5 e 6,5, onde neste intervalo, o processo metanogênico é parcialmente inibido, havendo diminuição da população das bactérias responsáveis por este processo, ou a diminuição de suas atividades.

De forma geral, os reatores de bancada alimentados com sacarose foram os que menos geraram metano, e por consequência, os que apresentaram menores valores de pH e alcalinidade.

Entretanto, os reatores alimentados com glicerol apresentaram maior eficiência na produção de metano, apresentando maiores valores de pH e alcalinidade.

IV. CONCLUSÕES

A partir dos dados apresentados, conclui-se que o glicerol possui potencial para a geração de biogás com potencial energético, sendo esta uma forma de tratar este rejeito e ainda gerar biogás com potencial energético. A sacarose, utilizada como comparativo, mostrou não ser eficiente para este propósito. A mesma apresentou rápida degradação, resultando na acidificação do reator e interrompendo o processo de produção de metano.

V. BIBLIOGRAFIA

- [1] GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. São Paulo, SP: Estudos avançados, 2007.
- [2] KONRAD, Odorico; LUMI, Marluce; HEBERLE, A. N. A.; TONETTO, J. F.; CASARIL, C. E. A influência da codigestão de óleo vegetal residual na geração de biogás por lodo de estação de tratamento de efluentes. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 2, p. 1-20, 2013.
- [3] LINDEMEYER, R. M. Análise da viabilidade econômica-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica. Florianópolis, SC: 2008.
- [4] CASSINI, S. T. Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás. Cap. 2 e 4, 1º ed., Rio de Janeiro, RJ: ABES, RiMa, 2003, 210p.; il. Projeto PROSAB.
- [5] GUIA PRÁTICO DO BIOGÁS – GERAÇÃO E UTILIZAÇÃO. 5ª edição, totalmente revista e atualizada, Gülzow, 2010. Publicado pela Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), com o apoio do Ministério da Nutrição, Agricultura e Defesa do Consumidor da Alemanha, em virtude de uma decisão do Parlamento Federal Alemão.
- [6] KONRAD, Odorico; HEBERLE, A. N. A.; CASARIL, C. E.; KAUFMANN, G. V.; LUMI, Marluce; DALL’OGLIO, Michel; SCHIMITZ, Michele. Avaliação da produção de biogás e geração de metano a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes e glicerina residual. Revista destaques acadêmicos, ano 2, n. 4, 2010 - CETEC/UNIVATES.
- [7] SILVA, Maria Cristina de Almeida. Avaliação do regime operacional e da estabilidade microbiana no processo de fermentação anaeróbia para a produção de hidrogênio e ácidos graxos voláteis. Porto Alegre, RS: Qualificação de doutorado, UFRGS, 2013. Não publicado.
- [8] YAZDANI, Syed Shams; GONZALEZ, Ramon. Anaerobic fermentation of glycerol: a path to economic viability for the biofuels industry. Current Opinon in Biotechnology, 2007, 18:213 – 219.
- [9] WHITE, John S. Sucrose, HFCS, and Fructose: History, Manufacture, Composition, Applications, and Production. J.M. Rippe (ed.), Fructose, High Fructose Corn Syrup, Sucrose and Health, Nutrition and Health, DOI 10.1007/978-1-4899-8077-9_2, © Springer Science+Business Media New York, 2014.
- [10] SCHMIDELL, W.; LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. Biotecnologia Industrial volume 2 Engenharia Bioquímica. Editora Edgard Blücher Ltda, 2001.
- [11] MINHO, C. V.; KONRAD, Odorico; KOCH, F. F.; KLEINSCHMITT, A. B.; CASARIL, Camila; LUMI, Marluce. Uso da glicerina residual na geração de biogás a partir do lodo de estação de tratamento de efluentes e dejetos de aves poederas. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 3 p. 041 – 050, 2012.
- [12] APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of wastewater. 20th ed. New York, USA: APHA, 2005.
- [13] KONRAD, Odorico; KOCH, Fábio F.; LUMI, Marluce; TONETTO, Jaqueline F.; BEZAMA, Alberto. Potential of biogas production from swine manure supplemented with glycerine waste. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.34, n.5, p. 844-853, set./out. 2014.
- [14] CAMPOS, J. R. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Cap. 2 e 5, 1º ed., Rio de Janeiro, RJ: ABES, 1999, 464p.; il. Projeto PROSAB.
- [15] SILVA, R. A. P. da; BONCZ, M. A. Aplicação do calcário no tamponamento da acidez em processos de digestão anaeróbia: análise inicial. Campo Grande, MS: UFMS, 2012.
- [16] BRUNO, Marcelo. Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) em dois estágios tratando águas residuárias do beneficiamento de café por via úmida. Jaboticabal, SP: UEP, 2007.
- [17] CHERNICHARO, C. A. de L. Reatores anaeróbios. 2ª edição. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997.
- [18] MACHADO, F. S.; PEREIRA, L. G. R.; JÚNIOR, R. G.; LOPES, F. C. F.; CHAVES, A. V.; CAMPOS, M. M.; MORENZ, M. J. F. Emissão de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2011.