



EMPREGO DE BIOAUMENTAÇÃO NA EFICIÊNCIA DE BIODIGESTORES NO TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUINOCULTURA

Luciano dos Santos Rodrigues¹

Ivan Louzada Júnior²

Gisele Pessi Legramanti³

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques⁴

Claudiomir da Silva Santos⁵

Ariane Mística Rodrigues⁶

Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de biodigestores com e sem utilização do processo de bioaumentação, tratando efluentes de suinocultura. O trabalho foi desenvolvido em uma granja suinícola na região centro-oeste do Estado de Minas Gerais. Foi adicionado aditivo ENZILIMP[®] no biodigestor 1 conforme especificações do fabricante e comparado com o biodigestor 2 sem aplicação de aditivo. O programa de monitoramento consistiu em um conjunto de análises físico-químicas dos afluentes e efluentes dos biodigestores, os quais foram coletados com frequência semanal e analisados no laboratório de saneamento da EV-UFMG. Os parâmetros avaliados foram temperatura, pH, alcalinidade, ácidos voláteis totais, demanda química de oxigênio (DQO), e sólidos suspensos totais (SST). O tratamento com o uso do aditivo apresentou eficiência média de remoção de 88% para DQO e 62,6% para SS. Também apresentou durante todo período experimental estabilidade operacional. O biodigestor com tratamento com uso do aditivo ENZILIMP[®] favoreceram um melhor desempenho do processo de digestão anaeróbia dos biodigestores tratando efluentes de suinocultura, com destaque para o uso do aditivo ENZILIMP[®].

Palavras-chave: biogás, sustentabilidade, energia, efluente, biológico.

¹Prof. Dr. Luciano dos Santos Rodrigues, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, lsantosrodrigues@gmail.com.

²Engenheiro Agrônomo, Seleplant Biocontrole Ltda-EPP, ivan@seleplant.com.br.

³Engenheira de Bioprocessos, Millennium Tecnologia Ambiental Ltda, gisele.tecnico@enzilimp.com.br.

⁴Prof. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques, Universidade Vale do Rio Verde, roeflorestal@hotmail.com

⁵Prof. Dr. Claudiomir da Silva Santos, Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com.

⁶ Bióloga. Aluna de pós-graduação em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, arianemisticarodrigues@gmail.com..



INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das atividades econômicas de maior impacto ambiental em função do grande volume de dejetos produzido e de suas características como alto teor de matéria orgânica, sólidos e nutrientes.

O processo de digestão anaeróbica consiste na atuação de diversos microrganismos que transformam compostos orgânicos mais complexos (proteínas, carboidratos e lipídios) em produtos mais simples como o gás metano e carbônico (SANTOS, 2016). Esse é o processo fermentativo no qual a matéria orgânica é transformada em biogás e biofertilizante na ausência de oxigênio, alcançando níveis entre 60 % e 70 % de metano e 30 % e 40 % de dióxido de carbono (SIQUEIRA, 2008). É um sistema que acontece de forma equilibrada, envolvendo processos sequenciais onde 3 (três) grupos de bactérias atuam: as bactérias fermentativas (acidogênicas), as bactérias sintróficas (acetogênicas) e as arqueas metanogênicas. Sua ação é dividida em 5 estágios (SANTOS, 2016.): Hidrólise, Acidogênese, Acetogênese, Metanogênese e Sulfetogênese.

As metanogênicas acetoclásticas são os microrganismos predominantes na digestão anaeróbia, responsáveis por cerca de 60 a 70 % de toda a produção de metano. Pertencem a dois gêneros principais: *Methanosarcina* e *Methanosaeta*. As metanogênicas hidrogenotróficas praticamente todas as espécies conhecidas de bactérias metanogênicas são capazes de produzir metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono. Os gêneros mais frequentemente isolados em reatores anaeróbios são: *Methanobacterium*, *Methanospirillum* e *Methanobrevibacter*. Os microrganismos metanogênicos desempenham um papel fundamental na posição final no ambiente anaeróbio, durante a degradação de compostos orgânicos, e a sua baixa taxa de crescimento, normalmente, representa um fator limitante no processo de digestão como um todo. Dessa forma, a avaliação da atividade microbiana anaeróbica, a partir da caracterização da Atividade Metanogênica Específica – AME, tem se mostrado importante no sentido de classificar o potencial da biomassa na conversão de substratos solúveis em metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂) (CHERNICHARO, 2007)

Os avanços recentes em modelos de reatores têm aumentado a utilização da digestão

Realização



anaeróbia como forma de tratamento. Este sistema de tratamento traz vantagens quando comparado aos processos aeróbios, principalmente devido ao baixo consumo energético e a baixa produção de biomassa residual (KHALID et al., 2011).

O inóculo é o meio líquido utilizado para garantir condições ideais de degradação da matéria orgânica. Sendo assim, o inóculo utilizado nos testes de PBM deve apresentar características específicas para que o resultado seja confiável, caso contrário não se pode determinar se há limitação no potencial de produção de biogás de um substrato, ou se a limitação está na capacidade das bactérias presentes no inóculo em realizar tal degradação

A técnica de bioaugmentação consiste na introdução de uma cepa específica ou de um consórcio de organismos para aumentar a atividade biológica de um sistema (HERRERO e STUCKEY, 2015; SHAH, 2017; SZAJA, 2018) facilitando assim o processo de remediação.

A bioaugmentação vem provando ser um método valioso para melhorar o desempenho no tratamento (ZHANG et al., 2017). Além disso, pode otimizar o catabolismo de compostos específicos (por exemplo, orgânicos refratários ou demanda química de oxigênio - DQO geral) (HERRERO e STUCKEY, 2015), melhorar a remoção de contaminantes, reduzir o tempo e os custos (SPEIGHT e EL-GENDY, 2018; SKINDER et al., 2020) do tratamento.

Este trabalho avaliou em escala real o uso do aditivo ENZILIMP® no desempenho de biodigestores de lagoa coberta no tratamento de efluentes de suinocultura.

Realização



METODOLOGIA

Local de pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em uma granja suinícola localizado no centro-oeste do estado de Minas Gerais.

Todos os dejetos gerados pelo setor de recria e terminação da granja eram encaminhados por gravidade para um tanque de equalização e posteriormente bombeados para um filtro rotativo, e então encaminhados para dois biodigestores operados em paralelo, sendo que cada um recebia metade da vazão diária.

Os dois biodigestores possuíam características idênticas, como volume, relação comprimento/largura e profundidade (tabela 1)

Os dois biodigestores avaliados foram denominado de Biodigestor 1 que recebeu o aditivo ENZILIMP® e o biodigestor 2 que foi a testemunha. Semanalmente eram adicionados 2 Kg de aditivo no biodigestor 1, sendo que para aplicação o aditivo era hidratado com água durante uma hora e posteriormente lançado na entrada do biodigestor.

Tabela 1: Valores operacionais dos biodigestores 1 e 2.

Unidade	Volume (m ³)	Vazão (m ³ d ⁻¹)	COV (kgDQO m ⁻³ .d ⁻¹)	TDH (d)
Biodigestor 1	2.500	125	0,45	20
Biodigestor 2	2.500	125	0,45	20

Monitoramento

O programa de monitoramento foi realizado semanalmente por meio de análises físico-químicas. Os principais parâmetros avaliados foram: temperatura, pH, alcalinidade total, parcial e intermediária, relação alcalinidade intermediária/alcalinidade parcial (relação AI/AP), ácidos voláteis totais (AVT), demanda química de oxigênio (DQO), e sólidos suspensos (SS). As amostras foram coletadas na entrada e saída dos dois biodigestores.

Realização



As amostras coletadas foram acondicionadas e transportadas, de maneira a manter suas características até o laboratório, sendo realizadas no Laboratório de Saneamento do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da UFMG.

O pH foi determinado de acordo com APHA, AWWA, WEF (2012). Os parâmetros alcalinidade parcial (AP), obtidos com a titulação da amostra até pH 5,75 e alcalinidade intermediária (AI), com titulação até pH 4,30, foram determinados de acordo com as metodologias descritas por APHA, AWWA, WEF (2012). Esta última, com o objetivo de distinguir a contribuição relativa do efeito tampão, produzido por bicarbonatos. Por meio desta metodologia determinou se também o valor da alcalinidade total (AT) o qual foi calculado por $AT = AP + AI$.

A determinação dos ácidos voláteis totais (AVT) por titulometria foi feito baseado no volume de hidróxido de sódio consumido para elevar o pH de 4,0 para 7,0, após ter se extraído da amostra o sistema carbônico, reduzindo se o pH para 3,4 e aquecendo se o mesmo até a fervura por 3 minutos, conforme descrito por DILALLO & ALBERTSON (1961).

A DQO total foi determinada submetendo-se as mesmas ao método colorimétrico e digestão com refluxo fechado em tubos de cultura segundo APHA, AWWA, WPCF (2012).

Para determinação dos sólidos suspensos totais, seguiu-se a metodologia descrita por APHA, AWWA, WPCF (2012), com a filtragem da amostra em papel de filtro Gf/C 47 já previamente preparados, lavados, secos em estufa por 24h, esfriados em dessecador e pesados, tendo o peso 1. Cada papel de filtro foi pesado, identificado e colocado em cadinhos de porcelana. Para preparo das amostras, foram filtrados 10ml de cada ponto, colocadas nos devidos cadinhos e levados para estufa até a completa secagem. Então os os papéis de filtro após secos foram retirados, esfriados em dessecador e pesados novamente, obtendo-se o peso 2. Por último, os papéis de filtro foram levados para a mufla à 600°C (\pm 30 minutos), resfriados em dessecador e mais um vez pesados, tendo o peso 3.

Realização



Figura 1. Biodigestor 2 (Testemunha).

Fonte: Acervo do autor.

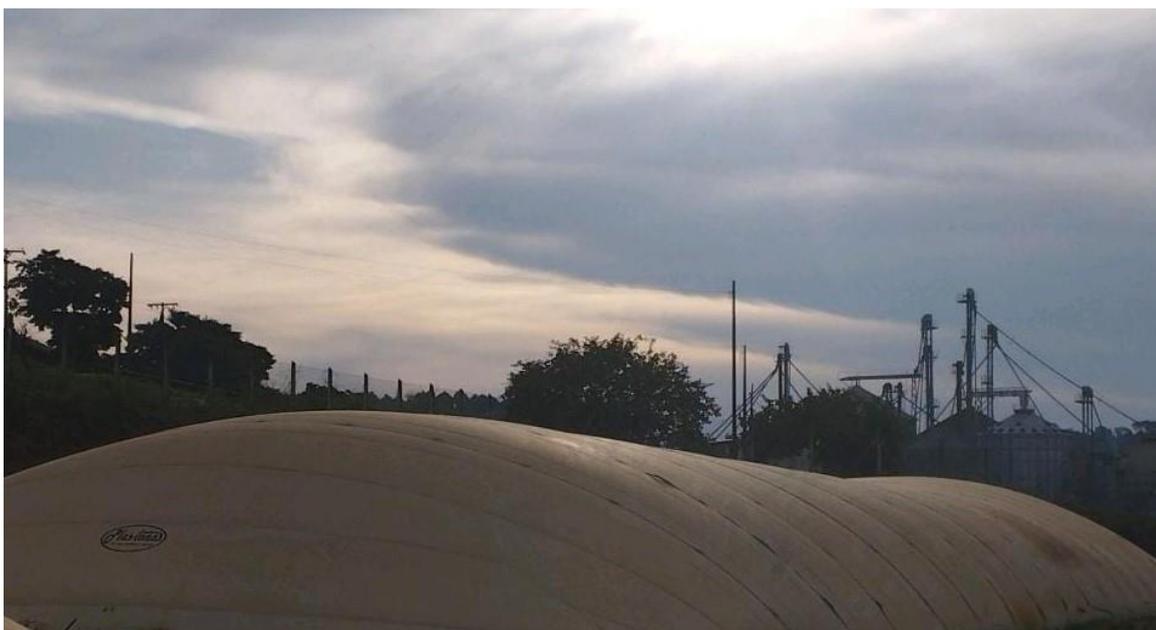


Figura 2. Biodigestor 1 (com adição do ENZILIMP®).

Fonte: Acervo do autor.

Realização



Análise estatística

Foi realizada análise estatística dos valores obtidos por meio de média, desvio padrão, coeficiente de variação e valores máximo e mínimo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros físico-químicos de cada tratamento avaliado durante o período experimental estão descritos na tabela 1.

Tabela 01: Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos do esgoto bruto e dos biodigestores 1 e 2 (B1 e B2) durante o período experimental.

Tratamentos	pH	Relação AI/AP	AVT	DQO	SST
EB	6,96±0,21	1,04±0,20	212±39	8884±3019	1716±584
B1	7,43±0,19	0,28±0,11	89±14	1043±434	657±310
B2	7,50±0,05	0,32±0,10	96±18	2056±1150	806±452

Conforme tabela 1, os valores de pH no esgoto bruto e nos efluentes do B1 e B2 ficaram na faixa de neutralidade, sem variação significativa entre os biodigestores e com valores superiores ao do esgoto bruto, o que evidencia aumento do pH ao passar pelos biodigestores mostrando estabilidade no B1 e B2, o que é o ideal para a digestão anaeróbia.

Os valores médios da relação AI/AP no B1 foi de 0,28 e no B2 de 0,32. De acordo com Ripley et al. (1986), valores da relação AI/AP superiores a 0,3 indicam a ocorrência de distúrbios no processo de digestão anaeróbia. Já de acordo com FORESTI (1999), é possível ocorrer estabilidade no processo com valores diferentes de 0,3. A relação AI/AP nos dois biodigestores foram próximas com valores abaixo de 0,30 no B1 e superior no B2, não havendo problemas com instabilidade, sendo que o uso do aditivo se mostrou com melhor resultado.

Realização



Efeito semelhante aconteceu com os ácidos voláteis totais com valores médios menores no biodigestor que usou o aditivo ENZILIMP®.

O equilíbrio dos AVT é importante no funcionamento da biodigestão anaeróbia. Altas concentrações de AVT podem afetar o processo de biodigestão anaeróbia e causar distúrbios no processo. Os valores de AVT recomendados por GERARDI (2003) variam de 50 a 500 mg L⁻¹, para que o processo anaeróbio se mantenha estável. Os valores médios dos dois biodigestores ficaram na faixa recomenda, com valores menores no B1.

Os resultados das concentrações efluentes de DQO no B1 foi significativamente inferior ao do B2 mostrando melhor desempenho do biodigestor que foi aplicado o aditivo.

Os valores médios de SS do efluente no B1 foi também inferior que a do B2, comportamento esse semelhante ao de DQO.

Na tabela 2 são mostrados os valores médios de eficiência de remoção de DQO e SS para B1 e B2.

Tabela 02: Valores médios de eficiência de remoção de DQO e SS nos biodigestores 1 e 2 durante o período experimental.

Parâmetro	Eficiência de Remoção (%)	
	B1	B2
DQO	88	77
SS	62,6	52,5

Observou-se altas eficiências de remoção de DQO nos dois biodigestores, com diferença significativa entre B1 e B2. O mesmo acontece com SS, evidenciando um melhor desempenho do biodigestor 1 que recebeu o aditivo ENZILIMP® mostrando que o uso do aditivo proporcionou condições bioquímicas favoráveis para o desempenho dos microrganismos responsáveis pela digestão anaeróbia.

Os resultados alcançados neste trabalho mostraram que o uso de aditivo ENZILIMP® favoreceram o processo de digestão anaeróbio promovendo estabilidade ao biodigestor e aumentado a eficiência de remoção de matéria orgânica e sólidos.



CONCLUSÕES

Os biodigestores com tratamento com uso do aditivo ENZILIMP® favoreceram um melhor desempenho do processo de digestão anaeróbia dos biodigestores tratando efluentes de suinocultura, com destaque para o uso do aditivo ENZILIMP®.

AGRADECIMENTOS

SELEPLANT BIOCONTROLE LTDA-EPP

MILLENNIUM TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA

REFERÊNCIAS

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22th ed. Washington, D. C., USA: American Public Health Association, 2012.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. 2 ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 5).

FORESTI, E. Fundamentos do tratamento anaeróbico. In: VAN HAANDEL, A.C. et. Al. **Tratamento de esgotos sanitários por processos anaeróbicos e disposição controlado no solo**. Rio de Janeiro: ABES: 1999, cap2, p 31-35.

GERARDI, M.H. **The microbiology of anaerobic digesters**. Jon Wiley & Sons, 2003. 130 p.

HERRERO, M; STUCKEY, DC. Bioaugmentation and its application in wastewater treatment: a review. **Chemosphere**, v. 140, p. 119-128, dez. 2015.

KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; MAHMOOD, T.; DAWSON, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. **Waste Management**, v. 31, p. 1737-1744, 2011.

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.

SANTOS, C.A. **Tratamento de Efluente de Laticínio em Reator Anaeróbico**

Realização



Compartmentado. Universidade Federal de São Paulo- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, 2016.

SHAH, M. Bio-Augmentation: a fantabulous technology in waste water treatment. **International Journal of Waste Resources**, v. 7, n. 1, p. 1-3, 2017.

SKINDER, BM; UQAB, B; GANAI, BA. Bioremediation: a sustainable and emerging tool for restoration of polluted aquatic ecosystem. In: QADRI, H; BHAT, RA; MEHMOOD, MA; DAR GH (ed). **Fresh water pollution dynamics and remediation**. Singapore: Springer Singapore Pte Ltd., 2020. p. 143-166.

SPEIGHT, JG; EL-GENDY, NS. **Introduction to petroleum biotechnology**. Cambridge: Gulf Professional Publishing, 2018. 566 p.

SZAJA, A; LAGÓD, G; JAROMIN-GLÉN, K; MONTUSIEWICZ, A. The effect of bioaugmentation with archaea on the oxygen uptake rate in a sequencing batch reactor. **Water**, v. 10, n. 5, p. 1-11, 2018.

SIQUEIRA, T.V. **AQUICULTURA: A NOVA FRONTEIRA PARA AUMENTAR A PRODUÇÃO MUNDIAL DE ALIMENTOS DE FORMA SUSTENTÁVEL**. Instituto de Pesquisa Aplicada, jul-dez 2017.

ZHANG, Q; YANG, G; ZHANG, L; ZHANG, Z; TIAN, G; JIN, R. Bioaugmentation as a useful strategy for performance enhancement in biological wastewater treatment undergoing different stresses: application and mechanisms. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 47, n. 19, p. 1877-1899, 2017.

Realização