**CODIGESTÃO DE EFLUENTE DA PARBOILIZAÇÃO DE ARROZ E GLICEROL
PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS: RESULTADOS PRELIMINARES**

Vitor Alves Lourenço (*), Willian César Nadaleti, Anaís França de Matos Oliveira, Renan de Freitas Santos, Ivanna Franck Koschier

*Universidade Federal de Pelotas – vitor.a.lourenco@gmail.com

RESUMO

A produção de biodiesel via transesterificação gera 1 kg de glicerol para cada 10 kg de biodiesel produzidos, assim a crescente produção do biocombustível no Brasil eleva proporcionalmente a produção do subproduto. Considerando que o setor industrial faz uso apenas da glicerina e que a disposição incorreta do glicerol é capaz de promover impactos ambientais negativos, o glicerol não refinado se caracteriza como um passivo ambiental. Assim, a codigestão anaeróbia se apresenta como alternativa para a aplicação de glicerol para a produção de biogás uma vez que o incremento do glicerol pode favorecer o processo de degradação da matéria orgânica e, conseqüentemente, a produção de biogás e metano. Nesse contexto, esse estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso de glicerol como cosubstrato para a produção de biogás via codigestão anaeróbia com efluente da parboilização de arroz através da quantificação do biogás produzido por deslocamento de fluídos. Os biodigestores foram desenvolvidos a partir do reaproveitamento de garrafas de Politereftalato de Etileno (PET), assim como o sistema de quantificação, composto por um frasco graduado e um reservatório, que operou com base no princípio do deslocamento de líquidos. Foram executadas duas triplicatas de codigestões, onde ambas receberam 0,3 dm³ de lodo (inóculo) e 1,4 dm³ de efluente (substrato) da parboilização de arroz concedidos por uma indústria da cidade de Pelotas- RS. A adição do cosubstrato, o glicerol, foi de 0,5% em uma triplicata e de 1,0% na outra. Os biodigestores foram operados em temperatura ambiente por um período de 336 horas, onde foram realizadas as quantificações de produção de biogás a cada 12 horas. A adição da concentração de 1,0% de glicerol promoveu a produção de 8,72±0,19 dm³ de biogás e a de 0,5% de 9,17±0,10 dm³, assim o uso do glicerol em codigestão anaeróbia com efluente da parboilização de arroz para a produção de biogás se mostrou favorável, indicando potencialização da produção quando comparado com outros estudos.

PALAVRAS-CHAVE: codigestão anaeróbia, biogás, biodiesel, glicerol, digestão anaeróbia



ABSTRACT

The production of biodiesel via transesterification generates 1 kg of glycerol for every 10 kg of biodiesel produced, so the growing production of biofuel in Brazil raises proportionally the production of the by-product. Considering that the industrial sector uses only glycerine and that the incorrect destination of glycerol is capable of promoting negative environmental impacts, unrefined glycerol is characterized as an environmental liability. Thus, anaerobic codigestion is presented as an alternative for the application of glycerol for the production of biogas since the increase of glycerol can favor the process of degradation of organic matter and, consequently, the production of biogas and methane. In this context, the objective of this study was to evaluate the viability of the use of glycerol as a cosubstrate for biogas production through anaerobic codigestion with rice parboiling effluent through the quantification of biogas produced by fluid displacement. The biodigesters were developed from the reuse of polyethylene terephthalate (PET) bottles, as the quantification system, consisting of a graduated flask and a reservoir, which operated based on the principle of liquid displacement. Two triplicates of codigestion were executed, where both received 0.3 dm³ of sludge (inoculum) and 1.4 dm³ of effluent (substrate) from the parboilization of rice granted by an industry from the city of Pelotas, RS. The addition of the cosubstrate, glycerol, was 0.5% in one triplicate and 1.0% in the other. The biodigesters were operated at room temperature for a period of 336 hours, where the biogas production quantifications were performed every 12 hours. The addition of the 1.0% concentration of glycerol promoted the production of 8.72±0.19 dm³ of biogas and 0.5% of 9.17±0.10 dm³, thus the use of glycerol in anaerobic codigestion with effluent from rice parboiling for biogas production was favorable, indicating potentiation of production when compared to other studies.

KEY WORDS: anaerobic codigestion, biogas, biodiesel, glycerol, anaerobic digestion.

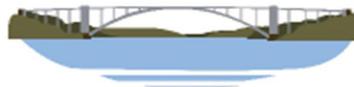
INTRODUÇÃO

Apesar da alta produção de biodiesel no Brasil apresentar grandes benefícios ao meio ambiente quanto ao cenário energético e à poluição atmosférica, tal setor vem sendo responsável pela produção em larga escala de um passivo ambiental. A produção de biodiesel via transesterificação gera 1 kg de glicerol para cada 10 kg de biodiesel produzidos (PAPANIKOLAOU et al., 2017), assim, a oferta de glicerol cresce linearmente com o aumento da produção do biocombustível. Em 2017, o Brasil teve uma geração de mais de 4 milhões de metros cúbicos de biodiesel (ANP, 2018).

A disposição incorreta do glicerol é capaz de promover impactos ambientais negativos, já que a glicerina bruta em contato com a água se transforma em um sabão que dificulta a oxigenação do meio através de sua precipitação (BERTOZZO, 2013). A alta produção do biocombustível propiciou a queda do preço deste subproduto, enfraquecendo seu mercado (OKOYE; HAMEED, 2016) e ocasionando maior oferta do subproduto, que deixou de ser suprida pela demanda industrial. Ademais, o setor industrial faz uso apenas da glicerina, de modo que o glicerol não refinado se caracteriza como um passivo ambiental (SILVA, 2017).

Neste contexto, surge a possibilidade do uso da técnica chamada codigestão anaeróbia, que se caracteriza por promover a digestão anaeróbia simultânea de dois ou mais substratos que possuam características complementares a fim de elevar a eficiência do sistema, potencializando a produção de biogás e do rendimento de metano (ANJUM et al. 2017). A técnica é capaz de aumentar de 25% a 400% a produção de biogás em relação à digestão anaeróbica de apenas um dos substratos (HAGOS et al, 2017), desse modo, além de viabilizar uma destinação ambientalmente adequada ao resíduo, tal possibilidade promove a produção de outro biocombustível passível de conversão em energia limpa e renovável.

Assim, a codigestão anaeróbia se apresenta como alternativa para a aplicação de glicerol para a produção de biogás uma vez que o incremento do glicerol pode favorecer o processo de degradação da matéria orgânica e, consequentemente, a produção de biogás e metano ao ser consumido pelos microrganismos para obtenção de energia através do carbono



presente em sua composição, ou seja, o mesmo é capaz de promover melhor razão entre carbono e nitrogênio (C/N) para o meio elevando a oferta de carbono (MEIER et al., 2016).

OBJETIVOS

O estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso de glicerol como cosubstrato para a produção de biogás via codigestão anaeróbia com efluente da parboilização de arroz através da quantificação do biogás produzido por deslocamento de líquidos.

METODOLOGIA

Os biodigestores utilizados foram desenvolvidos com base em estudos de Nadaleti et al. (2018), assim como o sistema de quantificação da produção de metano. Desse modo, os biodigestores foram elaborados a partir do reaproveitamento de garrafas de Politereftalato de Etileno (PET), com volume útil de 2,15 dm³. Para o monitoramento das temperaturas internas foram introduzidos termômetros na lateral dos reatores, próximo ao local de permanência de inóculo. Tubos de silicone de 4 mm de diâmetro e 38,5 cm de comprimento foram instalados entre a saída do biodigestor, localizada em seu topo, e o sistema de quantificação (Figura 1):

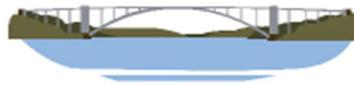


Figura 1: Biodigestor (à esquerda) e sistema de medição (ao centro, frasco volumétrico, e à direita, reservatório).

Fonte: Lourenço (2017).

O sistema de quantificação, composto por um frasco graduado e um reservatório, opera com base no princípio do deslocamento de líquidos. Para garantir a possibilidade de zerar o medidor, inseriu-se na sua entrada um divisor de ar que quando aberto garante o escape do gás para a atmosfera, promovendo o retorno do líquido para sua marca inicial. Ademais, uma fina faixa de óleo de soja sobre a água foi adicionada, para prevenir a dissolução do Dióxido de Carbono presente no biogás.

Foram executadas duas triplicatas, sendo que ambas receberam 0,3 dm³ de lodo (inóculo) e 1,4 dm³ de efluente (substrato) da parboilização de arroz concedidos por uma indústria da cidade de Pelotas- RS. Quanto ao cosubstrato, o glicerol, uma triplicata foi alimentada com 0,5% e a outra com 1,0%.



Os biodigestores foram operados em temperatura ambiente por um período de 336 horas, onde foram realizadas as quantificações de produção de biogás a cada 12 horas. Para análise estatística foi realizado o Teste F à 5 % de significância através do *software* IBM SPSS Statistics 24.

RESULTADOS

Na Figura 2 são apresentados os resultados quanto à quantificação da produção de biogás a cada 12 horas no período de 336 horas no qual foi executado o experimento, de acordo com o gráfico é possível constatar que apesar da concentração de 0,5% de glicerol ter resultado em maiores produções de biogás que a de 1,0%, tal diferença não foi acentuada:

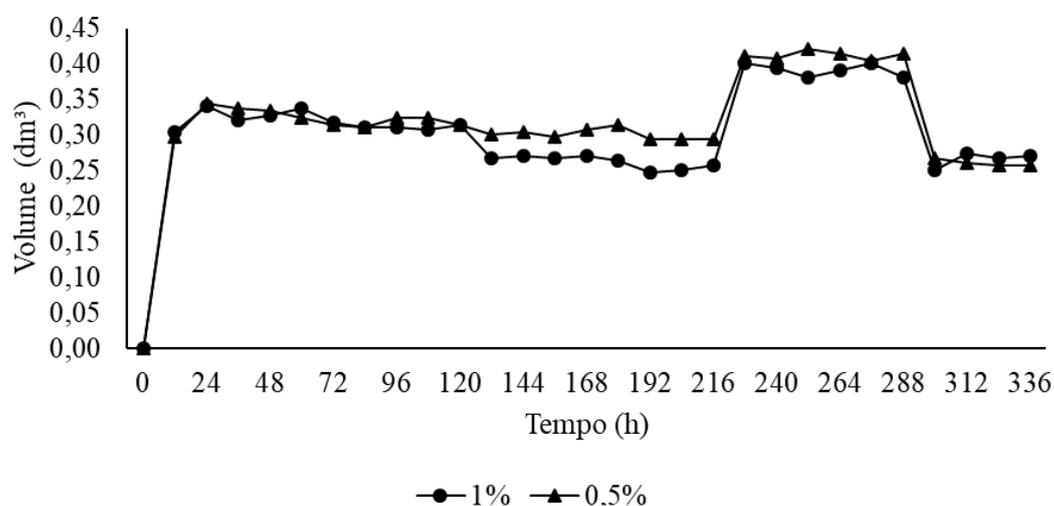


Figura 2: Produção de biogás em intervalos de 12 horas. Fonte: Autor do trabalho.

Já na Figura 3 é possível observar a diferença ocasionada pelas diferentes concentrações ao longo das 336 horas de experimento, onde a concentração de 1,0% de glicerol promoveu a produção de $8,72 \pm 0,19 \text{ dm}^3$ e a de 0,5% de $9,17 \pm 0,10 \text{ dm}^3$:

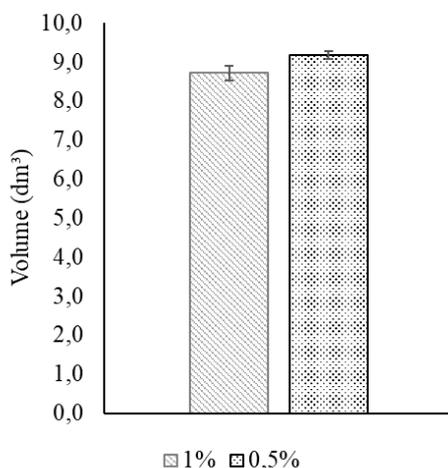
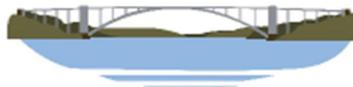


Figura 3: Produção de biogás no período de 336 horas. Fonte: Autor do trabalho.

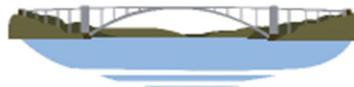
Estudo realizado por Nadaleti et al. (2018) abordou a produção de biogás via biodigestão anaeróbia de efluente (substrato) e lodo (inóculo) da parboilização de arroz em três diferentes temperaturas, 35, 45 e 55 °C, por um período de 276 horas. Os autores obtiveram maior produção de biogás à 35 °C, tal temperatura foi responsável por promover a produção de 5,198 dm³ de biogás.

Nadaleti et al. (2018) em estudo acerca do uso do lodo da parboilização de arroz como inóculo, em biodigestores de volume interno total de 2,15 dm³, avaliou a produção de biogás via biodigestão anaeróbia de efluente da parboilização de arroz à 55 °C em razões de 2:1 e 5:1 de efluente e lodo por um período de 546 horas, considerando um *headspace* de 0,45 dm³, a maior produção de biogás ocorreu na razão de 2:1, totalizando 6,62dm³ de biogás.

Lourenço et al. (2018) estudaram a produção de biogás via codigestão anaeróbia em temperatura ambiente por um período de 672 horas em biodigestores desenvolvidos através da mesma metodologia da aplicada neste estudo. Os autores alimentaram os biodigestores com efluente da parboilização de arroz e resíduos sólidos orgânicos, cascas de laranja, banana e tangerina trituradas e diluídas em água destilada, em diferentes proporções, obtendo produção máxima de 15,25 dm³.

Apesar do sistema com 0,5% de glicerol ter apresentado produção superior que o com 1,0%, a produção de biogás dos sistemas não difere estatisticamente, nos intervalos de 12 horas e em sua totalidade, pelo Teste de Tukey à 5% de significância. Ademais, as temperaturas internas dos biodigestores variaram de 20 a 22 °C durante as 336 horas, desse modo a produção de biogás provavelmente não atingiu seu rendimento máximo, uma vez que um dos fatores de maior influência na biodigestão anaeróbia é temperatura. Existem três gamas de funcionamento do processo: psicrófila, temperaturas inferiores a 20°C, mesófila, entre 20 a 40°C, e termófila entre os 45 e os 60°C, entretanto, Kim et al. (2002) afirmam que a faixa, entre 30 e 40°C, é onde a produção de biogás ocorre de maneira eficiente e demanda menor gasto energético para manter a quantidade de calor no digestor. Os autores relatam ainda que tais temperaturas facilitam o processo quanto à estabilidade do sistema para o metabolismo dos microrganismos mesófilos.

Independentemente da gama adotada para aplicação de técnica, a estabilidade da temperatura é determinante para o processo. Oscilações bruscas de 2°C podem causar efeitos adversos na digestão mesófila. Bactérias metanogênicas, produtoras de metano, são sensíveis a rápidas variações de temperatura (AZEITONA, 2012), de modo que a temperatura não deve oscilar mais que 2°C, uma vez que tais variações podem ocasionar em perdas de pelo menos 30% na produção de biogás (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). Apesar de a temperatura interna ter variado de 20 a 22 °C



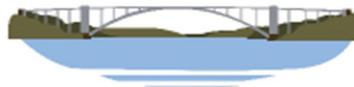
nesse estudo, provavelmente tais variações não ocorreram bruscamente, uma vez que a maior diferença de temperatura entre os intervalos de 12 horas foi de 1 °C.

CONCLUSÕES

O uso do glicerol em codigestão anaeróbia com efluente da parboilização de arroz para a produção de biogás se mostrou favorável, indicando potencialização da produção quando comparado com outros estudos, uma vez que a concentração de 1,0% de glicerol promoveu a produção de $8,72 \pm 0,19$ dm³ de biogás e a de 0,5% de $9,17 \pm 0,10$ dm³. Entretanto recomenda-se para estudos futuros maior variação da proporção de concentração de glicerol aplicado, uma vez que ambas as concentrações utilizadas no estudo não apresentaram diferença significativa quanto a produção de biogás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANJUM, M.; KHALID, A.; QADEER, S.; MIANDAD, R. Synergistic effect of co-digestion to enhance anaerobic degradation of catering waste and orange peel for biogas production. **Waste Management & Research**, v.35, n.9, p.967–977, 2017.
2. ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico 2018**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2018>. Acesso em 05 fev. 2019.
3. AZEITONA, D. C. L. **Efeitos de Pré-tratamentos Térmicos na Digestão Anaeróbia Termófila de Resíduos de Casca de Batata**. 2012. 142f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.
4. BERTOZZO, F. **Co-digestão anaeróbia de dejetos de bovinos e dois tipos de glicerina bruta**. 2013. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.
5. DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from Waste and Renewable Resources. **Weiheim Wiley-VCH**, 2008.
6. HAGOS, K.; ZONG, J.; DONGXUE, L.; LIU, C.; LU, X. Anaerobic co-digestion process for biogas production: Progress, challenges and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.76, p.1485-1496, 2017.
7. KIM, M.; AHN, Y.; SPEECE, R. Comparative process stability and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. thermophilic. **Water Research**, v.36, p.4369-4385, 2002.
8. LOURENÇO, V. A. **Produção de biogás via co-digestão anaeróbia de efluente da parboilização do arroz e resíduos sólidos orgânicos**. 2017. 87f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017).
9. LOURENÇO, V. A.; SANTOS, F. R.; PAN, G. G.; VIEIRA, B. M.; NADALETI, W. C. Produção de Biogás via Codigestão Anaeróbia em Temperatura Ambiente. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 9, 2018, São Bernardo do Campo/SP. **Anais...** São Bernardo do Campo/SP, IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2018
10. MEIER, T. R. W.; CREMONEZ, P. A.; MATTJIE, A. C.; PARISOTTO, E. L. B.; DIETER, J.; TELEKEN, J. G. Produção de biogás a partir da codigestão de água residuária de suinocultura, vinhaça e glicerol bruto em reator com alimentação semicontínua. **e-Xacta**, v. 9, n. 2, p. 111-122, 2016.
11. NADALETI, W. C.; LOURENÇO, V. A.; SCHOELER, G. P.; AFONSO, M.; SANTOS, R. F.; VIEIRA, B. M.; LEANDRO, D.; QUADRO, M. S. Temperaturas mesófilas e termófilas na produção de biogás através de efluente da parboilização do arroz. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v.5, n.1, p.17-21, 2018.



12. NADALETI, W. C.; SCHOELER, G. P.; LOURENÇO, V. A.; AFONSO, M.; SANTOS, R. F. Estudo do efeito da concentração de lodo na produção de biogás via digestão anaeróbia. In: Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 1, 2018, Gramado-RS. **Anais...** Gramado-RS, IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2018
13. OKOYE, P U.; HAMEED, B. H. Review on recent progress in catalytic carboxylation and acetylation of glycerol as a byproduct of biodiesel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.53, p.558–574, 2016.
14. PAPANIKOLAOU, S.; KAMPISSOPOULOU, E.; BLANCHARD, F.; RONDAGS, E.; GARDELI, A.; KOUTINAS, A. A.; CHEVALOT, I.; AGGELIS, G. Production of secondary metabolites through glycerol fermentation under carbon-excess conditions by the yeasts *Yarrowia lipolytica* and *Rhodospiridium toruloides*: waste glycerol fermentation by yeasts. **European Journal of Lipid Science and Technology**, 2017, DOI: 10.1002/ejlt.201600507.
15. SILVA, D. B.; SOUZA, B. R.; ANTERO, R. V. P. Produção biotecnológica de produtos de valor agregado utilizando glicerol residual proveniente da síntese de biodiesel. **Evidência**, v.17, n.2, p. 63-86, 2017.