

## **PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE FECULARIA DE MANDIOCA ENRIQUECIDA COM GLICEROL DO BODIESEL EM REATOR CONTÍNUO DE TUBOS MÚLTIPLOS**

**LUANA C. CALLIARI LEITE ROSSI<sup>1</sup>, CRISTIANE LURDES ANDREANI<sup>2</sup>,  
SIMONE DAMASCENO GOMES<sup>3</sup>, ELIANDRA RODIO<sup>4</sup>, LUIZ FELIPE GOMES  
FERREIRA<sup>5</sup>, ARUANI L. DA SILVA TOMOTO<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola, PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel-PR, luana.calliari@hotmail.com

<sup>2</sup> Bióloga, Pós-doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel-PR, cristiane.andreani@gmail.com

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>, PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel-PR, simone.gomes@unioeste.br

<sup>4</sup> Bióloga, Mestranda em Engenharia Agrícola, PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel-PR, eliandrawagner@gmail.com

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel-PR, luiz.ferreira6@unioeste.br

<sup>6</sup> Eng. Ambiental, Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel-PR, arutomoto@hotmail.com

Apresentado no  
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022  
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

**RESUMO:** Estudo com efluente real de fecularia de mandioca enriquecida com glicerol do biodiesel foram conduzidos em alguns tipos de reatores e demonstraram que a co-digestão desses resíduos melhorou a performance da produção de hidrogênio. No estudo em questão, o reator contínuo de tubos múltiplos (RCTM), possui 12 tubos em paralelo por onde escoam o líquido, volume útil de 1,13 L e área de paredes de 2.511 cm<sup>2</sup>, sendo constituído por 3 câmaras, sendo elas: câmara de entrada, região intermediária e câmara de saída. O reator foi inoculado com lodo de reator anaeróbico de estação de tratamento de esgoto sanitário, termicamente tratado (a 95°C por 15 minutos). O reator foi operado com TRH de 4 horas e COV de 74,6 g/L.d. O substrato foi água residuária da indústria de fécula de mandioca enriquecida com glicerol na dosagem de 3%. O ensaio foi conduzido por 30 dias.

**PALAVRAS-CHAVE:** glicerol, reator acidogênico, co-digestão.

### **HYDROGEN PRODUCTION FROM CASSAVA STARCH WASTEWATER ENRICHED WITH BIODIESEL GLYCEROL IN A CONTINUOUS MULTIPLE TUBES REACTOR**

**ABSTRACT:** Studies with real effluent from cassava starch enriched with glycerol from biodiesel were conducted in some types of reactors and demonstrated that the co-digestion of these residues improved the performance of hydrogen production. In the study in question, the multi-tube continuous reactor (MTCR) has 12 tubes in parallel through which the liquid flows, useful volume 1,13 L and area of tube walls 2,511 cm<sup>2</sup>, consisting of 3 chambers, namely: inlet chamber, intermediate region and chamber of exit. The reactor was inoculated with sludge from an anaerobic reactor from a thermally treated sanitary sewage treatment plant (at 95°C for 15 minutes). The reactor was operated with a HRT of 4 hours and a volumetric organic load of 74,6 gCOD/L.d. The substrate was wastewater from the cassava starch industry enriched with glycerol at a dosage of 3%. The trial was conducted for 30 days.

**KEYWORDS:** glycerol, acidogenic reactor, co-digestion.

**INTRODUÇÃO:** O efluente do processamento da mandioca é um resíduo rico em carboidratos sendo, portanto, caracterizado como um substrato com alto potencial para produção biológica de hidrogênio (Torres et al., 2017). Estudos feitos por Larsen et al. (2013) e Meier et al. (2019) demonstraram que a co-digestão do efluente de fecularia de mandioca, com o glicerol foi importante, não somente na performance da produção de biogás, como também na estabilização do reator, por proporcionar uma relação C/N em que os organismos tiveram boa ambientalização. Vários reatores tem sido testados na produção biológica de hidrogênio nos últimos anos, no entanto em muitos deles tem se observado a produção instável e em períodos curtos. Segundo Souza (2020), o reator contínuo de tubos múltiplos manteve a produção de biohidrogênio por 70 dias contínuos, sendo operado no total de 121 dias, apesar de ter apresentado oscilações nesse período, principalmente devido a diminuição da carga orgânica volumétrica (COV), resultante do aumento da concentração de biomassa no reator. O autor ainda reitera que o RCTM pode ser um modelo interessante para garantir produções contínuas de biohidrogênio a partir de ARF, porém devem ser verificadas condições operacionais ou co-substratos que proporcionem valores de produção e produtividade mais expressivos. Neste contexto estudos que avaliem a produção de hidrogênio a partir de efluente de fecularia de mandioca enriquecido com glicerol em reator contínuo de tubos múltiplos são de interesse, por representar uma alternativa para a produção contínua de hidrogênio e com desempenho mais satisfatório.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido no Laboratório de Reatores Biológicos (LAREB), as análises de monitoramento foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LASAM), na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus Cascavel-PR. O experimento teve início em 29 de março de 2022 e término em 29 de abril de 2022, resultando em 30 dias de condição. Na tabela 1, estão os detalhes da condição.

TABELA 1. Resumo da condição experimental do RCTM.

Vol. Reator (L)	TD (h)	Q (L/d)	SO (gDQO/L)	COV (g/L.D)	AR F (%)	Vol. AR F (L)	Glicerol (%)	Vol. Glicerol (L)	DQO Glicerol (gDQO/L)	DQO ARF (gDQO/L)	DQ O mistura (gDQO/L)
1,13	4	6,8	12,4	74,6	97,0	6,60	3,0	0,204	1245,0	12,40	49,38

Os parâmetros físico-químicos e suas metodologias estão empregados na Tabela 2.

TABELA 2. Parâmetros físico-químicos e metodologia das análises de monitoramento do reator.

Parâmetros	Referencia
Alcalinidade e AVT	Ripley et al. (1986) Silva (1977)
Ácidos orgânicos voláteis e álcoois	Penteado (2012)
Composição do biogás	Penteado et al. (2013)
Volume de biogás	Penteado et al. (2013)
pH	APHA et al. (2005)
DQOt	APHA et al. (2005)
DQOs	APHA et al. (2005)
SST e SSV	APHA et al. (2005)

ST e SVT  
CT  
CTs

APHA et al. (2005)  
Dubois et al. (1956)  
Dubois et al. (1956)

As principais variáveis-respostas dos parâmetros de monitoramento estão dispostas na Tabela 3.

TABELA 3. Principais variáveis-resposta de análises.

Variável-resposta	Sigla	Unidade
Produção volumétrica de hidrogênio	PVH	$\text{mL}_{\text{H}_2} \cdot \text{L}^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$
Rendimento de hidrogênio	YH	$\text{mmol}_{\text{H}_2} \cdot \text{g}^{-1}_{\text{CTS-cons}}$

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A produção volumétrica de hidrogênio (PVH) como vemos na Figura 1, mostrou-se inconstante, tendo o maior crescimento a partir do sétimo dia de operação, atingindo o pico ( $735,48 \text{ mL}_{\text{H}_2} \cdot \text{L}^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$ ) no oitavo dia e queda a partir do nono dia. A produção média foi de  $100,05 \text{ mL}_{\text{H}_2} \cdot \text{L}^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$  e mínima de  $0,84 \text{ mL}_{\text{H}_2} \cdot \text{L}^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$ .

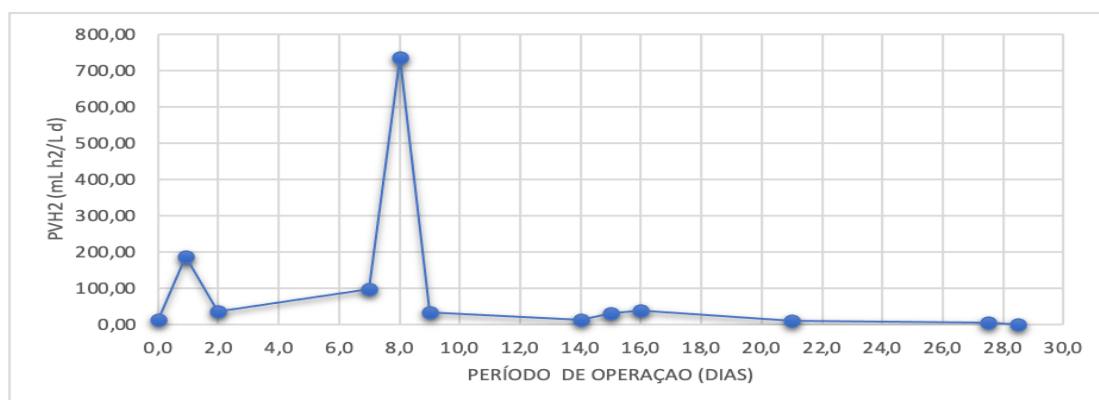


Figura 1. Produção volumétrica de hidrogênio.

O rendimento de hidrogênio (YH) como mostra a Figura 2, comportou-se de forma mais constante, com três picos, sendo eles: no primeiro ( $2863,21 \text{ mmol}_{\text{H}_2} \cdot \text{g}^{-1}_{\text{CTS-cons}}$ ), oitavo ( $3166,63 \text{ mmol}_{\text{H}_2} \cdot \text{g}^{-1}_{\text{CTS-cons}}$ ) e 16º ( $1659,73 \text{ mmol}_{\text{H}_2} \cdot \text{g}^{-1}_{\text{CTS-cons}}$ ) dias. Um dos menores períodos de rendimento foi do segundo ao sétimo dia, onde houve uma abrupta queda. No 9º dia ao 14º, observou-se uma queda nova queda, porém mais gradativa. Do 16º ao 28º dia houve a última queda gradativa antes do encerramento do período de operação do reator. O rendimento médio foi de  $998,40 \text{ mmol}_{\text{H}_2} \cdot \text{g}^{-1}_{\text{CTS-cons}}$  e mínimo de  $10,76 \text{ mmol}_{\text{H}_2} \cdot \text{g}^{-1}_{\text{CTS-cons}}$ . Meier et al., (2019) em seus estudos, obtiveram com porcentagem de 3% de glicerol  $1106,7 \text{ mL}$  de hidrogênio, em um reator batelada. Sabe-se que o modelo de reator influencia na performance do tratamento, podendo ter causado essa diferença nos resultados.

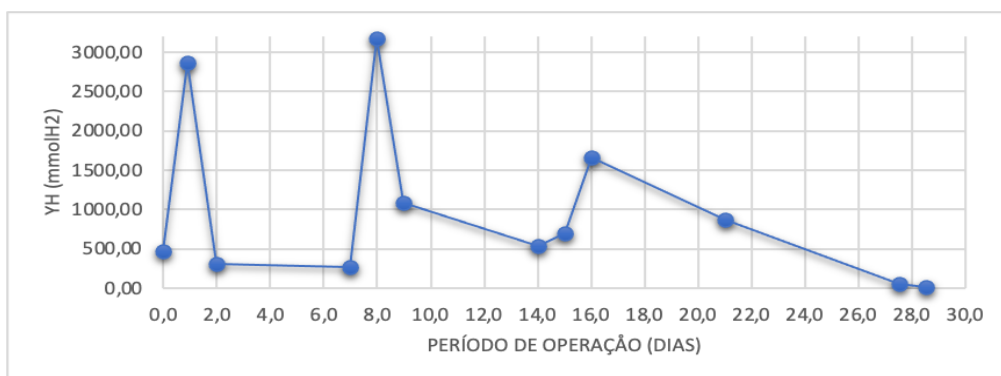


Figura 2. Rendimento de hidrogênio.

**CONCLUSÕES:** A codigestão anaeróbia de água residuária de fecularia e glicerol do biodiesel (na dosagem de 3%), aumentou a produção volumétrica de hidrogênio. Para explicar a alta variabilidade, podemos levantar a questão da mudança de rota metabólica, estudo ainda em construção no presente trabalho.

**AGRADECIMENTOS:** A primeira autora agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

#### REFERÊNCIAS:

- APHA; AWWA; WPCF - **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Association, American Public Health, 2005.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. **Analytical Chemistry**, Minnesota, v. 28, p. 350-356, 1956.
- LARSEN, A. C.; GOMES, B. M.; GOMES, S. D.; ZENATTI, D. C.; TORRES, D. G. B. Anaerobic co-digestion of crude glycerin and starch industry effluent. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v.33, n.2, p. 341-352, 2013.
- MEIER, T. R. W.; CREMONEZ, P. A.; MANIGLIA, T. C.; SAMPAIO, S. C.; TELEKEN, J. G.; DA SILVA, E. A. Production of biohydrogen by an anaerobic digestion process using the residual glycerol from biodiesel production as additive to cassava wastewater. **Journal of Cleaner Production**, v. 258., 2019.
- PENTEADO, E. D. **Influência da origem e do pré-tratamento do inóculo na produção de hidrogênio a partir de águas residuárias em biorreatores anaeróbios** (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 165. 2012.
- PENTEADO, E. D. LAZARO, C.Z., SAKAMOTO, I.K., ZAIAT, M. Influence of seed sludge and pretreatment method on hydrogen Production in packed-bed anaerobic reactors. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.38, n. 14, p. 6137-6145, 2013.
- RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. **Journal Water Pollution Control Federation**, v. 58, n. 5, p. 406-411, 1986.
- TORRES, D.G.B., LUCAS, DAL'MASO, S., ANDREANI, C.L., CARVALHO, K.Q.C., GOMES, S.D. Hydrogen production and performance of anaerobic fixed-bed reactors using three support arrangements from cassava starch wastewater. **Engenharia Agrícola**, v.37, p. 160-172, 2017.
- SILVA, M. O. S. A. **Análises físico-químicas para o controle das estações de tratamento de esgoto**. Cetesb, São Paulo, 1977.
- SOUZA, WILLYAN GOERGEN DE. **Produção de biohidrogênio com água residuária de fecularia de mandioca em reator contínuo de tubos múltiplos**. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2020.