SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, BIOCOMBUSTÍVEIS E MARKETING
Fatec Jaboticabal Nilo De Stéfani

EDIÇÃO 2020 – RESUMO EXPANDIDO – TRABALHO CIENTÍFICO

TRATAMENTO BIOLÓGICO DE MELAÇO DE SOJA EM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE REATORES ANAERÓBIOS

BIOLOGICAL TREATMENT OF SOYBEAN MOLASTS IN DIFFERENT CONFIGURATIONS OF ANAEROBIC REACTORS

Bruna Sampaio de Mello[I]
Brenda Clara Gomes Rodrigues[II]
Mateus Paula da Silva[III]
Lucas Monteiro Cordeiro[IV]
Marcos José Avancini[V]
Arnaldo Sarti[VI]

RESUMO

Ocultivo de soja ocupa parte significativa das terras cultiváveis do mundo, principalmente em países em desenvolvimento como Brasil e Argentina. Dentre os diversos produtos e subprodutos da cadeia da soja, o melaço de soja, obtido como subproduto da produção de proteína concentrada de soja, ainda não possui um processo consolidado de reaproveitamento e disposição final. O objetivo deste trabalho é analisar e comparar o tratamento biológico desse subproduto em dois reatores de baixo custo: reatoranaeróbio de manta de lodo (UASB) e reator compartimentado anaeróbio/aeróbio (RCAA). Ambos os reatores foram inoculados com lodo granular e operados em condições mesofílicas (20 - 30 ° C). Eficiências de remoção de DQO superiores a 80% e 91% foram obtidas no UASB e noRCAA, respectivamente. Rendimento médio máximo de biometano de 376,2 $mLCH_4$ $gCOD^{-1}$ foi obtido para concentração de DQO de 4.000 mg L^{-1} no UASB, ao passo que a produção de biogás foi teoricamente estimada atingindo 468 $mLCH_4$ $gCOD^{-1}$ na concentração de DQO de 6.000 mg L^{-1} no RCAA. Os resultados demonstraram que o melaço de soja pode ser biologicamente tratado, bem como pode ser produzido biogás com alto teor de metano.

Palavras-chave: Melaço de soja. Tratamento anaeróbio. Reator UASB. Reator RCAA. Biogás.

[I]Engenheira Química e pós-graduanda em Química do Instituto de Química de Araraquara – São Paulo – Brasil. E-mail:brunamello30@gmail.com
[II]Engenheira de Bioprocessos e Biotecnologia e pós-graduanda em Biotecnologia do Instituto de Química de Araraquara – São Paulo – Brasil E-mail:brendaclaragr@gmail.com
[III]Estudante do curso de Bacharelado em Engenharia Química do Instituto de Química de Araraquara – São Paulo – Brasil. E-mail:mateus.paula@unesp.br
[IV]Estudante do curso de Bacharelado em Engenharia Química do Instituto de Química de Araraquara – São Paulo – Brasil. E-mail:lm.cordeiro@unesp.br
[5]Estudante do curso de Bacharelado em Engenharia Química do Instituto de Química de Araraquara – São Paulo – Brasil. E-mail:marcos.avancini@unesp.br
[6] Engenheiro Químico e Prof. do Instituto de Química de Araraquara – São Paulo – Brasil. E-mail: arnaldo.sarti@unesp.br

SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, BIOCOMBUSTÍVEIS E MARKETING | Fatec Jaboticabal Nilo De Stéfani

EDIÇÃO 2020 – RESUMO EXPANDIDO – TRABALHO CIENTÍFICO

ABSTRACT

Soybean production occupies a significant part of the world´s arable land, especially in developing countries such as Brazil and Argentina. Soybean goods production generated a great number of byproducts without effective commercial value like the soybean molasses. The purpose of this work is to analyze and compare the treatability this byproduct in two low-cost reactors: AABR and UASB. Both reactors were seeded with granular inoculum and operated at mesophilic conditions (20 – 30°C). COD removal efficiency higher than 80% and 91% was obtained in the UASB and AABR, respectively. Maximum mean biomethane yield of 376.2 $mLCH_4$ $gCOD^{-1}$ was obtained at COD concentration of 4,000 mg L^{-1} in the UASB while biogas production was theoretically estimated reaching 468 $mLCH_4$ $gCOD^{-1}$ at COD concentration of 6,000 mg L^{-1} in the AABR.The results demonstrated that soybean molasses can be efficient biologic treated as well as biogas with high methane content can be produced.
Keywords: Soybean molasses. Anaerobic treatment. UASB reactor. AABR reactor. Biogas.

Área do resumo:Biocombustíveis
Data de submissão: 12/10/2020
Data de aprovação: 03/11/2020.

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da soja (plantação, produção e comercialização) está vinculada à geração de diversos produtos de alto valor agregado tais como óleos vegetais, margarinas, proteína (texturizada, concentrada, isolada), biodiesel, entre outros. Porém, apesar de possuir um elevado valor comercial e grande importância socioeconômica, o processamento da soja está vinculado à geração de uma gama de subprodutos e resíduos que não possuem, até o momento, destinação adequada ou efetivo valor comercial. Dentre eles, destaca-se o melaço de soja, subproduto da concentração de proteínas do farelo de soja. Estudos apontam sua utilização como matéria-prima para ração animal, como substrato em processos fermentativos e até mesmo como combustível de caldeira industrial (LOMAN; JU, 2016).

A produção de biogás por meio da digestão anaeróbia se apresenta como opção alternativa e sustentável para a destinação desse subproduto, que, além de possuir alta concentração de açúcares, contém nitrogênio, e outros macros e micronutrientes como o potássio, fósforo, magnésio, essenciais para a digestão anaeróbia por microrganismos. Logo, o principal objetivo desse trabalho é avaliar e comparar o potencial de tratamento biológico do melaço de soja em dois reatores anaeróbios de alta taxa. Um reator, UASB, já considerado como uma tecnologia consolidada e amplamente utilizado no tratamento de águas residuárias, e um reator não convencional que vem buscando espaço no tratamento de efluentes mais complexos, o RCCA.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O melaço de soja é um subproduto da soja que não tem valor comercial efetivo. É um resíduo do processamento da soja, resultante da extração de açúcares do farelo de soja sem

óleo. Para cada tonelada de farelo de soja 30% é convertido em melaço de soja(YANG; YU, 2013). Além disso, é um subproduto rico em açúcares fermentáveis, como frutose, glicose, sacarose, até estaquiose e rafinose, bem como quantidades consideráveis de proteínas, fibras, cinzas e sais inorgânicos(OBENDORF; KOSINA, 2008).

O reator UASB é um reator amplamente conhecido e aplicado no tratamento anaeróbio, capaz de tratar diversos tipos de águas residuárias e promovendo a produção de biogás na grande maioria dos casos (DAUD *et al.*, 2018). Além disso, reatores UASB apresentam uma grande versatilidade em termos do tratamento de uma ampla variedade de resíduos, incluindo, inclusive compostos recalcitrantes ou tóxicos.

RCAA é um reator anaeróbio de alta taxa promissor, que ainda não é comumente encontrado em grande escala. Porém, devido à sua configuração, o reator apresenta algumas vantagens em relação a outros sistemas bem estabelecidos (BARBER; STUCKEY, 1999). Inclusive, a adição de uma câmara aeróbia após as câmaras anaeróbias se apresenta como uma estratégia de polimento do efluente anaeróbio, ao promover a remoção daDQO residual e sólidos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos utilizados são apresentados nas subseções a seguir

3.1 Inóculo e substrato

O substrato de ambos os reatores foi composto de melaço de soja, de bicarbonato de sódio, como alcalinizante (1 a 3 g L^{-1}), e gotas de detergente, cerca de 0,04 mg L^{-1} (fonte adicional de fósforo). O melaço de soja foi diluído em água de abastecimento público e acondicionado em tanque de alimentação de 20 L (vidro). As diluições foram realizadas para obtenção dos valores de DQO entre de 500 e 6000 mgO_2 L^{-1} de acordo com a carga orgânica a ser aplicada ao reator.

Os reatores foram inoculados com 3L (UASB) e 6L (RCAA) - 2 L para cada câmara anaeróbia - de um lodo do tipo granular proveniente de reatores UASB da Estação de tratamento de esgotos do abatedouro de uma avícola localizada em Tiete/SP. A câmara aeróbia do RCAA não foi inoculada.

3.2. Aparato experimental e condições operacionais

Ambos os reatores em escala de laboratório foram instalados e operados no Instituto de Bioenergia (IPBEN) de Araraquara (UNESP).O reator UASB de 10,2 L e o reator ABR de 20 L foram operados continuamente alimentando o melaço de soja diluído a uma taxa de fluxo constante usando uma bomba dosadora (GRUNDFUS DDE 6-10B). A quarta câmara do ABR foi abastecida com oxigênio por um compressor de ar (MAXXI PRO, 2000). Seis condições operacionais foram aplicadas em ambos os reatores, conforme descrito na Tabela 1.

SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, BIOCOMBUSTÍVEIS E MARKETING
Fatec Jaboticabal Nilo De Stéfani
EDIÇÃO 2020 – RESUMO EXPANDIDO – TRABALHO CIENTÍFICO

Tabela 1 - Condições operacionais aplicadas aos reatores UASB e RCAA

Período	UASB			RCAA		
	DQO (mgL^{-1})	TDH (h)	COV ($kg\ m^{-3}\ d^{-1}$)	DQO (mgL^{-1})	TDH (h)	COV ($kg\ m^{-3}\ d^{-1}$)
1	500	48	0.25	800	48	0,43
2	1.000	48	0.50	1600	48	0,81
3	2.000	48	1.00	3000	48	1,59
4	2.000	24	2.00	4000	48	1,95
5	4.000	24	4.00	5000	48	3,10
6	4.000	12	7.00	6000	36	3,86

Fonte: Autoria própria (2020)

3.3. Métodos analíticos

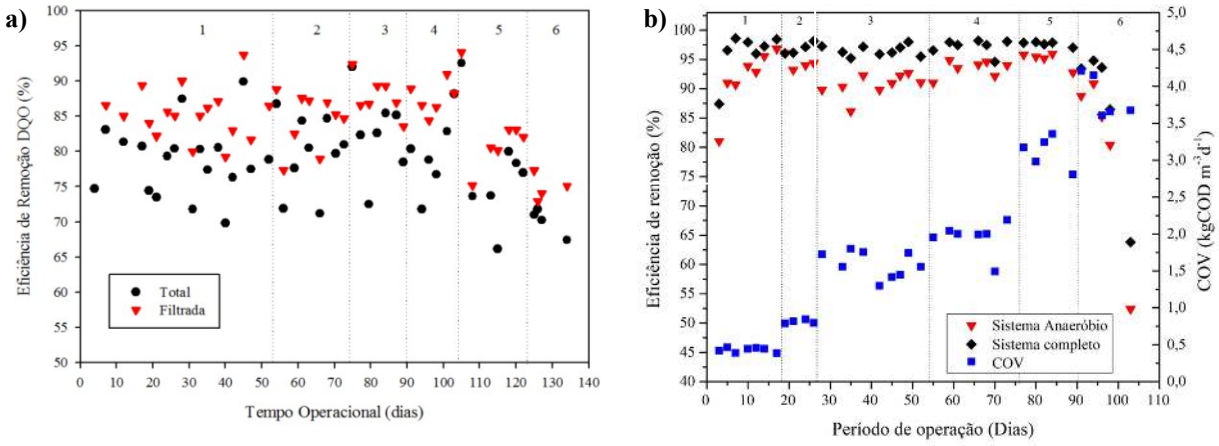
O monitoramento e o desempenho dos sistemas foram avaliados por meio de análises da fase líquida, fase gasosa e do lodo. Os parâmetros físicos e químicos analisados foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD) e pH,de acordo comAPHA (2005). Alcalinidade total, alcalinidade do bicarbonato (BA) e ácidos voláteis totais (AVT) foram medidos de acordo comRipley et al., (1986) e Dilallo; Albertson, (1961), respectivamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do monitoramento do desempenho dos dois reatores, conforme mostrado na Figura 1 (a e b), indicaram que no inóculo foi capaz de se adaptar rapidamente ao substrato. Durante todo período de operação, nas seis condições impostas, ambos os sistemas mostraram uma eficiência média na remoção de COD superior a 80% para UASB e 91% e 97% para sistema anaeróbio e a após a câmara aeróbia do RCAA, respectivamente. A concentração média de DQO no efluente variou entre 107 a 1219mgL^{-1} e 34,4 a 763 mgL^{-1}, para o UASB e após a câmara aeróbia do RCAA, respectivamente. Logo, tais resultados demonstram que ambos os sistemas apresentam boa estabilidade em termos de remoção de matéria orgânica e efluente de boa qualidade em cada etapa operacional, mesmo com o aumento da carga orgânica aplicada.O arraste de biomassa foi desprezível nos experimentos, uma vez que as concentrações de SST no efluente se mantiveram na faixa de 8 a 44 mgL^{-1}, para RCAA, e 32 a 87 mgL^{-1}no UASB.

SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, BIOCOMBUSTÍVEIS E MARKETING
Fatec Jaboticabal Nilo De Stéfani
EDIÇÃO 2020 – RESUMO EXPANDIDO – TRABALHO CIENTÍFICO

Figura 1 - Carga orgânica volumétrica (COV) aplicada e eficiência de remoção de DQO do a) UASB e b) RCAA durante as fases de operação.



Fonte: Autoria Própria (2020)

AB e AVTse mantiveram constantes ao longo do experimento nas fases 1 e 2 de ambos os reatores, devido principalmente à adaptação da biomassa ao substrato. A concentração de AB foi menor que 300 e 500 $mgCaCO_3L^{-1}$, no UASB e RCAA nas fases iniciais, respectivamente. Em ambos os reatores, a concentração de AVT diminuiu ao longo do sistema com valores médios de VFA variando entre 81 ±21a 272 ±135$mgHacL^{-1}$ e 28 ± 3,5 a 226±296$mgHacL^{-1}$ no UASB e RCAA, respectivamente. Nota-se um comportamento similar em ambos os sistemas em termos de consumo de ácidos, durante todos os períodos de operação.

A produção de biogás foi mensurada com a utilização do medidor de deslocamento de líquido com a utilização de um medidor em tubo “U” (NETO et al., 2014), sendo quantificada para as várias fases de operação do UASB e do RCAA. Para o reator UASB, foi possível notar que a produção de biogás aumentou de acordo com o aumento da carga orgânica aplicada em cada fase, de 12±5mL d^{-1} durante a fase 1 até 1.456±426 mL d^{-1}na fase 6.No entanto, para o RCAA, não foi possívelmensurar continuamente e de forma confiável a produção de biogás, devido principalmente a despressurizaçãodo reator, sendodeterminada teoricamente, de acordo comChernicharo (2015), em termos da DQO removida, variando de 340 mL d^{-1}, na fase 1, até 2.680 mL d^{-1} na fase 6.

5 CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos foi possível constatar que o melaço de soja pode ser convertido a biogás pelo processo de digestão anaeróbia em reator UASB e RCAA com até TDH de 24 e 36h e concentração de substrato de 4.000 e 6.000 mgO_2L^{-1}, respectivamente. Para as seis fases operacionais aplicadas em ambos os reatores, o tratamento biológico anaeróbio foi efetivo, atingindo-se eficiências médias próximas de 80% (UASB) e 91% (RCAA) em termos de remoção de matéria orgânica e produção máxima de biogás de 1822 mLd^{-1} (UASB).Dessa forma, foi possível concluir que o melaço de soja é um substrato interessante para geração de biogás para uso energético de forma sustentável, empregando o processo biológico anaeróbio em reatores de alta taxa.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. S**tandard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2005.

BARBER, W. P.; STUCKEY, D. C. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: A review. **Water Research**, v. 33, n. 7, p. 1559–1578, 1999.

CHERNICHARO, C. A. L. **Anaerobic Reactors**. 1. ed. London: IWA publishing, 2015.

DAUD, M. K. et al. Review of upflow anaerobic sludge blanket reactor technology: Effect of different parameters and developments for domestic wastewater treatment. **Journal of Chemistry**, v. 2018, 2018.

DILALLO, R.; ALBERTSON, O. E. Volatile Acids By Direct Titration. **Water Pollution Control Federation**, v. 33, n. 4, p. 356–365, 1961.

LOMAN, A. Al; JU, L. K. Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals. **Process Biochemistry**, v. 51, n. 8, p. 1046–1057, 2016.

NETO, J. G. et al. Quantificação de biogás em reatores anaeróbios através do método de deslocamento de volume de água. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 16, n. 1, p. 45–53, 2014.

OBENDORF, R L.; KOSINA, S. M. Soluble carbohydrates in soybean. In: Ng, T. B. (ed.) **Soybean: biochemistry, chemistry and physiology**. Rijeka: InTech Open, 2008. Chap. 13,p. 201–228.

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.

YANG, S. T.; YU, M. Integrated biorefinery for sustainable production of fuels, chemicals, and polymers. In: YANG, S. T.; EL ENSHASY, H.; THONGCHUL, N. (ed.). **Bioprocessing technologies in biorefinery for sustainable production of fuels, chemicals, and polymers.** Hoboken: John Wiley& Sons, 2013. Chap. 1, p. 1-26