

## PRODUÇÃO DE GÁS METANO A PARTIR DA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE CASCA DE CAFÉ

TZYY SHYUAN YANG<sup>1</sup>, ARIIVALDO JOSÉ DA SILVA<sup>2</sup>, CARLA ISABEL FLORES RODRIGUEZ<sup>3</sup>

1 Graduando, Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, t225010@dac.unicamp.br

2 Orientador, Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, arijs@unicamp.br

3 Doutorando, Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP, c229484@dac.unicamp.br

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** O Brasil é um dos maiores produtores de café, sendo que na etapa de beneficiamento de café, é gerado inúmeros resíduos sólidos, tais como casca e polpa. O excesso de resíduos originados do manejo agrícola, quando descartados de forma inadequada, tem gerado inúmeras inconveniências, como por exemplo, questões ambientais (alteração de qualidade do ar, água, solo, fauna e flora), financeiras (custo de recolhimento) e sociais (saúde humana). A partir disso, é essencial desenvolver soluções estratégicas a fim de realizar redução de poluição e de geração de gases do efeito estufa e desenvolvimento de energia renovável. Com isso, o propósito do projeto é investigar a produção de gás metano a partir da digestão anaeróbia de casca de café. Para isso, foram realizados testes de fermentação em batelada, utilizando casca de café como substrato, avaliando o rendimento e a produtividade específica de gás metano. O rendimento de metano atingiu em média 246,90 Nml/g SSV e obteve resultado similar aos dados obtidos em trabalhos anteriores realizados com o mesmo substrato. Sendo assim, os testes com casca de café apresentaram capacidade metanogênica satisfatória sendo um potencial de produção de metano por digestão anaeróbia.

**PALAVRAS-CHAVES:** biogás, resíduo orgânico; VDI-4630

## METHANE GAS PRODUCTION FROM ANAEROBIC DIGESTION OF COFFEE HUSK

**ABSTRACT:** Brazil is one of the largest coffee producers and in the coffee processing stage, several solid wastes are generated, such as husk and pulp. The excess of residues originating from agricultural management, when disposed inappropriately, has generated numerous inconveniences, such as environmental (change in the quality of air, water, soil, fauna and flora), financial (collection cost) and social issues (human health). From this way, it is essential to develop strategic solutions to reduce fuel consumption and greenhouse gas generation and development of renewable energy. For this, batch fermentation tests were carried out, using coffee husks as substrate, evaluating the yield and specific productivity of methane gas. The yield of methane reached on average 246.90 Nml/g SSV and obtained a result similar to the data obtained in previous works, carried out with the same substrate. Thus, the tests with coffee husks demonstrated satisfactory methanogenic capacity, being a potential for methane production by anaerobic digestion.

**KEYWORDS:** biogas; organic residue; VD1-4630

**INTRODUÇÃO:** O Brasil é o maior produtor mundial de café, seguido de Vietnã, Colômbia e Indonésia. Apenas em 2020, o Brasil produziu 63,4 milhões de sacas de café beneficiado, ou seja, é responsável por 30% da produção mundial (OIC, 2020). Nesse cenário, o estado de Minas Gerais é o maior produtor de café no país, seguido de Espírito Santo, São Paulo e Bahia (EMBRAPA, 2017). Nas culturas de café, é produzida cerca de 45% de resíduos do total de café colhido (VENTURIM, 2002). Durante o processo de beneficiamento na pós-colheita são gerados resíduos sólidos do café, como casca e polpa. Esses resíduos são, muitas vezes, amontoados em pilhas acarretando poluição de lençol freático, ar e solo onde são despejados (GÓMEZ-SALCEDO *et al.*, 2021). Assim, como alternativa ao tratamento e disposição de casca de café, é proposto sua utilização na produção de biogás e biofertilizante. Por tudo isso, a digestão anaeróbia é uma tecnologia cuja função é reduzir a carga poluente do resíduo sólido e recuperar energia perdida. Diante disso, os resíduos agroindustriais são vantajosos à digestão anaeróbia devido ao seu alto teor de matéria orgânica, as quais são facilmente biodegradáveis (SARABIA *et al.*, 2017). Em relação ao café, o uso de seus resíduos sólidos como fonte de açúcar tem sido benéfico para a produção de biogás e de biocarvão, o qual favorece a absorção de metais pesados (PESHEVA *et al.*, 2018). Assim, com o aproveitamento de resíduos, há grande capacidade de evitar a decomposição do resíduo orgânico na natureza e posteriormente a propagação de gás metano, responsável pelo aquecimento global. Considerando os desafios que envolvem resíduos agrícolas, a produção de gás metano tende a trazer benefícios por ser alternativa eficiente e barata com alto potencial energético. Diante disso, entende-se a importância e a necessidade de desenvolver projetos visando o reaproveitamento de resíduos sólidos provenientes das atividades agrícolas de forma sustentável reduzindo impactos ambientais, os quais são constantemente gerados quando os resíduos não são descartados e tratados de forma adequada. Neste projeto, propõe-se estudar a produção de gás metano por meio da digestão anaeróbia de casca de café. Para isso, foram realizados testes de fermentação em batelada, utilizando casca de café como substrato, avaliar o rendimento e a produtividade específica de gás metano, como também, comparar com valores obtidos em trabalho anterior, realizado com o mesmo substrato.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O substrato orgânico para o processo de digestão anaeróbia é a casca de café seca, proveniente de uma propriedade rural localizada no município São Sebastião do Paraíso - MG. Antes de ser submetida ao processo de digestão anaeróbia, uma fração do resíduo foi seca ao ar, naturalmente, por um período de 72 h. Após a secagem, foram determinados os teores de sólidos totais (ST), fixos (STF) e voláteis (STV) no substrato. Para inoculação dos reatores foi utilizado lodo proveniente de um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) tratando efluente de um abatedouro de aves. Antes de serem submetidos ao processo de digestão anaeróbia, foram determinados os teores de sólidos totais e voláteis no Laboratório de Meio Ambiente e Saneamento (LMAS) da Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI/UNICAMP no campus Campinas - SP. Para adaptação e degaseificação foi adicionado ao inóculo o resíduo de casca de café em partículas com tamanho máximo 10 mm, em quantidade que resulte na relação 0.1 SVsubstrato/SVinóculo (Gómez-Salcedo *et al.*, 2021). Para digestão anaeróbia, foi utilizado frascos tipo Schott fechados com rolha de borracha impedindo a entrada de ar e a perda de biogás, coberto por papel alumínio para evitar interferência da luz, uma vez ao dia para promover a degaseificação e prevenir a formação de espuma, conforme a norma alemã VDI-4630 (VDI 2006). O experimento foi realizado em triplicata durante 30 dias. Ainda conforme a referida norma, a quantidade de inóculo adicionada aos reatores deverá corresponder de 1,5% a 2 % em peso de massa orgânica por volume de reator, expressa em sólidos voláteis. Dessa forma, em cada frasco será adicionado 400 mL do lodo adaptado, prevendo-se o teor de sólidos totais de 3,5% e que 60% ou mais dessa fração corresponde aos

sólidos voláteis. A quantidade de casca de café seca adicionada em cada reator foi de acordo com a relação  $SV_{\text{substrato}}/SV_{\text{inóculo}}$  de 0,5 (Gómez-Salcedo *et al.*, 2021). A fim de impedir entrada de ar e perda de biogás, os frascos foram fechados com rolhas, as quais foram atravessadas por um tubo de vidro que permita a conexão com o aparato de leitura do volume de biogás, ou seja, os eudiômetros confeccionados em vidro boro-silicato. A sua configuração permite a leitura do volume gasoso por deslocamento de líquido, este sendo uma solução de NaCl 6N (350 g/L) para evitar a solubilidade do  $CO_2$ . Durante o processo de digestão anaeróbia o sistema foi mantido hermeticamente fechado e uma fita de papel milimetrado foi colada no corpo do eudiômetro, externamente, para permitir a leitura e a conversão do volume deslocado. O volume de biogás foi determinado nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Para estabelecer as concentrações de  $CH_4$  e  $CO_2$  no biogás foram monitoradas duas vezes por semana através do cromatógrafo gasoso marca Shimadzu modelo GC-2030. As concentrações de  $CH_4$  e de  $CO_2$  no biogás foram calculadas considerando ambos os gases como componentes principais no biogás e desprezando-se a presença de vapor d'água. Por fim, para o rendimento de  $CH_4$ , foi calculado por meio da razão entre volume de  $CH_4$  e sólidos voláteis aportados pelo substrato, enquanto a produtividade foi estipulada por meio do rendimento dividido pelo produto entre o volume do reator e os dias analisados.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O experimento foi montado conforme Figura 1. Dos resultados obtidos da caracterização de sólidos totais voláteis de resíduos de casca de café e inóculo, segundo Tabela 1, os sólidos voláteis representam 81% e 5% respectivamente. Assim, o resíduo indica alto teor de matéria orgânica e de sólidos voláteis baseados em seca acima de 50% recomendado para uso como fonte de biomassa ao sistema (VDI 2006). Em seguida, foi feita a análise do potencial de concentração de  $CH_4$  e  $CO_2$  de cada reator do início ao fim da batelada, observou-se que o metano atingiu em média 75,23% (mol x mol) tendo um pico de produção logo na segunda semana do teste, conforme Figura 2. Além disso, pela Figura 3, observou-se que foi possível atingir o volume médio de biogás de 866,71 Nml na CNTP e o rendimento de  $CH_4$  aproximadamente 246,90 Nml/g SSV. Segundo Gómez-Salcedo *et al.* (2021), o rendimento de metano em polpa fresca de café foi de 259,80 Nml/g SSV, em polpa de café armazenado foi de 127,81 Nml/g SSV e casca de café seco ao ar livre foi de 153,33 Nml/g. Além disso, conforme Neves *et al.* (2006), o desempenho com resíduos de processo de produção de café solúvel variou entre 240 e 280 Nml/g SSV. Nesse sentido, nota-se que em razão da estrutura complexa lignocelulósica da casca de café e a concentração de compostos fenólicos livres do substrato durante o tempo de armazenamento de resíduo, houve alteração gradual da textura, homogeneidade e interferência na produção de metano indicando menor biodegradabilidade anaeróbia do resíduo (GÓMEZ-SALCEDO *et al.*, 2021).

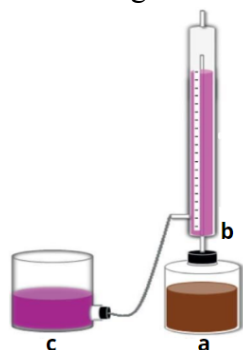


FIGURA 1. Esquema do Aparato Experimental: Reator Anaeróbio (a), Eudiômetro (b) e Reservatório de Coleta de Líquido

TABELA 1. Concentração de metano na evolução de biodegradabilidade anaeróbia com resíduo de casca de café.

Material	ST (g/g)	STF (g/g)	STV (g/g)
Casca de café	0,8736	0,0671	0,8065
Lodo de abatedouro de ave	0,0605	0,009	0,0515

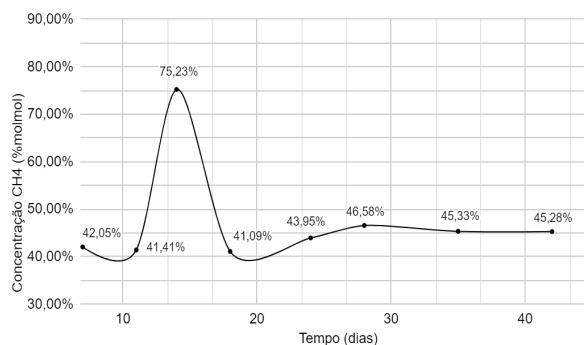


FIGURA 2. Concentração de metano na evolução de biodegradabilidade anaeróbia com resíduo de casca de café.

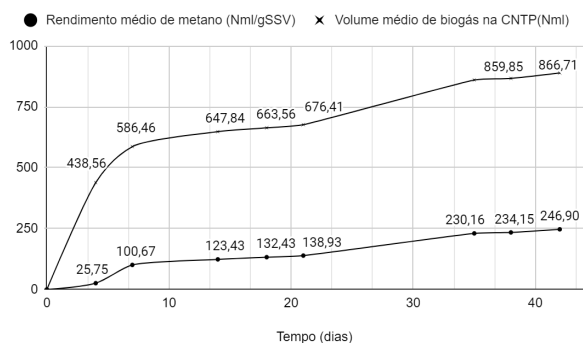


FIGURA 3. Rendimento na evolução de biodegradabilidade anaeróbia com resíduo de casca de café

**CONCLUSÕES:** O rendimento de metano atingiu em média 246,90 Nml/g SSV sendo valor superior a 153,33 Nml/g para casca de café seco ao ar livre, conforme dados de Gómez-Salcedo *et al.* (2021). A presente pesquisa obteve resultado similar aos dados obtidos em trabalhos anteriores realizados com o mesmo substrato. Em suma, os testes com casca de café neste projeto apresentaram capacidade metanogênica satisfatória sendo um potencial de produção de metano por digestão anaeróbia. Cabe ressaltar que para futuros trabalhos, é possível realizar experimentos com controle por exemplo de temperaturas, de agitação automática e de tempo e condição de armazenamento de substrato.

**AGRADECIMENTOS:** Agradeço a SAE/UNICAMP pela bolsa e oportunidade de realizar a pesquisa, ao Laboratório de Meio Ambiente e Saneamento da FEAGRI – UNICAMP.

#### REFERÊNCIAS:

- EMBRAPA. Seis maiores estados produtores dos Cafés do Brasil atingiram 98% do volume da safra de 2017. Observatório Agrícola Acompanhamento da Safra Brasileira Café, 2017.
- GÓMEZ-SALCEDO, YUNET; BAQUERIZO-CRESPO, RICARDO; DA SILVA, ARIIVALDO JOSÉ; OLIVA-MERENCIO, DENY; PEREDA-REYES, ILEANA. DIGESTIÓN ANAEROBIA DE RESIDUALES SÓLIDOS DEL BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 37, 281-292, 2021.
- NEVES L.; OLIVEIRA R.; ALVES M. Anaerobic codigestion of coffee waste and sewage sludge. *Waste Manage.* 26, 176-181. 2006.
- OIC. Dados estatísticos da Organização Internacional de Café. Informe de mercado de café. Londres, Reino Unido, 2020.
- PESHEVA D.; MITEV, D.; PEEVAC, L.; PEEVA, G. Valorization of spent coffee grounds: A new approach. *Sep. Purif. Technol.* 192, 271-277, 2018.
- SARABIA, M.A.; LAINES, J.R.; SOSA, J.A.; ESCALANTE, E. Producción de biogás mediante codigestión anaerobia de excretas de borrego y rumen adicionadas con lodos procedentes de una planta de aguas residuales. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 33 (1), 109-116, 2019.
- VDI (2006). VDI-4630. Fermentation of organic materials. Characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. Verein Deutscher Ingenieure, Dusseldorf, Alemania.
- VENTURIM, J. B. Gestão de resíduos orgânicos produzidos no meio rural: o caso do beneficiamento do café. 2002. 123 f. Tese, Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis, 2002.