

## Remoção de matéria orgânica na codigestão anaeróbia de lixiviado com água residuária de biodiesel

## Organic matter removal by anaerobic codigestion of leachate with biodiesel wastewater

### RESUMO

Este estudo visou avaliar a eficiência da remoção de matéria orgânica, em termos de DQO, por meio da codigestão anaeróbia utilizando lixiviado de aterro industrial e água residuária da produção do biodiesel em diferentes proporções, seguindo um Planejamento Experimental do tipo Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR). Como inóculo foi utilizado lodo de uma estação de tratamento de esgoto (ETE). Foram realizadas análises estatísticas para apresentar em que situação houve uma maior remoção de DQO. Houve eficiência de remoção de DQO acima de 90%, em sua maioria, e esta foi maior quando o teor de água residuária de biodiesel foi de 7% e relação A/M igual a 1 de acordo com o ensaio de desejabilidade. O processo avaliado mostrou-se promissor por dar destinação adequada aos poluentes, apresentando potencial de geração de biogás e aproveitamento energético.

**PALAVRAS-CHAVE:** EFICIÊNCIA. LODO. POLUENTES.

**Bianca Wallid Gonçalves Awada**  
[biancawada@hotmail.com](mailto:biancawada@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,  
Brasil

**Thiago Morais de Castro**  
[thiagocastro@utfpr.edu.br](mailto:thiagocastro@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,  
Brasil

**Caroline Mendes Moore**  
[carolinemoore@alunos.utfpr.edu.br](mailto:carolinemoore@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,  
Brasil

**Eudes José Arantes**  
[eudesarantes@gmail.com](mailto:eudesarantes@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,  
Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the efficiency of organic matter removal in terms of COD through anaerobic codigestion using industrial landfill leachate and wastewater from biodiesel production in different proportions, following an Experimental Design of the Rotational Central Composite Design (DCCR) type. As inoculum was used sludge from a sewage treatment station (STs). Statistical analyzes were performed to show in which situation there was a greater COD removal. COD removal efficiency was above 90%, mostly, and this was higher when the biodiesel wastewater content was 7% and F/ M ratio equal to 1 according to the desirability test. The evaluated process was promising because it gives adequate destination to pollutants, presenting potential for biogas generation and energy use.

**KEYWORDS:** EFFICIENCY. SLUDGE. POLLUTANTS.

## INTRODUÇÃO

Um grande problema no ponto de vista ambiental, social e econômico é a gestão de resíduos sólidos. A disposição final dos resíduos sólidos, considerados rejeitos, em aterros sanitários ou industriais, pode ser considerada uma técnica adequada. Porém, a medida que os resíduos se decompõem em aterros, ocorre uma série complexa de transformações biológicas e físico-químicas, levando a biodegradação da fração orgânica presente juntamente com a água da chuva percolada que obtêm como consequência a geração de um lixiviado altamente contaminado (MONTUSIEWICZ e LEBIOCKA, 2011).

Como alternativa para o tratamento biológico do lixiviado, sugere-se a codigestão anaeróbia, que ocorre na ausência de oxigênio e envolve a decomposição bioquímica da matéria orgânica realizada por um grupo de microrganismos. Esta usa simultaneamente mais de um fluxo de resíduos orgânicos como substrato. Por ter um maior número de nutrientes, o efeito entre os substratos pode melhorar o desempenho do processo, levando a maior eficiência na digestão (REIS, 2012).

A codigestão anaeróbia do lixiviado proveniente da biodegradação dos resíduos sólidos, juntamente com o lodo de esgoto é atraente nesta situação, podendo aumentar o rendimento deste processo. Devido ao lodo de esgoto possuir um alto teor de compostos orgânicos, antes da disposição final do lodo em aterro ou aplicação agrícola, este deve ser submetido à estabilização e higienização. Um método possível para a estabilização e higienização é a digestão anaeróbia deste (BRANCOLI, 2014).

Outro substrato interessante para a codigestão anaeróbia é a água residuária oriunda da produção do biodiesel, que é gerada em grande quantidade no processo de fabricação deste, onde seu descarte sem qualquer tipo de tratamento pode causar impacto nocivo ao meio ambiente. Assim, o reaproveitamento deste efluente traria, além da diminuição de impactos no ambiente, uma grande economia para a produção (BRITO et al., 2012).

No processo de digestão anaeróbia, o material orgânico que está presente na mistura será convertido em biogás, e este material pode ser representado pelo valor da DQO (Demanda Química de Oxigênio). Deste modo, a matéria orgânica, em termos de DQO, do substrato será decomposta por microorganismos durante o processo de fermentação no digestor para avaliar a remoção de DQO (TUNES, 2017).

Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar a eficiência de remoção de matéria orgânica, em termos de DQO, por meio da codigestão anaeróbia, utilizando lixiviado e água residuária do biodiesel em diferentes proporções de substratos e relações alimento/microrganismo (A/M).

## MATERIAL E MÉTODOS

O lixiviado utilizado neste processo foi oriundo de um aterro industrial de resíduos não perigosos (Classe II-A, conforme NBR 10004/2004). A água residuária foi proveniente de uma indústria de produção de biodiesel e o lodo foi coletado de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), todos localizados no estado do Paraná, Brasil.

Adotou-se um planejamento do tipo delineamento composto central rotacional (DCCR) (Tabela 1) para verificar a eficiência do processo de codigestão anaeróbia do lixiviado de aterro industrial e água residuária do biodiesel com base nos parâmetros estabelecidos, utilizando como variáveis independentes a porcentagem de água residuária adicionada ao lixiviado e a relação A/M.

Tabela 1 - Níveis de planejamento do delineamento composto central rotacional (DCCR).

Variáveis independentes	Níveis				
	-1,414 (- $\alpha$ )	-1	0	1	1,414 (+ $\alpha$ )
Teor de água residuária (%)	0,0	1,5	5,0	8,5	10,0
Relação A/M	0,3	0,5	1,0	1,5	1,7

Fonte: Autoria própria (2019).

Foram montados 11 reatores, sendo cada um com suas respectivas proporções de acordo com os níveis de planejamento do DCCR, mantidos em banho termostático numa temperatura de  $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  e sendo agitados manualmente todos os dias. Estes reatores foram totalmente vedados para manter o processo anaeróbio, e o processo durou 59 dias.

Para a análise de DQO, foi utilizada a metodologia de APHA (2012), sendo o método espectrofotométrico e utilizando o protocolo 5220\_D. No cálculo da eficiência de remoção da matéria orgânica a partir do valor da DQO, utilizou-se a Eq. (1).

$$\text{Remoção de DQO (\%)} = \frac{\text{DQO inicial} - \text{DQO final}}{\text{DQO inicial}} \times 100 \quad (1)$$

Após, foi realizada análise estatística por meio de um software estatístico com base nos valores obtidos na eficiência de remoção da matéria orgânica, utilizando um intervalo de confiança de 95%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da análise de DQO para a avaliação da remoção de matéria orgânica estão inseridos na Tabela 2.

Tabela 2 - Matriz do planejamento (DCCR) com os fatores reais e os resultados obtidos para as eficiências de remoção de DQO (%).

Reator	Fatores (Valores Reais)		Variável Resposta
	Água residuária do biodiesel (%)	Relação A/M ((gDQO. L) <sup>-1</sup> (gSSV. L <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup>	Eficiência de remoção de DQO (%)
1	-1 (1,5)	-1 (0,5)	82,8
2	+1 (8,5)	-1 (0,5)	88,6
3	-1 (1,5)	+1 (1,5)	86,6
4	+1 (8,5)	+1 (1,5)	92,5
5	-1,414 (0)	0 (1,0)	59,6
6	+1,414 (10)	0 (1,0)	93,8
7	0 (5)	- 1,414 (0,3)	93,5
8	0 (5)	+ 1,414 (1,7)	75,2
9	0 (5)	0 (1)	94,9
10	0 (5)	0 (1)	94,3
11	0 (5)	0 (1)	90,2

Fonte: Autoria própria (2019).

Analisando os resultados da Tabela 2, pode-se verificar, no geral, uma eficiência de remoção elevada, sempre acima de 59,6% e a maioria sendo maior que 90%.

Estes resultados são mais elevados do que os encontrados no estudo de Hasan *et al* (2018), que utilizaram do mesmo processo de codigestão anaeróbia, porém com substratos diferentes, sendo estes resíduos de indústria alimentícia, onde ocorreu uma menor remoção de matéria orgânica quando comparado ao presente estudo.

Outro estudo que também houve uma eficiência de remoção de matéria orgânica menor do que no presente estudo foi o de Afonso *et al* (2017), pois utilizaram um tratamento biológico aeróbio para o tratamento de efluentes da produção do biodiesel, mostrando que o tratamento anaeróbio pode ser mais eficiente na remoção de matéria orgânica.

Com base na eficiência de remoção de matéria orgânica, a Tabela 3 apresenta o resumo da ANOVA acompanhado do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

Tabela 3 - Resumo da Análise de Variância (ANOVA) para a remoção de matéria orgânica.

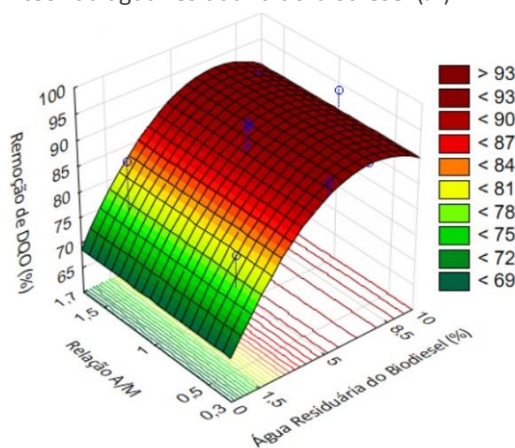
	Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado	R <sup>2</sup>
Remoção de DQO	Regressão	649,80	2	324,90	5,17	4,46	0,56
	Resíduos	502,97	8	62,87	-	-	-
	Total	1152,77	10	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria (2019).

A partir destes resultados, afirma-se que o modelo quadrático é válido estatisticamente, pois o F calculado é maior que o F tabelado, correspondendo aos dados experimentais e tornando-os possíveis de serem utilizados. Em relação ao coeficiente de determinação ( $R^2$ ), quanto maior o valor deste, variando de 0 a 1, melhor o modelo ajusta seus dados. Como o valor obtido foi de 0,56, pode-se observar que este valor não é elevado, indicando correlação positiva e moderada.

A Figura 1 apresenta a superfície de resposta obtida para a eficiência de remoção de matéria orgânica, em termos de DQO, durante a codigestão anaeróbia avaliada.

Figura 1- Superfície de resposta para remoção de DQO em função da relação A/M e do teor da água residuária do biodiesel (%)



Fonte: Autoria própria (2019).

Com base na Figura 1, observa-se que a relação A/M não interferiu na remoção da matéria orgânica. Porém, destaca-se que pelo ensaio de deseabilidade a melhor combinação foi de 7% de água residuária do biodiesel com 93% de lixiviado de aterro industrial, e relação A/M igual a 1.

## CONCLUSÃO

O processo de codigestão anaeróbia utilizando o lodo de uma estação de tratamento de efluente como inóculo, juntamente com lixiviado de aterro industrial e água residuária do biodiesel resultou, na maioria dos ensaios, em eficiência de remoção de matéria orgânica acima de 90%, principalmente quando há um teor da água residuária do biodiesel em torno de 7% e relação A/M igual a 1. Assim, destaca-se que, além de poder dar uma destinação adequada a estes poluentes, há redução de impactos que poderiam ser causados ao meio ambiente, além do processo avaliado possuir potencial de produção de biogás e consequente aproveitamento energético.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, L. F. et al. **Avaliação de tecnologias de tratamento para reuso de efluente na indústria de biodiesel**. Congresso ABES (FENASAN 2017). Rio de Janeiro – RJ. 2017.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA; AWWA; WEF). **Métodos padrão para o exame de água e esgoto**. 22 ed. Washington DC: APHA, AWWA, WE, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BRANCOLI, P. L. **Avaliação experimental da co-digestão anaeróbia de resíduos orgânicos e lodo de esgoto em digestores têxteis**. 2014. 86 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

BRITO, J. F. de et al. Tratamento da água de purificação do biodiesel utilizando eletrofloculação. **Química Nova**, Lavras - MG, v. 35, n. 4, p.728-732, 20 jan. 2012. Disponível em: <[http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=3685](http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3685)>. Acesso em: 07 ago. 2019.

HASAN, C et al. Redução das cargas orgânicas de biomassas residuais de uma indústria alimentícia por meio de tratamento anaeróbio. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 465-483, Florianópolis, abr./jun. 2018

MONTUSIEWICZ, A.; LEBIOCKA, M. Co-digestion of intermediate landfill leachate and sewage sludge as a method of leachate utilization. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 3, p. 2563 – 2571. fev 2011.

REIS, A. S. **Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio**. 2012. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.

TUNES, C. R. **Produção de biogás a partir da digestão anaeróbica de efluentes orgânicos em reator UASB**. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi - TO, 2017.