



INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS ATRAVÉS DA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS ALIMENTARES E INDUSTRIAIS

Anderson Gabriel Corrêa (*), Renan de Freitas Santos, Bruno Piedras da Silveira, Bruno Müller Vieira, Willian César Nadaleti

* Universidade Federal de Pelotas - andersoncorrea560@gmail.com

RESUMO

Nos dias atuais, com o crescimento populacional e a intensificação das atividades industriais, vêm se agravando cada vez mais os problemas ambientais, seja em relação ao uso de combustíveis fósseis ou na grande geração de resíduos sólidos. Outro ponto importante é em relação aos resíduos gerados em grandes quantidades pelas arrozadeiras no beneficiamento de arroz, como cascas, farelos e efluentes, que precisam de uma disposição ambientalmente correta, que atenda a legislação e normas locais para seu lançamento no ambiente. São desafios que precisam ser enfrentados em busca de um desenvolvimento sustentável em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Em relação à geração de resíduos sólidos orgânicos e efluentes industriais, que precisam passar por diversas etapas de tratamentos antes de serem dispostos no ambiente, a digestão anaeróbia é uma eficiente solução de tratamento para esses resíduos, por meio da codigestão de diferentes resíduos sendo transformados em combustível e um biofertilizante rico em nutrientes. Sendo assim, o presente estudo consistiu na produção de biogás, com biodigestores alimentados com resíduos orgânicos, efluente e lodo de uma arrozadeira, processo que ocorreu em temperatura ambiente de 22 °C e a outra temperatura avaliada foi 35 °C através do uso de um banho de aquecimento, a fim de avaliar qual a influência da temperatura na geração do biogás. No entanto, os melhores resultados de produção do gás foram à temperatura de 35 °C com produção de 7,45 dm³, mostrando que a temperatura foi um dos fatores que aumentaram a eficiência do processo. Podendo observar que um dos parâmetros de grande importância a serem analisados em qualquer processo de digestão anaeróbia é a temperatura, pois ela vai influenciar diretamente na estabilidade do processo, além de estar associada ao crescimento, manutenção e metabolismo das bactérias, consequentemente influenciando na geração do biogás.

PALAVRAS-CHAVE: biogás, codigestão anaeróbia, resíduos orgânicos, efluente de arroz, temperatura

ABSTRACT

Nowadays, with the population growth and the intensification of industrial activities, environmental problems are becoming increasingly worsening, whether in relation to the use of fossil fuels or in the large generation of solid waste. Another important point is in relation to the waste generated in large quantities by rice farmers in the processing of rice, such as hulls, bran and effluents, which need an environmentally correct disposition, which meets local laws and regulations for their release into the environment. These are challenges that need to be faced in the pursuit of sustainable development in developed and developing countries. Regarding the generation of solid organic waste and industrial effluents, which need to go through several treatment steps before being disposed of in the environment, anaerobic digestion is an efficient treatment solution for these waste, through the co-management of different waste being transformed into fuel and a nutrient-rich biofertilizer. Therefore, the present study consisted of the production of biogas, with biodigesters fed with organic waste, effluent and sludge from a rice plant, a process that took place at an ambient temperature of 22 °C and the other temperature was 35 °C using a heating bath in order to assess the influence of temperature on the generation of biogas. However, the best results of gas production were at a temperature of 35 °C with a production of 7.45 dm³, showing that temperature was one of the factors that increased the efficiency of the process. It can be observed that one of the parameters of great importance to be analyzed in any anaerobic digestion process is temperature, as it will directly influence the stability of the process, in addition to being associated with the growth, maintenance and metabolism of bacteria, consequently influencing the generation of biogas.

KEY WORDS: biogas, anaerobic codigestion, organic waste, rice effluent, temperature



INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais relacionados às atividades industriais estão cada vez maiores, atrelado a isso o uso de combustíveis fósseis para energia implicam em uma deterioração descontrolada do ambiente. Entre as problemáticas, o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos é um dos grandes desafios nos dias de hoje para o desenvolvimento sustentável, em especial os resíduos sólidos orgânicos (ZHANG et al., 2019).

Além disso, o crescimento populacional e as práticas de desperdício de alimentos estão cada vez maiores, os quais são gerados principalmente em locais públicos, como restaurantes, cantinas, hotéis, empresas ou até mesmo nas próprias residências familiares. No entanto, tal ação é responsável pela intensa geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) nos países desenvolvidos e em desenvolvimento (ZHANG, 2014).

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) os números referentes à geração de RSU no ano de 2018 mostram um total de 79 milhões de toneladas no país, resultado esse que demonstrou um aumento próximo de 1% em relação ao ano anterior. Além disso, dos resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente, cerca de 50% correspondem à matéria orgânica putrescível (LUNA, 2009).

Por outro lado, as arrozeiras são responsáveis por uma grande geração de águas residuais no processamento de arroz. Esses efluentes em geral contêm grandes quantidades de contaminantes orgânicos e inorgânicos que se liberados ao ambiente, seja no solo ou em corpos hídricos, resultam em danos ao meio ambiente. Sendo assim, precisam passar por tratamentos seguindo normas e legislações vigentes, tendo assim uma disposição ambientalmente correta (KUMAR et al., 2016).

Sendo assim, uma boa e eficiente tecnologia para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos e efluentes é a digestão anaeróbia (DA), que por meio de processos bioquímicos transforma os resíduos em um valioso combustível, o biogás, e o digerido, que é uma substância rica em nutrientes. No entanto, essa é uma das formas mais sustentáveis para a disposição dos resíduos sólidos orgânicos, além de resultar em benefícios ambientais e econômicos, aumenta a vida útil dos aterros sanitários (DI MARIA et al., 2015).

A fim de melhorar o rendimento da digestão anaeróbia, emprega-se a codigestão, que consiste em utilizar uma variedade de substratos (diferentes tipos de resíduos sólidos orgânicos e efluentes), com o intuito de melhorar a estabilidade do processo e o desempenho da biodegradação da matéria orgânica. Outros fatores afetados positivamente são a inibição de possíveis compostos tóxicos, melhora o balanço de nutrientes, efeito sinérgico de microrganismos e consequentemente melhor eficiência na geração do biogás (HUANG et al., 2016).

Um dos parâmetros operacionais mais importantes da digestão anaeróbia é a temperatura, pois ela afeta diretamente a atividade dos microrganismos presentes no processo (YAN et al., 2015). Em geral, os digestores anaeróbios são operados a uma temperatura mínima de 20 °C e máxima de 60 °C, onde as duas principais faixas de temperatura responsáveis pela produção de metano são mesofílicas (20 °C – 40 °C) e termofílicas (50 °C – 65 °C) cujas temperaturas ideais são 35 °C e 55 °C, respectivamente (LIN et al., 2016).

O biogás é uma fonte alternativa de energia renovável, que pode ser usada para substituir combustíveis fósseis na produção de energia e calor ou até mesmo como combustível para veículos, reduzindo drasticamente as emissões dos gases de efeito estufa em comparação aos combustíveis derivados do petróleo. Além disso, seu produto resultante da digestão anaeróbia pode ser usado como fertilizante no solo (WEILAND, 2010).

Atualmente a transformação de resíduos em energia despertou grande interesse e estão sendo aplicados como fontes de energia renováveis, sejam através de resíduos sólidos municipais, resíduos agrícolas ou águas residuais (efluentes). Essa conversão de resíduos em produtos de bioenergia pode fornecer simultaneamente uma prática eficaz de gerenciamento de resíduos e reduzir a dependência de fontes de energia convencionais, intensificando o uso de energias limpa (AZIZ et al., 2019).

OBJETIVO

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar a influência da temperatura na produção de biogás via codigestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos de um restaurante universitário com efluente de uma indústria de beneficiamento de arroz.

METODOLOGIA

Para a confecção dos biodigestores com o intuito de serem de baixo custo foram utilizadas garrafas de Politereftalato de Etileno (PET) de 1 litro com um volume total de 1,065dm³.

E para o sistema de medição da quantidade de biogás produzido usou-se o princípio do deslocamento de líquidos entre dois frascos comunicantes, onde um deles funciona como reservatório e o outro é graduado em mililitros, como mostra a Figura 1:



Figura 1: Biodigestor conectado ao medidor de biogás

Fonte: Nadaleti et al., 2020

O efluente e o lodo utilizados no experimento foram obtidos do UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor) de uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria de beneficiamento de arroz localizada no município de Pelotas/RS. Já os resíduos sólidos orgânicos foram provenientes do descarte da cozinha do restaurante universitário da Universidade Federal de Pelotas, os quais passaram pelos processos de caracterização, trituração e diluição.

Cada biodigestor foi nomeado de acordo com a sua alimentação, onde seis receberam a letra R e continham resíduos sólidos orgânicos alimentares, enquanto outros seis receberam a nomeação RE, contendo além dos resíduos sólidos orgânicos alimentares, efluente oriundo do processo da parboilização de arroz. Em todos os biodigestores adicionou-se ainda, lodo também proveniente do processo da parboilização de arroz, o qual funciona como inóculo no sistema. A operação dos biodigestores foi realizada em batelada simples, recebendo alimentação somente no início de seu ciclo.

O experimento foi realizado em triplicata para cada composição (R e RE) controlando-se a temperatura de 35°C com o auxílio de um banho de aquecimento com termostato Fisatom (modelo 572) e outras duas triplicatas (R e RE) foram mantidas em temperatura ambiente, em média à 22°C, como descrito na Tabela 1:

Tabela 1: Descrição dos Biorreatores

Biodigestor	Alimentação	Temperatura média
R22	Resíduos alimentares e lodo	22°C
R35	Resíduos alimentares e lodo	35°C
RE22	Resíduos alimentares, lodo e efluente	22°C
RE35	Resíduos alimentares, lodo e efluente	35°C

Relacionando-se as diferentes temperaturas e composições de substrato, cada biodigestor recebeu uma numeração para facilitar a quantificação do biogás produzido, onde RE (1 a 3) e R (4 a 6) foram mantidos à 35°C, já RE (7 a 9) e R (10 a 12) foram mantidos em temperatura ambiente (22°C). Pôde-se, assim, realizar uma média entre as triplicatas e numerar com a respectiva temperatura de operação, resultando-se nos biodigestores R22, RE22, R35 e RE35.

RESULTADOS

A Figura 2 mostra o total de produção de biogás durante o processo de codigestão anaeróbia. Nota-se que a produção de biogás no biodigestor RE22 foi de 5,47 dm³ e no RE35 7,45 dm³. Já os biodigestores R22 e R35, mantidos em mesma temperatura e diferenciando-se apenas sua composição, obtiveram uma produção de 3,05 e 5,09 dm³, respectivamente:

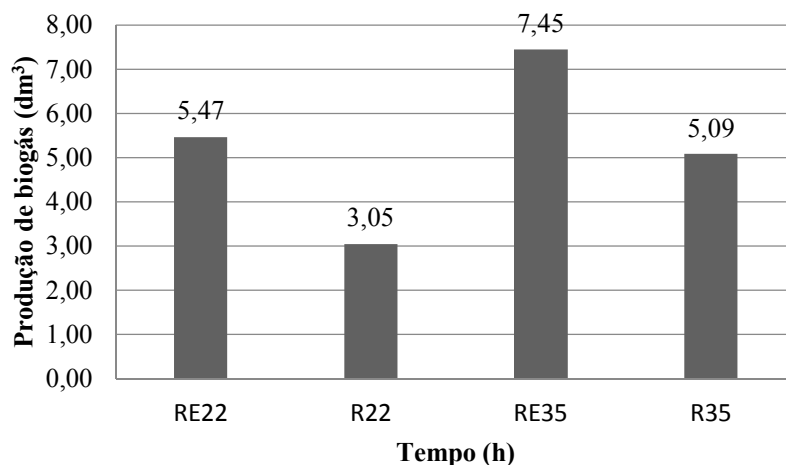


Figura 2: Produção de biogás
Fonte: Autores do Trabalho.

O melhor resultado de produção de biogás foi alcançado em temperatura de 35 °C, sendo RE35 a produção de 7,45 dm³, mostrando que a temperatura foi um dos fatores que aumentaram a eficiência da geração do gás, sendo esta considerada ótima para o processo, comprando aos biodigestores que foram operados a temperatura ambiente (22°C). E o outro biodigestor que teve uma boa produção de biogás foi o RE22 que atingiu o total de 5,47 dm³, que mesmo em temperatura ambiente o fator que ajudou aqui na produção foi o uso do efluente da parboilização de arroz, melhorando assim o substrato utilizado no processo.

O processo de digestão anaeróbia pode ser observado em três faixas de temperatura, relacionados com o crescimento microbiano: a faixa psicrófila compreendida, aproximadamente, entre 4 e 15 °C, a mesofílica entre 20 e 40 °C e a termofílica acima de 45 °C, sendo apontadas como fase ótima para o processo as últimas duas faixas. (METCALF e EDDY, 2014).

A temperatura é um fator de grande importância nos processos anaeróbios, pois está associada ao crescimento, manutenção e metabolismo das bactérias (CHERNICHARO, 2007). E existindo variações na temperatura durante a digestão anaeróbia, pode resultar na alteração dos produtos, na eficiência da remoção de matéria orgânica e na produção de biogás (JEONG et al., 2014).

Um dos pontos importantes a serem avaliados na digestão anaeróbia para que não se tenha perda na geração de biogás é a manutenção da temperatura, que deve ser uniforme dentro do reator, caso contrário é capaz de comprometer todo o processo, visto que o aumento ou declínio abrupto da temperatura pode obstruir as populações microbianas, principais agentes da produção do biogás (PINHEIRO, 2006).

Um dos pontos positivos dos sistemas mesofílicos é que apresenta maior estabilidade do processo e maior diversidade de bactérias, mas os baixos rendimentos de biogás e baixa biodegradabilidade são pontos de extrema importância a serem estudados, a fim de obter uma maior eficiência e resultados positivos nos processos de digestão anaeróbia (BOWEN et al., 2014).

O processo de digestão anaeróbia termofílico possui algumas vantagens em relação ao mesofílico, como taxas de reações mais rápidas e maior produtividade, por outro lado pode ocorrer uma maior acidificação do meio, diminuir a estabilidade do processo, pode gerar um efluente de baixa qualidade, além disso, esse processo é mais sensível às mudanças ambientais do que no processo mesofílico (MAO et al., 2015).

Em estudo realizado por NADALETI et al., (2018), no qual produziu-se biogás por meio da digestão anaeróbia utilizando lodo e efluente da parboilização de arroz, o autor pôde observar que a temperatura de 35° C alcançou maiores volumes de biogás quando comparado à uma temperatura superior, totalizando uma produção de 5,198 dm³, corroborando com o resultado do presente estudo.



Lourenço (2017) avaliou o potencial de produção de biogás via codigestão do efluente da parboilização de arroz com resíduo de casca de banana à 35°C, onde obteve produção de até 8,49 dm³ em 168 horas de experimento em um biodigestor com volume total de 2,15 dm³. Neste mesmo período de tempo, o biodigestor com melhor resultado (RE35) obteve uma produção de gás de aproximadamente 6,17 dm³. O biodigestor utilizado no presente estudo apresenta um volume total de 1,065 dm³, portanto, o resultado de produção de biogás pode ser considerado satisfatório, considerando a diferença de volume dos biodigestores utilizados nos diferentes estudos.

Segundo LUSTOSA e MEDEIROS (2014), em seu estudo de revisão bibliográfica, para a digestão anaeróbia é positivo o uso de diferentes inóculos, como lodo de esgoto, esterco bovino, entre outros. Uma vez que seu uso melhora a cinética da digestão, aumenta a produção de biogás e colabora com o gerenciamento desse tipo de resíduo. Com isso, nota-se que o uso de lodo proveniente do processo da parboilização de arroz como inóculo no sistema trouxe maior eficiência para o processo, auxiliando na velocidade do mesmo e na produção do biogás.

De acordo com FERREIRA (2015), o uso de resíduos alimentares é uma alternativa promissora para a produção energética. Em seu estudo, realizado no campus universitário da Universidade Federal de Minas Gerais, trabalhou com a produção de biogás via digestão anaeróbia dos resíduos sólidos orgânicos do restaurante universitário e obteve resultados significantes para a produção do biogás. Salientou que o gás gerado pode ser utilizado no restaurante para cozimento dos alimentos ou para geração de energia térmica para o próprio processo, mostrando assim que é uma alternativa viável de aproveitamento de resíduos e que possui um grande potencial energético.

CONCLUSÕES

A temperatura que mostrou maior desempenho para a produção de biogás foi a de 35°C, com o biodigestor RE35, onde se atingiu o maior valor na produção de biogás de 7,45dm³. No entanto, no biodigestor a temperatura ambiente RE22 também alcançou bons resultados, totalizando 5,47dm³ de produção de biogás, nota-se que além da temperatura o fator que auxiliou na produção do gás foi o uso do efluente de parboilização de arroz.

Além disso, percebe-se que na faixa de temperatura mesofílica ocorre maior atividade microbiana e, conseqüentemente, maior produção do biogás. Sendo assim o uso da codigestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos é uma alternativa considerada positiva e promissora para esse tipo de produção energética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe). Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil- 2017. São Paulo: **Abrelpe**; 2017.
2. AZIZ, NUR IZZAH HAMNA ABDUL; HANAFIAH, MARLIA M.; ALI, MOHAMED YASREEN MOHAMED. Sustainable biogas production from agrowaste and effluents—A promising step for small-scale industry income. **Renewable energy**, v. 132, p. 363-369, 2019.
3. BOWEN, E. J., DOLFING, J., DAVENPORT, R. J., READ, F. L., & CURTIS, T. P. (2014). Low-temperature limitation of bioreactor sludge in anaerobic treatment of domestic wastewater. **Water Science and Technology**, 69(5), 1004-1013.
4. CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 379f, 2007.
5. DI MARIA, F., SORDI, A., CIRULLI, G., GIGLIOTTI, G., MASSACCESI, L., & CUCINA, M. (2014). Co-treatment of fruit and vegetable waste in sludge digesters. An analysis of the relationship among bio-methane generation, process stability and digestate phytotoxicity. **Waste management**, 34(9), 1603-1608.
6. FERREIRA, B. O. **Avaliação de um sistema de metanização de resíduos orgânicos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, 124f, 2015.
7. HUANG, X., YUN, S., ZHU, J., DU, T., ZHANG, C., & LI, X. (2016). Mesophilic anaerobic co-digestion of aloe peel waste with dairy manure in the batch digester: Focusing on mixing ratios and digestate stability. **Bioresource technology**, 218, 62-68.



8. JEONG, J.; SON, S., PYON; J.; PARK, J. Performance comparison between mesophilic and thermophilic anaerobic reactors for treatment of palm oil mill effluent. **Bioresource Technology**, v.165, p.122-128, 2014.
9. KUMAR, A., & SAMADDER, S. R. (2017). A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste. **Waste Management**, 69, 407-422.
10. LIN, Q., DE VRIEZE, J., HE, G., LI, X. & LI, J. (2016). A temperatura regula a produção de metano através da função centralização da comunidade microbiana na digestão anaeróbica. **Bioresource Technology**, 216, 150-158.
11. LOURENÇO, V. A. **Produção de biogás via co-digestão anaeróbia de efluente da parboilização do arroz e resíduos sólidos orgânicos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 57f, 2017.
12. LUNA, M. L. D. DE, LEITE, V. D., LOPES, W. S., SOUSA, J. T. DE, & SILVA, S. A. (2009). Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Engenharia Agrícola**, 29(1), 113-121.
13. LUSTOSA, G. N.; MEDEIROS, I. H. B. **Proposta de um biodigestor anaeróbio modificado para produção de biogás e biofertilizante a partir de resíduos sólidos orgânicos**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 72f, 2014.
14. MAO, C., FENG, Y., WANG, X., & REN, G. (2015). Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. **Renewable and sustainable energy reviews**, 45, 540-555.
15. METCALF; EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery**. New York: McGraw-Hill, 5.ed., 2048f, 2014.
16. 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.
17. NADALETI, W. C., LOURENÇO, V. A., DOS SANTOS, G. B., DE SOUZA, E. G., DOS SANTOS, G. A. A., DE MATOS OLIVEIRA, A. F., ... & DE FREITAS SANTOS, R. (2020). PRODUÇÃO DE BIOGÁS ATRAVÉS DE CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS INDUSTRIAIS E URBANOS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 11(6).
18. PINHEIRO, D. M. **Influência da velocidade de recirculação no tratamento anaeróbio de esgoto sintético em biorreator operado em batelada sequencial contendo biomassa granulada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 116f, 2006.
19. WEILAND P. Biogas production: current state and perspectives. **Application of Microbiology and Biotechnology** 2010;85:849-60.
20. YAN, Z., Song, Z., Li, D., Yuan, Y., Liu, X., & Zheng, T. (2015). The effects of initial substrate concentration, C/N ratio, and temperature on solid-state anaerobic digestion from composting rice straw. **Bioresource Technology**, 177, 266-273.
21. ZHANG, C., Su, H., Baeyens, J., & Tan, T. (2014). Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 38, 383-392.
22. ZHANG, L., Loh, K. C., & Zhang, J. (2019). Enhanced biogas production from anaerobic digestion of solid organic wastes: Current status and prospects. **Bioresource Technology Reports**, 5, 280-296.