

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS DA CULTURA DA BANANA INOCULADO COM DEJETO ANIMAL EM ENSAIO BMP

DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020478-493>



Rafaela Franqueto¹
Ester Kelly Starick²
Joel Dias da Silva³

RESUMO

Os resíduos do agronegócio apresentam potencial de reaproveitamento, em especial, por seu valor energético, na utilização como matéria-prima (biomassa) para produção de biogás. Neste processo de reaproveitamento, o ensaio do Potencial Bioquímico de Metano (BMP) pode ser utilizado na determinação de quão representativo é este potencial, ajudando na tomada de decisão na escolha de processos de valorização. O BMP é um ensaio efetuado em laboratório, em condições controladas, segundo recomendações de normas técnicas. Neste contexto, o presente estudo buscou determinar o potencial de geração de biogás a partir de resíduos de cultura de banana inoculado com dejetos animais em diferentes proporções utilizando BMP. O trabalho constituiu-se, inicialmente, de uma revisão bibliográfica, e posteriormente de ensaio experimental. Na etapa experimental, realizou-se: coleta e secagem dos resíduos (folha de bananeira e dejetos bovinos), a realização de análises (série de sólidos, umidade, pH), que permitiram determinar as proporções a serem trabalhadas no ensaio experimental, montagem e o monitoramento dos reatores BMP por 60 dias por meio da verificação da variação de temperatura e pressão. Após os 60 dias, os resultados foram analisados levando em consideração a configuração (dejetos bovinos:folha de bananeira), quando por fim foi possível determinar que o reator C (10:1) foi aquele que apresentou os melhores resultados para a geração de

¹ Doutoranda em Engenharia Ambiental, Mestra em Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenheira Ambiental. Universidade Regional de Blumenau. rafaela.eng@meioambiente.eng.br

² Acadêmica do Curso de Engenharia Química, Bolsista PIBIC – CNPQ. Universidade Regional de Blumenau. esterkelly51@gmail.com

³ Engenheiro Sanitarista Mestre e Doutor em Engenharia Ambiental, Professor Pesquisador, do curso de Engenharia de Produção e Design; Mestrado e Doutorado em Engenharia Ambiental do Programa de Pós-Graduação. Universidade Regional de Blumenau. dias_joel@hotmail.com

biogás quando comparado com os demais reatores, com uma produção máxima de 0,83 NmL de biogás no 36º. dia. O reator A (proporção 1:1) e reator B (proporção 4:1) alcançaram a produção máxima no 7º. dia e 8º. dia; respectivamente, ambos com 0,35 NmL.

Palavras-chave: Folha de bananeira. Dejeito bovino. Codigestão anaeróbia. Biogás.

DETERMINATION OF BIOGAS GENERATION POTENTIAL FROM BIODIGESTION WASTE ANAEROBIC CULTURE BANANA INOCULATED WITH ANIMAL WASTE IN TEST BMP

ABSTRACT

Agribusiness waste has potential for reuse, especially for its energy value, as a raw material (biomass) for biogas production. In this reuse process, the Biochemical Methane Potential (BMP) assay can be used to determine how representative this potential is, aiding decision making in choosing recovery processes. BMP is a laboratory test performed under controlled conditions, following the recommendations of technical standards. In this context, the present study aimed to determine the potential for biogas generation from banana crop residues inoculated with animal waste in different proportions using BMP. Initially, the work consisted of a literature review, and later an experimental essay. In the experimental stage, it was carried out: collection and drying of the residues (banana leaf and bovine waste), the accomplishment of analyzes (series of solids, humidity, pH), that allowed to determine the proportions to be worked in the experimental test, assembly and monitoring of BMP reactors for 60 days by checking temperature and pressure variation. After 60 days, the results were analyzed considering the configuration (bovine waste: banana leaf), when it was finally possible to determine that the reactor C (10: 1) was the one that presented the best results for biogas generation. when compared to the other reactors, with a maximum production of 0.83 NmL of biogas at 36º. day. Reactor A (1: 1 ratio) and Reactor B (4: 1 ratio) achieved maximum production at 7th. day and 8th. day; respectively, both with 0.35 NmL.

Key words: Banana leaf. Bovine waste. Anaerobic codigestion. Biogas.

1 INTRODUÇÃO

O setor do agronegócio tem acentuado sua participação nos impactos provocados ao meio ambiente, sendo responsável pelo maior volume de biomassa produzida (BILOTTA; ROSS, 2016). A biomassa é uma das maiores fontes de energia disponíveis nas áreas rurais e agroindustriais, e apresenta-se na forma de resíduos vegetais e animais, tais como restos colheita, dejetos animal e efluentes agroindustriais (SOUZA, SORDI, OLIVA, 2002; FERNANDES et al. 2011), como potencial fonte para a produção de energia renovável (EBNER et al. 2015).

Diante deste cenário, processos como a digestão anaeróbia e codigestão anaeróbia têm se destacado como alternativas (KYTHREOTOU; FLORIDES e TASSOU, 2014) de produção de energia renovável através do aproveitamento do biogás e a redução do impacto ambiental (acarretado pela destinação inadequada dos resíduos) (GOMES; CAPPI, 2011).

A digestão anaeróbia é um dos processos que valoriza o resíduo orgânico (BROWNE; ALLEN e MURPHY, 2014), apresentando como principal produto, o biogás (DONOSO- BRAVO et al., 2011). A AD atua somente com a degradação de um resíduo orgânico; já a AcoD utiliza dois ou mais resíduos (XIE et al., 2011; ORRICO et al., 2015;), com diferentes características, em um mesmo ou reator (KAFLE; KIM, 2013), buscando melhorar o desempenho da digestão através da otimização da produção de biogás (ABOUELENIEN et al. 2016), reduzindo o teor de sólidos (GOU et al. 2014), permitindo o aumento da diversidade de micro-organismos atuantes (WICKHAM et al. 2016; NEGI et al. 2018).

O estudo da produção do biogás por meio valorização de dejetos de animais consorciados com resíduos agrícolas tem sido amplamente citada na literatura (VALERO et al. 2016; XIE et al. 2016; WICKHAM et al. 2016; LI et al. 2018). No Brasil, verifica-se o grande potencial de disponibilidade agrônômica dos principais resíduos do agronegócio brasileiro, indicando que mais de 50% dos resíduos do setor poderão ser reutilizados para produção de energia, a partir da obtenção do biogás (FORSTER-CARNEIRO et al., 2013).

A pecuária nacional é predominantemente extensiva (KONRAD et al. 2016) e o país tornou-se um dos maiores produtores mundiais de gado bovino, suíno e de frangos. No estado de Santa Catarina, no ano de 2016, o rebanho bovino totalizava 4.79 milhões de (EPAGRI, 2017) e está presente em todos os

municípios catarinenses.

Em relação a produção de banana, segundo dados disponibilizados pela EPAGRI (2017), no ano de 2014, a cultura de banana foi a fruta mais consumida no mundo, representando 13% de todas as frutas produzidas. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de banana com mais de 6.7 milhões de toneladas da fruta (IBGE, 2016). Os principais estados produtores brasileiros de banana são: Bahia, São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina. Em Santa Catarina, as mesorregiões do Norte Catarinense, Vale do Itajaí e do Sul Catarinense garantem a quarta posição do Estado na produção de banana, visto que, segundo a EPAGRI (2017), a produção no ano de 2017, aproximadamente 720.259 toneladas de banana. Fernandes et al. (2013) reportam que, para cada tonelada da fruta colhida, são produzidas aproximadamente 4 toneladas de resíduos vegetais.

Confirma-se, então, a necessidade do desenvolvimento de processos que priorizem a valorização de resíduos do agronegócio (origem animal ou agrícola), diante do grande potencial na produção de biogás.

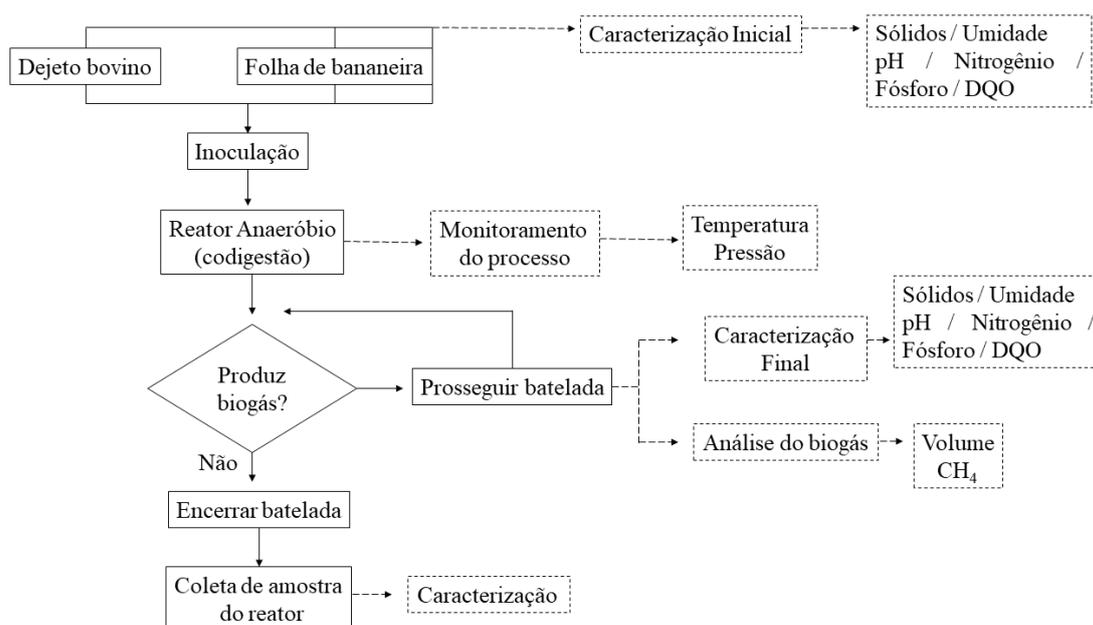
2 METODOLOGIA

O trabalho constitui na investigação de otimização do potencial de produção de biogás a partir de resíduos agrícolas (folha de bananeira) em proporções distintas com dejetos bovinos e sob efeitos da variação de temperatura (36°C a 60°C), para simular um ambiente natural, sem o controle da temperatura.

Primeiramente, uma etapa teórica foi realizada através do levantamento bibliográfico com temas abordados referentes a: produção do biogás, bovinocultura e os resíduos agrícolas, através da base de dados do Science Direct, em periódicos com elevado fator de impacto e disponibilidade ao acesso na íntegra. Outras bases de dados utilizadas foram: Portal Periódicos da CAPES, Scielo. Para identificar os principais resíduos do setor do agronegócio no Brasil, foram utilizadas as publicações oficiais de órgãos governamentais como EPE (Empresa de Pesquisa Energética), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e estatística) no que se refere a bovinocultura e cultura da banana.

A Figura 1 apresenta o detalhamento da etapa experimental.

Figura 1: Detalhamento da etapa experimental.



Fonte: Autores (2019)

2.1 Amostragem dos resíduos

Os resíduos utilizados no presente estudo consistiram em dejeto bovino e folha de bananeira. Ambos foram coletados em propriedades rurais da região do Vale do Itajaí, no Estado de Santa Catarina, Brasil.

Em laboratório, o dejeto foi homogeneizado manualmente e então, eram retiradas pequenas porções para determinação do teor de sólidos, umidade, nitrogênio, fósforo e demanda química de oxigênio.

A folha de bananeira foi seca ao sol e, em laboratório, efetuou-se a moagem (3-5 mm) por um moinho de facas, para manter a homogeneidade, uma vez que, quanto menor for a granulometria, maior será a área superficial (TSAPEKOS et al. 2017; KAINTHOLA et al. 2019). Após a moagem, a folha de bananeira foi armazenada à temperatura ambiente em sacos plásticos até o ensaio de biodigestão anaeróbia.

2.2 Análises laboratoriais

A determinação dos Sólidos Totais (ST), Sólidos Voláteis (SV), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio, Fósforo, pH foram mensurados de acordo com a metodologia descrita pela APHA (2012), a fim de avaliar o comportamento dos resíduos pré e pós biodigestão anaeróbia.

2.3 Configurações experimental dos reatores anaeróbios (em regime batelada)

Para estudo da biodigestão folha de bananeira com dejetos bovinos foi utilizado ensaio de biodegradabilidade para determinação da produção de biogás (EBNER et al. 2016; FITAMO et al. 2017) em reator do tipo batelada.

Foram utilizados no ensaio, frascos de vidro, dotados de tampa de nylon com rosca e equipado com válvula para saída de gás e um manômetro (range de leitura de 0 a 2.5 kgf.cm⁻² e escala de 0.20 kgf.cm⁻²) para a leitura da pressão interna dos frascos; com volume total de 250 mL, sendo 100 mL de headspace e volume de trabalho de 150 mL, como apresentado na Figura 2.



Figura 2: Reatores anaeróbios utilizados no ensaio.



Fonte: Autores (2019)

Para o ensaio, foi selecionado como parâmetro inicial para determinação das proporções os sólidos totais (ST). A concentração inicial de sólidos no sistema foi ajustada entre 15% a 20%, baseado em estudo de Xin et al. (2018).

Os reatores foram montados em triplicata a fim de calcular o desvio padrão dos resultados obtidos para produção do biogás (em volume) e foram determinadas as seguintes proporções, baseados no ST:

- Reator A: 1:1 (3 g de folha de bananeira e 3g de dejetos bovinos)
- Reator B: 1:4 (1 g de folha de bananeira e 4 g de dejetos bovinos)
- Reator C: 1:10 (1 g de folha de bananeira e 10 g de dejetos bovinos)
- Reator Controle: 0:1 (0 g de folha de bananeira e 50 g de dejetos bovinos)

Todos os reatores contendo as proporções foram submetidos a fluxo de gás nitrogênio (N₂) (pureza de 99,9%) no headspace, durante 5 min; garantindo assim, segundo Li et al. (2015), as condições de anaerobiose e pressão interna.

Em seguida, os reatores foram lacrados e acondicionados em câmara incubadora (MA1415/275), sob efeito de variações de temperatura (36 a 60°C). O objetivo de variar a temperatura era para determinar qual a temperatura ótima para a biodigestão anaeróbia dos resíduos. O procedimento para a variação da temperatura foi seguindo as recomendações de Ziganshin et al. (2013) e foi realizada gradualmente, aumentando de 2 em 2°C, a cada três ou cinco dias, a fim de ocorrer a adaptação dos micro-organismos anaeróbios presente na massa dos resíduos.

2.4 Monitoramento da produção de biogás

O método utilizado para determinação do volume de biogás produzido foi o método manométrico, reportados nos estudos de Angelidaki et al. (2009); Elbeshbishy; Nakhla; Hafez (2012).

Nesse método, para a obtenção do volume de biogás produzido, foram monitoradas diariamente: pressão interna dos frascos, externa (ambiente). Os valores de pressão foram então convertidos em volume de biogás (LABATUT; ANGENENT; SCOTT 2011). Para a obtenção dos valores reais de produção de biogás, a partir da palha, o volume de biogás foi subtraído do valor de biogás no reator controle, conforme procedimento descrito por Angelidaki et al. (2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização físico-química dos resíduos utilizados nos ensaios

Os resíduos utilizados (folha de bananeira e dejetos bovinos) no estudo foram caracterizados conforme parâmetros físico-químicos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização (isolada) dos resíduos utilizados.

Resíduo	ST (%)	SV (%)	Umidade (%)	pH
Dejeto bovino	19,70	88,36	82,00	6,75
Folha de bananeira	88,15	85,54	10,28	7,78

Fonte: Autores (2019)

Verifica-se na Tabela 1 que o percentual de ST, a maior parte foi quantificada como SV. Os resíduos apresentam teores relativamente elevados de ST e SV e por consequência o seu uso é atrativo para ensaios de codigestão anaeróbia para fins de produção de biogás. Os valores encontrados em relação aos parâmetros ST e SV, para o dejetos bovinos, assemelham-se aos citados por Orrico et al. (2016) com ST 19.2% e SV 80.9%.

Todos os resíduos utilizados no ensaio (dejetos bovinos e folha de bananeira) foram previamente caracterizados antes e após o processo de digestão anaeróbia. Na Tabela 2 são mostradas as características físico-químicas detalhadas para cada reator referente ao ensaio. Importante ressaltar que todos os parâmetros foram determinados em triplicata.

Tabela 2: Caracterização inicial e final dos reatores.

Parâmetro	Reator A	Reator B	Reator C	Reator Controle
-----------	----------	----------	----------	-----------------

	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ST (%)	15	11	18	13	16	9	19	14
SV (%)	82	63	79	61	89	42	81	51
Umidade (%)	84	89	82	87	84	91	81	86
DQO (g.L⁻¹)	66,23	27,02	68,33	26,76	84,67	16,09	83,64	40,13
P (g.L⁻¹)	1,00	0,70	0,60	0,30	0,70	0,11	4,00	3,00
N (g.L⁻¹)	0,40	0,15	0,60	0,20	1,65	0,50	1,60	0,70
pH	8,2	8,7	7,9	7,8	8,3	7,1	7,01	7,3

Fonte: Autores (2019)

A partir dos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que houve remoção da matéria orgânica inicial, que é representada pelos parâmetros DQO e SV. Para o reator C é verificado a eficiência de redução de ST de 447%, SV de 53 e DQO de 81%, representando a maior taxa de produção de biogás (BARUA; RATHORE; KALAMDHAD, 2019) promovendo desta forma uma adequada disponibilidade de nutrientes para os micro-organismos responsáveis pela degradação dos resíduos (ORRICO et al. 2016) quando comparada as demais: reator A (ST 27%, SV 23% e DQO 59%), reator B (ST de 28%, SV de 23% e DQO de 61%) e Controle (ST de 26%, SV de 37% e DQO de 52%). Os valores mais baixos para a remoção de ST, SV e DQO coincidem com os reatores que apresentaram a menor produção de biogás, ou seja, reatores A e B.

Os valores de umidade iniciais dos reatores aproximam-se da faixa mencionadas por Andreoli et al. (2003) e USEPA (1991) como ideal para o processo de biodigestão anaeróbia (60 a 90%). Como a folha de bananeira foi previamente seca, toda a umidade da amostra era proveniente do dejetos bovino (umidade inicial de 96%).

Para os parâmetros P e N; as maiores reduções ocorreram para o reator C (P de 84% e N de 70%), seguido do reator B (P de 50% e N de 70%), reator A (P de 30% e N de 62%) e por fim, o reator Controle (P de 25% e N de 56%).

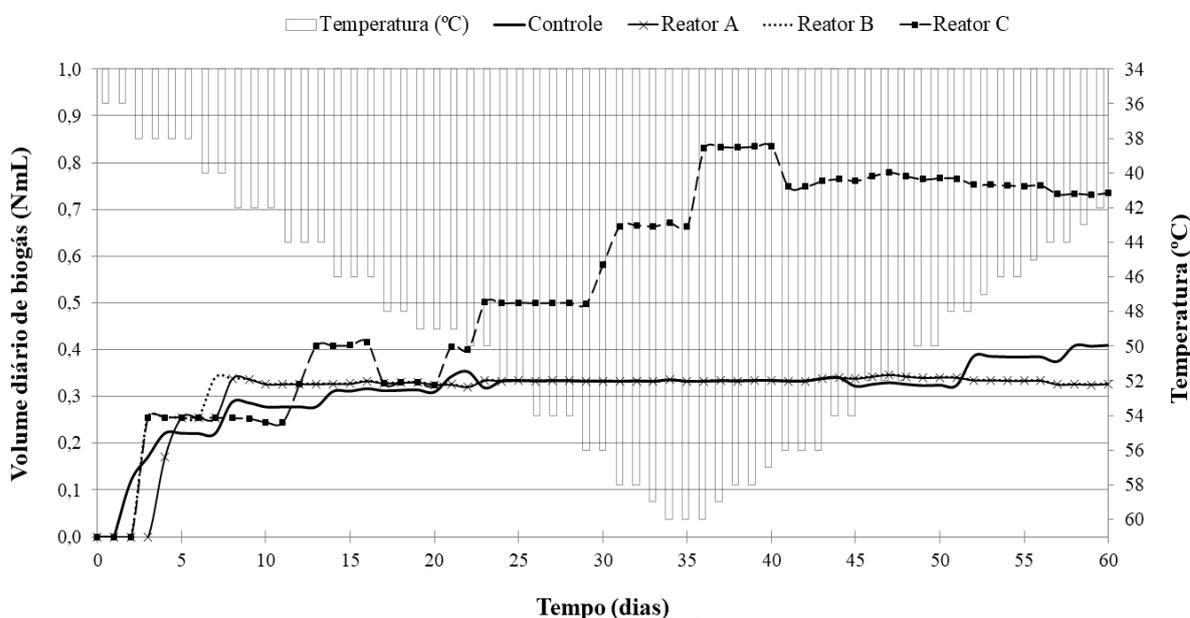
Em relação ao pH, os valores para os reatores eram, adequados, ou seja, próximos da neutralidade (6,5 a 8,5) para a produção de biogás (CHANDRA; TAKEUCHI; HASEGAWA, 2012; WANG et al. 2014).

Nenhum dos parâmetros estudados, isoladamente, são capazes de avaliar o processo de biodigestão anaeróbia e devem ser considerados em conjunto com outros dados, como produção de biogás. Entretanto, considerando que é previsível a conversão dos sólidos voláteis a biogás, os resultados apresentados são coerentes, tendo em vista a maior eficiência de remoção de DQO em relação à eficiência de remoção de SV.

3.2 Taxa de produção diária de biogás

O ensaio foi monitorado por um período de 60 dias, com verificação do potencial de produção de biogás sendo diário; através da variação de pressão obtida nos manômetros. A Figura 3 apresenta a taxa de produção diária de biogás de cada reator (em triplicata) em função da variação de temperatura.

Figura 3: Taxa de produção diária de biogás.



A taxa de produção diária de biogás, verifica-se que a produção máxima atingida foi aproximadamente no 7º. dia para o reator A, com 0,35 NmL; 8º. dia para o reator B, também com 0,35 NmL e 36º. dia para o reator C, com 0,83 NmL. É verificado que o reator C aumentou e acelerou significativamente a

produção diária de biogás quando comparado ao reator controle. Nesse sentido, o potencial de produção de biogás é fortemente influenciado pelas diferentes proporções de resíduos.

É possível observar também que, as curvas das proporções apresentaram comportamento semelhante, evidenciando uma relativa uniformidade na condução do ensaio. Verificou-se que os reatores A, B e Controle alcançaram a máxima produção de biogás logo nos primeiros dias, contudo, após o 8º. dia, a produção diária de biogás manteve-se estável, quando comparada aos primeiros dias de monitoramento e apresentando um pequeno declínio ao final do ensaio. Uma possível explicação para o pico de produção de biogás nos primeiros dias está relacionada, segundo Işik; Polat, (2018), com a presença de substâncias facilmente biodegradáveis nos resíduos; acelerando a degradação da matéria orgânica para forma de biogás (XIN et al. 2018).

3.3 Influência da exposição a temperatura na produção de biogás

Em relação a influência da variação de temperatura, apesar dos reatores A e B apresentarem produções inferiores aos encontrados para o reator controle, os dois mantiveram o perfil de produção de biogás durante os 60 dias de monitoramento, mesmo apresentando oscilações leves de temperatura, portanto adaptando-se nas duas condições de temperatura expostas (mesofílicas e termofílicas). O reator C adaptou-se bem as condições de variações de temperatura e conseguiu desta forma, otimizar o potencial efetivo da degradação da biomassa e elevar o potencial de produção de biogás (CERRILLO; VIÑAS; BONMATÍ, 2017) quando comparado aos demais reatores.

Dependendo da oscilação de temperatura, acarretaram algumas interferências no potencial de produção de biogás entre todos os reatores e, desta forma, explica-se o fato das variações de temperatura na produção de biogás nos reatores. Tietz et al. (2013), confirma o proposto para o presente ensaio, visto que, ao avaliarem a influência da variação de temperatura na produção de biogás a partir de dejetos de bovinos, a produção de biogás foi influenciada pelas variações bruscas de temperatura, afetando a atividade dos micro-organismos, resultando na redução da produção de biogás.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio mostrou ser uma alternativa viável, de fácil utilização e baixo custo operacional para ensaios laboratoriais para o acompanhamento e monitoramento da codigestão anaeróbia e na determinação do potencial de produção de biogás para os resíduos empregados.

Ressalta-se que, a codigestão folha de bananeira com dejetos bovinos proporcionou um equilíbrio de nutrientes (nitrogênio, fósforo). Desta forma, verificou-se que o dejetos bovino apresenta percentual alto de sólidos totais e sólidos voláteis, os quais possuem grande importância na biodigestão anaeróbia, uma vez que estes se convertem em biogás.

Concluiu-se com o ensaio em questão, que o reator C (proporção 1:10) foi a que apresentou a produção máxima diária de 0,83 NmL de biogás no 36º dia de ensaio. Tanto o reator A (proporção 1:1) quanto o reator B (proporção 4:1) alcançaram a produção máxima diária, no 7º dia e 8º dia; respectivamente, ambos com 0,35 NmL de produção de biogás.

Em relação à temperatura, os reatores apresentaram adaptação para as duas condições testadas: mesofílica e termofílica. Essa ocorrência é um fator muito significativo, visto que mostra sinergismo entre os resíduos testados. Apesar da adaptabilidade verificada, a condição mesofílica (20 – 45°C) foi a que apresentou os melhores resultados e foi definida como a mais propícia para a produção de biogás direcionada aos dois resíduos; devido à maior estabilidade, demandando menores gastos energéticos.

O ensaio mostrou que o sucesso da aplicação da codigestão anaeróbia para produção de biogás depende da qualidade e quantidades dos resíduos; visto que foi possível verificar diferenças de produção de biogás para as proporções utilizados. Por fim, a codigestão anaeróbia se destaca como uma alternativa sustentável para a gestão da destinação de resíduos agrícolas e reduz uma parcela significativa das emissões de metano ao meio ambiente, transformando de um passivo ambiental para potencial para a produção de energia.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e PIBIC/CNPQ da Universidade Regional de Blumenau – FURB.

REFERÊNCIAS

ABOUELENIEN, F.; NAMBA, Y.; NISHIO, N.; NAKASHIMADA, Y. Dry Co-Digestion of Poultry Manure with Agriculture Wastes. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 178, p. 932–946, 2016.

ANDREOLI, C.V. Secagem e higienização de lodos com aproveitamento de biogás, In: Cassini, S. T. (Ed.), **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**, Rio de Janeiro: ABES, Rima, pp. 121-165, 2003.

BARUA, V.B.; RATHORE, V.; KALAMDHAD, A.S. Anaerobic co-digestion of water hyacinth and banana peels with and without thermal pretreatment. **Renewable Energy**, v. 134, p. 103-112, 2019.

BILOTTA, P.; ROSS, Z. L. Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos. **Revista Engenharia Sanitária**, v. 21, p. 275–282, 2016.

BROWNE, J.D.; ALLEN, E.; MURPHY, J.D. Assessing the variability in biomethane production from the organic fraction of municipal solid waste in batch and continuous operation. **Applied Energy**, v. 128, p. 307–314, 2014.

CERRILLO, M.; VIÑAS, M.; BONMATÍ, A. Unravelling the active microbial community in a thermophilic anaerobic digester-microbial electrolysis cell coupled system under different conditions. **Water Research**, v. 110, p. 192-201, 2017.

CHANDRA, R.; TAKEUCHI, H.; HASEGAWA, T. Hydrothermal pretreatment of rice straw biomass: A potential and promising method for enhanced methane production. **Applied Energy**, v. 94, p. 129–140, 2012.

DONOSO-BRAVO, A.; MAILIER, J.; MARTIN, C.; RODRÍGUEZ, J.; ACEVES-LARA, C.A.; WOUWER, A.V. Model selection, identification and validation in anaerobic digestion: A review. **Water Research**, v. 45, p.5347–5364, 2011.

EBNER, J.H.; LABATUT, R.A.; RANKIN, M.J.; PRONTO, J.L.; GOOCH, C.A.; WILLIAMSON, A.A.; TRABOLD, T.A. Lifecycle Greenhouse Gas Analysis of an Anaerobic Codigestion Facility Processing Dairy Manure and Industrial Food Waste. **Environmental Science and Technology**, v. 49, p.11199–11208, 2015.

EBNER, J.H.; LABATUT, R.A.; LODGE, J.F.S.; WILLIAMSON, A.A.; TRABOLD, T.A Anaerobic co-digestion of commercial food waste and dairy manure: characterizing biochemical parameters and synergistic effects. **Waste Management**, v. 52, p. 286-294, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2014-2015. 2017. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2015.pdf. Acesso em: 16 mar 2017.

FERNANDES, D.M.; SUZUKI, A.B.P.; VIEIRA, A.C.; ARAÚJO, I.R.C.; COSTANZI, R.N. Biomassa como fonte alternativa de energia. **Revista da madeira**. ed. 129. Novembro. 2011.

FERNANDES, E.R.K.; MARANGONI, C.; SOUZA, O.; SELLIN, N. Thermochemical characterization of banana leaves as a potential energy source. **Energy Conversion and Management**, v. 75, p. 603–608, 2013.

FITAMO, T.; TRIOLO, J.M.; BOLDRIN, A.; SCHEUTZ, C. Rapid biochemical methane potential prediction of urban organic waste with near-infrared reflectance spectroscopy. **Water Research**, v. 119, p. 242-251, 2017.

FORSTER-CARNEIRO, T.; BERNI, M.D.; DORILEO, I.L.; ROSTAGNO, M.A. Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 77, p. 78–88, 2013.

GOMES, F.O.de.C.; CAPPI, N. Redução de Sólidos de Dejetos de Poedeiras em Biodigestores Operados com Diferentes Tempos de Retenção Hidráulica. In: **Periódicos UEM**. Encontro de Iniciação Científica, v. 01, 2011.

GOU, C.; YANG, Z.; HUANG, J.; WANG, H.; XU, H.; WANG, L. Effects of temperature and organic loading rate on the performance and microbial community of anaerobic co-digestion of waste activated sludge and food waste. **Chemosphere**, v. 105, p.146–151, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agrícola municipal. 2016. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=44. Acesso em: 22 ago 2018.

IŞIK, E.H.B.; POLAT, F. Effects of pretreatments on the production of biogas from cow manure. **International Advanced Researches and Engineering Journal**, v. 2, p. 48– 52, 2018.

KAFLE, G.K.; KIM, S.H. Anaerobic treatment of apple waste with swine manure for biogas production: Batch and continuous operation. **Applied Energy**, v. 103, p. 61–72, 2013.

KAINTHOLA, J.; KALAMDHAD, A.S.; GOUD, V.V. Optimization of methane production during anaerobic co-digestion of rice straw and hydrilla verticillata using response surface methodology. **Fuel**, v. 235, p.92–99, 2019.

Konrad, O. et al. **Atlas das biomassas do Rio Grande do Sul para produção de biogás e biometano**. 1. ed. Lajeado: Ed. Univates, 2016.

KYTHREOTOU, N.; FLORIDES, G.; TASSOU, S.A. A review of simple to scientific models for anaerobic digestion. **Renewable Energy**, v. 71, p. 701–714, 2014.

LI, D.; LIU, S.; MI, L.; LI, Z.; YUAN, Y.; YAN, Z.; LIU, X. Effects of feedstock ratio and organic loading rate on the anaerobic mesophilic co-digestion of rice straw and cow manure. **Bioresource Technology**, v. 189, p. 319–326. 2015.

LI, Y.; LUO, W.; LU, J.; ZHANG, X.; LI, S.; WU, Y.; LI, G. Effects of digestion time in anaerobic digestion on subsequent digestate composting. **Bioresource Technology**, v. 267, p. 117–125, 2018.

NEGI, S.; DHAR, H.; HUSSAIN, A.; KUMAR, S. Biomethanation potential for co-digestion of municipal solid waste and rice straw: A batch study. **Bioresource Technology**, v. 254, p. 139–144, 2018.

ORRICO, A.C.A.; SUNADA, N.DA.S.; LUCAS JUNIOR, J.DE.; ORRICO JUNIOR, M.A.P.; SCHWINGEL, A.W. Codigestão anaeróbia de dejetos de suínos e níveis de inclusão de óleo de descarte. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, v. 35, p. 657-664, 2015.

ORRICO, A.C.A., LOPES, W.RT., MANARELLI, D.M., ORRICO JR, M.A.P., SUNADA, N.da.S. Codigestão anaeróbia dos dejetos de bovinos leiteiros e óleo de descarte. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, v. 36, p. 537-545, 2016.

TIETZ, C.M.; SOARES, P.R.H.; SANTOS, K.G.dos. Produção de energia pela biodigestão anaeróbia de efluentes: o caso da bovinocultura. **Acta Iguazu**, v. 2, p. 15–29, 2013.

TSAPEKOS, P.; KOUGIAS, P.G.; EGELUND, H.; LARSEN, U.; PEDERSEN, J.; TRÉNEL, P.; ANGELIDAKI, I. Mechanical pretreatment at harvesting increases the bioenergy output from marginal land grasses. **Renewable Energy**, v. 111, p. 914–921, 2017.

USEPA. **Air emissions from municipal solid waste landfills – Background information for proposed standards and guidelines**. United States Environmental Protection Agency, 1991.

VALERO, D.; MONTES, J.A.; RICO, J.L.; RICO, C. Influence of headspace pressure on methane production in Biochemical Methane Potential (BMP) tests. **Waste Management**, v. 48, p. 193-198, 2016.

WANG, K.; YIN, J.; SHEN, D.; LI, N. Anaerobic digestion of food waste for volatile fatty acids (VFAs) production with different types of inoculum: Effect of pH. **Bioresource Technology**, v. 161, p. 395–401, 2014.

WICKHAM, R. GALWAY, B.; BUSTAMANTE, H.; NGHIEM, L.D. Biomethane potential evaluation of co-digestion of sewage sludge and organic wastes. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 113, p. 03–08, 2016.

XIE, S.; LAWLOR, P.G.; FROST, J.P., HU, Z.; ZHAN, X. Effect of pig manure to grass silage ratio on methane production in batch anaerobic co-digestion of concentrated pig manure and grass silage. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 5728–5733, 2011.

XIE, S.; HAI, F.I.; ZHAN, X.; GUO, W.; NGO, H.H.; PRICE, W.E.; NGHIEM, L.D. Anaerobic co-digestion: A critical review of mathematical modelling for performance optimization. **Bioresource Technology**, v. 222, p. 498–512, 2016.

XIN, L.; GUO, Z.; XIAO, X.; XU, W.; GENG, R.; WANG, W. Feasibility of anaerobic digestion for contaminated rice straw inoculated with waste activated sludge. **Bioresource Technology**, v. 266, p. 45-50, 2018.

ZIGANSHIN, A.M.; LIEBETRAU, J.; PRÖTER, J.; KLEINSTEUBER, S. Microbial community structure and dynamics during anaerobic digestion of various agricultural waste materials. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, p. 5161–5174, 2013.

