



Produção de biogás a partir de resíduos industriais de frutas

Biogas production from industrial fruits waste

Crystian Ribas¹, Leonardo Aparecido Ferreira Souza², Marcelo Bortoli³, Tania Maria Cassol⁴, Irede Angela Lucini Dalmolin⁵

RESUMO

A crescente conscientização sobre os impactos ambientais da queima de combustíveis fósseis e a preocupação com o esgotamento dessas fontes impulsionam a pesquisa em busca de alternativas sustentáveis. O foco vem sendo redirecionado sobre biocombustíveis de segunda geração (2G), como bioetanol, biodiesel e biogás, já que são processos promissores e ecologicamente sustentáveis, pois contribuem para a gestão eficaz de resíduos e a geração de energias limpas. Especificamente a produção de biogás, que é um método inovador por envolver a conversão de subprodutos da indústria frutícola, como cascas, bagaço e sementes por meio da digestão anaeróbia, onde microrganismos decompõem a matéria orgânica em um ambiente sem oxigênio. As principais matérias-primas a serem utilizadas estão disponíveis em abundância nas indústrias de processamento de frutas que são frequentemente descartadas de forma inadequada, assim quando convertemos esses resíduos em biogás, que é composto principalmente por metano e dióxido de carbono, possibilitamos a geração de energia renovável e a redução de impactos ambientais negativos. Neste trabalho, resíduos de laranja, manga e banana foram avaliados durante 33 dias quanto ao seu potencial bioquímico de metano (BMP). O resíduo de manga foi o que apresentou a maior produtividade, aproximadamente 700 mL de biogás, e a melhor qualidade do biogás produzido, 77,9% de metano.

PALAVRAS-CHAVE: biocombustíveis, biogás, econômica, resíduos de frutas e sustentabilidade.

ABSTRACT

The increasing awareness of the environmental impacts of burning fossil fuels and concerns about their depletion are driving research efforts towards sustainable alternatives. The focus has been shifting towards second-generation biofuels (2G), such as bioethanol, biodiesel, and biogas, as they are promising and environmentally sustainable processes that contribute to effective waste management and clean energy generation. Emphasizing biogas production, this is an innovative method involving the conversion of byproducts from the fruit industry, such as peels, pulp, and seeds, through anaerobic digestion, where microorganisms decompose organic matter in an oxygen-free environment. The primary raw materials are readily available in abundance within fruit processing industries, often improperly discarded. By converting these waste materials into biogas, primarily composed of methane and carbon dioxide, renewable energy can be generated, reducing negative environmental impacts. In this work, orange, mango and banana residues were evaluated for 33 days for their biochemical methane potential (BMP). Mango residue was the one with the highest productivity, approximately 700 mL of biogas, and the best quality of biogas produced, 77.9% methane.

KEYWORDS: biofuels, biogas, economic, fruit waste, and sustainability.

¹ Voluntario. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: crystianribas@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: lattes.cnpq.br/2662444315507485.

² Voluntario. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: leonardof-s@hotmail.com. ID Lattes: lattes.cnpq.br/3375074576997035.

³ Docente do Departamento Acadêmico de Engenharias. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: marcelobortoli@utfpr.edu.br. ID Lattes: lattes.cnpq.br/6720828709289767.

⁴ Docente do Departamento Acadêmico de Química e Biologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: tcassol@utfpr.edu.br. ID Lattes: lattes.cnpq.br/0332752529817022.

⁵ Docente do Departamento Acadêmico de Engenharias. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: irededalmolin@utfpr.edu.br. ID Lattes: lattes.cnpq.br/0667595639623212



Introdução

No atual cenário mundial, com o excesso de desmatamento, aquecimento global, crescimento populacional, alta produção alimentícia para suprir a superpopulação e a destruição da camada de ozônio entre muitas outras questões, devemos buscar alternativas sustentáveis para tentarmos reduzir os impactos ambientais.

A queima dos combustíveis não renováveis como carvão, petróleo, e gás natural se apresentam como potenciais emissores de gases que contribuem com o efeito estufa e degradam o meio ambiente. Os lixões e as queimas indevidas de resíduos geram cerca de 6 milhões de toneladas de gases que contribuem para o efeito estufa, que segundo o Departamento de Economia do Sindicato Nacional das Empresas Urbanas corresponde a geração de gases produzidos por três milhões de carros movidos a gasolina durante um ano (MACIEL, 2019).

A necessidade da busca por energias limpas e o tratamento adequado de resíduos vem ganhando muita relevância e virando alvo de intensas pesquisas, pois se apresentam como soluções alternativas para a redução dos impactos ambientais (GOUVEIA, 2012).

Diante deste cenário, a produção de biogás, que é realizado pela digestão anaeróbia, a partir de resíduos de frutas se torna uma opção promissora na contribuição da diminuição dos gases do efeito estufa.

A digestão anaeróbia é um processo que ocorre na ausência de oxigênio e utiliza microrganismos para a degradação da matéria orgânica, tendo como resultado a produção de biogás. Pode ser empregada em várias áreas, tais como combustíveis para automóveis, aquecedores residenciais, utilizado como gás de cozinha, dentre muitas outras formas de aproveitamento.

Alguns biodigestores específicos, como o de lagoa coberta, manta de lodo anaeróbico de fluxo ascendente, tanque agitado continuamente e o biodigestor de fase sólida, vêm mostrando resultados promissores na produção de biogás a partir de matéria orgânica, além de gerar um subproduto chamado de digestato, que pode ser utilizado como fertilizante, pois é rico em nutrientes (KUNS; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

MATERIAIS E MÉTODOS

OBTENÇÃO E ARMAZENAMENTO DO RESÍDUO DAS AMOSTRAS E DO INÓCULO

O resíduo das amostras de laranja, manga e banana foram coletados em frutarias e mercados, com o intuito de aproximar a os resíduos disponibilizados por indústrias frutíferas.



Os resíduos coletados com o propósito de análise de caracterização foram manualmente cortados em pedaços de aproximadamente 4x4 cm, a fim de aumentar a área de contato. Em seguida, foram submetidos a uma estufa com circulação de ar a 60 °C por um período de 48 horas, a fim de remover a umidade e preservar as amostras. Posteriormente, as amostras foram trituradas em um liquidificador industrial. As farinhas resultantes foram então peneiradas através de uma malha de 60 mesh e finalmente armazenadas separadamente em temperatura ambiente, com precauções para evitar luz e umidade.

As amostras a serem utilizadas no processo de produção de biogás foram coletadas, cortadas em aproximadamente 2X2 cm e armazenadas por dois dias apenas em uma temperatura próxima de 10 °C; a temperatura não deve ser tão próxima ao ponto de congelamento, porque fará com que as propriedades físico-químicas se alterem, e nem tão alta ao ponto de não haver a inibição do crescimento microbiano na amostra (MACHADO, 2000).

O inóculo utilizado foi disponibilizado pela Embrapa Suínos e Aves (Concórdia, SC), implementado com dejetos bovinos e suínos para uma suplementação de microrganismos metanogênicos, armazenado em um reator batelada com um agitador e uma camisa de aquecimento que foi mantida por próximos 37 °C e alimentado com suplemento sugerido pela Embrapa Suínos e Aves que produzido artesanalmente sendo composto por: grama (1,16 g/dia), ração suína (1,35 g/dia), leite em pó (1 g/dia) e óleo de soja (0,68 g/dia). A alimentação teve como intuito ativar e melhorar o crescimento dos microrganismos metanogênicos e durou 100 dias.

Após o período de alimentação foi necessário deixar o inóculo sem alimentação por 15 dias para que consumisse toda o suplemento da alimentação ali presente, pois quando se iniciar o teste o inóculo deve produzir biogás apenas da matéria orgânica desejada (KUNS; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Em cada amostra e no inóculo foram realizadas análises de sólidos voláteis, para assim poder correlacionar, com auxílio do processamento de dados disponível no calculador online OBA® (Hafner; Rennuit; Katz, 2016) qual a proporção de inóculo e biomassa necessária para a realização do ensaio do potencial de bioquímico de metano (BMP).

Sendo utilizados aproximadamente 50 g das amostras de resíduos de laranja, manga, banana e 50 mL de inóculo que aproximasse de 45 g, as amostras foram levadas em cadinhos para a estufa de circulação de ar por aproximadamente 95 °C / 24 h. Em seguida, foi elevada a temperatura para 105 °C e deixado por uma hora, então transferido para uma mufla a 550 °C onde também ficou por uma hora. Para cada etapa do processo foi realizado uma passagem de cada cadinho que já havia sido pesado.

ENSAIO POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO (Ensaio BMP)

Os ensaios de potencial bioquímico foram realizados de acordo com a norma VDI 4630 e busca avaliar o potencial de biodigestão do substrato com a produção de biogás



dentro de certas condições de pH, temperatura, sólidos voláteis e umidade (SANTOS, 2018).

A norma VDI 4630 (2006) estipula regulamentos e requisitos relativos aos equipamentos necessários para conduzir testes de fermentação de materiais orgânicos. Os testes em batelada têm a capacidade de fornecer informações essenciais sobre a viabilidade de produção de biogás e a degradabilidade biológica anaeróbia de um determinado material ou mistura de materiais orgânicos, a avaliação quantitativa da velocidade de decomposição do material a ser testado e a avaliação do impacto inibitório do material em análise durante um intervalo de tempo específico.

Na determinação da quantidade adequada de substrato e inóculo a ser utilizada nos testes, é necessário levar em consideração algumas restrições a fim de evitar inibições no ensaio em batelada, A quantidade de substrato não deve exceder a quantidade de inóculo ($SV_{\text{substrato}}/SV_{\text{inóculo}} \leq 0,5$). A produção de biogás a partir do substrato deve ser, no mínimo, 80% maior do que a contribuição do inóculo e a concentração de sólidos no teste de batelada não deve ultrapassar 10%, garantindo uma transferência de massa adequada durante o teste.

Para a realização dos ensaios potencial bioquímico de metano (BMP), foram pesadas as amostras e o inóculo e em seguida postos em um frasco digestor de vidro de 250 mL que são conectados a um a eudiômetros, onde os frascos digestores ficam mergulhados em um banho de água que foi mantido de em média a 36,35 °C.

O ensaio teve uma duração de 33 dias, as medições da qualidade foram realizadas pelo analisador portátil de biogás Biogás 5000, que fornece os dados da quantidade de metano, dióxido de carbono, oxigênio e sulfeto de hidrogênio e com relação a quantidade de biogás produzido a medição foi realizada na bureta, conforme há produção de biogás o líquido selante é empurrado para o eudiômetro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 apresentam-se os resultados análise dos sólidos voláteis:

Tabela 1 – Análise dos sólidos voláteis

Amostra	Sólidos totais (g/kg)	Sólidos fixos (g/kg)	Sólidos voláteis (g/kg)
Inóculo	22,457	9,333	14,780
Banana	131,885	17,501	114,384
Laranja	189,200	25,067	164,133
Manga	198,009	23,048	174,961

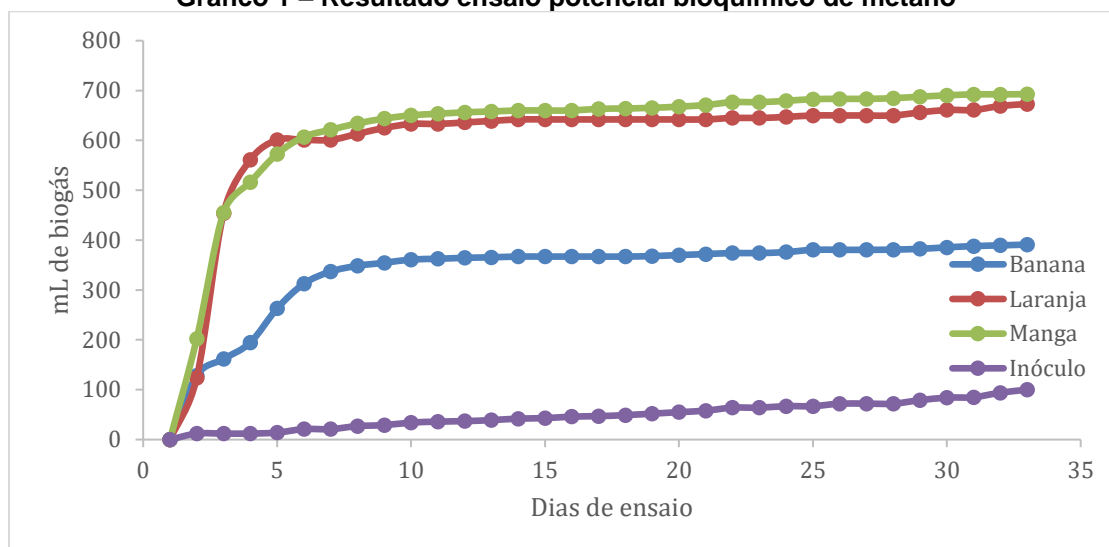
Fonte: Autoria própria (2023)

As porcentagens dos sólidos totais voláteis encontrada nas três amostras foram bem elevadas, o que indica que há muita matéria orgânica para ser consumida pela bactéria metanogênicas presentes no inóculo.

Os resultados obtidos no ensaio de potencial bioquímico de metano tanto de quantidade como de qualidade são apresentados na tabela 2 e no gráfico 1:



Gráfico 1 – Resultado ensaio potencial bioquímico de metano



Fonte: Autoria própria

Tabela 2: Qualidade do biogás

Amostra	Metano (%)	Dióxido de carbono (%)	Oxigênio (%)	Sulfeto de hidrogênio (%)
Manga	77,9	17,1	2,1	10
Banana	70,3	17,7	2,4	6
Laranja	66,6	14,4	4,6	2

Fonte: Autoria própria

Com base nos dados apresentados no gráfico 1 e na tabela 1, pode-se observar que a maior produção de biogás se originou da amostra com maior quantidade de sólidos voláteis presente. A qualidade do gás coletado foi aumentando a concentração com o tempo, pois no início do teste havia ar atmosférico presente dentro do eudiômetro, logo o biogás gerado estaria diluído nas primeiras coletas, então os dados qualitativos apresentados na tabela 2 são referentes a última coleta realizada da análise realizada.

Segundo Kunz *et al.* (2019) a porcentagem de biogás produzido a partir das amostras com o inóculo deve ser de no mínimo 80% da contribuição do inóculo. A única amostra que não atingiu seu objetivo de produção foi a amostra da banana, que apresentou uma produção de 74,32%, porém ao considerar que houve vazamentos não identificados nos testes realizados, podemos considerar os dados coletados deste ensaio e futuramente será realizado um novo teste para assim obter dados mais sólidos.

O metano que é o gás de interesse na composição de biogás, por conta de seu potencial de combustão, apresentou porcentagens superiores a 55%, que segundo a Embrapa (2014) é o mínimo necessário para se considerar o biogás.

CONCLUSÃO

A partir do trabalho realizado e ainda considerando-se os problemas de vazamentos que não foram identificados e solucionados, podemos dizer que todas as matérias orgânicas utilizadas como amostras para a realização dos ensaios de potencial bioquímico de metano foram promissoras em seus resultados, tendo como destaque o



resíduo da manga, que além de mostrar a maior produtividade também apresentou uma melhor qualidade em sua produção.

Agradecimentos

Quero agradecer aos meus orientadores Tania Maria Cassol, Marcelo Bortoli e à professora Irede Angela Lucini Dalmolin, que sempre me deram o auxílio necessário para a realização dos meus trabalhos. Também ao vigia da UTFPR-FB Marcelo que no período das férias me ajudou a alimentar o inóculo. Ainda aos técnicos de laboratório da COEXP-FB, à Hélen Caroline pela ajuda na realização dos ensaios BMP e ao meu grande amigo Leonardo Aparecido que me aguentou por horas no laboratório.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

CHULTZ, Emerson Léo; SOARES, Itânia Pinheiro. Reforma do biogás. **Embrapa Agroenergia**, [S. l.], p. 1-9, 14 out. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Biog%C3%A1sFert++Reforma+do+biog%C3%A1s++Revis%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2023.

HAFNER, Sasha D. **Calculate biogas production and BMP from raw data**. [S. l.], 14 jun. 2016. Disponível em: <https://biotransformers.shinyapps.io/oba1/>. Acesso em: 15 set. 2023.

MACHADO, Roberto Luiz Pires. **BOAS PRÁTICAS DE ARMAZENAGEM NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**. [S. l.: s. n.], 2000. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34409/1/2000-DOC-0042.pdf>. Acesso em: 13 set. 2023.

MACIEL, Camila. Lixões liberam 6 milhões de toneladas de gás de efeito estufa ao ano. **AgênciaBrasil**, [S. l.], p. 1-1, 5 jun. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-06/lixoes-liberam-6-milhoes-de-toneladas-de-gas-de-efeito-estufa-ao-ano>. Acesso em: 2 jun. 2023.

KUNZ, Airton; STEINMETZ, Ricardo L. R.; AMARAL, André Cestonaro. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. [S. l.: s. n.], 2019. 1-209 p.

SANTOS, Liliana A. dos *et al.* Produção de biogás a partir de bagaço de laranja. **Ciências Ambientais e Biotecnologia**, [S. l.], p. 22-27, 12 set. 2018. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/228885539.pdf>. Acesso em: 13 set. 2023.