

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA DE EFLUENTE DA AGROINDÚSTRIA ACEROLEIRA E PRODUÇÃO DE METANO EM REATOR UASB

Rodrigo Torres Silva¹; Eduardo Souza Costa Barros¹; Damiana da Silva Rodrigues²; Miriam Cleide Cavalcante Amorim³; Paula Tereza de Souza e Silva⁴
Autor para correspondência: rodxortres@hotmail.com

¹Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro-BA; Bolsista PET - Conexões e Saberes: Saneamento Ambiental; ²Técnica em Química, UNIVASF; ³Prof. DSc. Tutora do PET - Conexões e Saberes: Saneamento Ambiental, UNIVASF; ⁴Pesquisadora da Embrapa Semiárido

RESUMO

A acerola é uma fruta que possui alto teor de ácido ascórbico, e a extração deste composto gera efluente líquido com alto teor de matéria orgânica, assim possuindo potencial poluidor. Tendo-se isso, este trabalho teve como objetivo avaliar remoção de matéria orgânica, em termos de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e quantificar volume de metano produzido, em reator tipo *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) com efluente da agroindústria da acerola. O reator operou sob os regimes de batelada e fluxo contínuo à temperatura ambiente (30 ± 2 °C) durante 53 dias, com Carga Orgânica Volumétrica de $4,0 \text{ g DQO.L}^{-1}.\text{d}^{-1}$ e Tempo de Retenção Hidráulico de 24 horas. A eficiência média da remoção da matéria orgânica foi de 79,16% e 80,58% respectivamente. O reator produziu em média 1,04 L/dia e no máximo 2,60 L/dia de metano em fluxo contínuo, assim como volume teórico de metano de 2,76 L/dia. O metano obtido a uma taxa de produção de $0,115 \text{ LCH}_4.\text{g}^{-1}\text{DQO}_{\text{rem}}$ apresentou um rendimento de 37,79% quando comparado com o metano teórico.

PALAVRAS-CHAVE: biogás; biodigestão anaeróbia; demanda química de oxigênio

INTRODUÇÃO

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) é uma fruta tropical de grande valor nutricional, que se destaca devido ao alto teor de ácido ascórbico (vitamina C), antocianinas e carotenóides. O Brasil é visto como o maior produtor, consumidor e exportador de acerola no mundo, sendo a região Nordeste a maior produtora (EMBRAPA, 2012).

Grande parte da produção é para fornecer fruta fresca, mas há uma tendência mundial em produtos processados, com o intuito de manter e aproveitar as características desejáveis da fruta que podem ser perdidas após a colheita, gerando assim subprodutos, e conseqüentemente resíduos e efluentes agroindustriais (BARTHOLO, 1994).

A extração do ácido ascórbico da acerola verde gera efluente líquido com alto teor de matéria orgânica, o que faz possuir alto potencial poluidor (FERNANDES JUNIOR, 2001).

Para o tratamento de efluentes industriais, agropecuários e domésticos com elevados teores de matéria orgânica, têm-se utilizado os reatores biológicos anaeróbios, dentre os quais o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB), se sobressai pela simplicidade operacional, baixos tempos de detenção hidráulica e pela geração de biogás utilizado como fonte de energia alternativa (VAN HAANDEL e LETINGA 1994).

Sendo considerado como um recurso renovável, o biogás é composto por metano (CH_4), gás carbônico (CO_2) e gases-traço. Este composto gasoso é resultado da biodigestão anaeróbia realizada por colônias mistas de microrganismos (BLEY JR., 2015).

A produção de metano durante a biodigestão anaeróbia é influenciada por diversos fatores, sendo alguns deles, temperatura, pH, micronutrientes, macronutrientes, que devem estar na faixa ótima a fim de fornecer condições ideais para os microrganismos responsáveis pela biodigestão anaeróbia (CHERNICHARO, 2007)

OBJETIVOS DO TRABALHO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a remoção de matéria orgânica, em termos de Demanda Química de Oxigênio (DQO), do efluente da agroindústria da acerola, assim como quantificar o volume de metano produzido em reator tipo *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB).

MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente agroindustrial utilizado é proveniente da empresa de processamento de acerola NIAGRO - Nichirei do Brasil Agrícola Ltda, localizada em Petrolina, Pernambuco, com coordenadas geográficas de 9°23'43" longitude Sul 40°31'44" longitude Oeste.

O reator foi construído com material acrílico em escala de bancada com separador trifásico e defletores de gases (Figura 1), e possui volume útil de 3,14 L. Antes de iniciar a operação, foi previamente inoculado com lodo de reator tipo Anaeróbico de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB) proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto – Centro, da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) em Petrolina – PE, para se aclimatar a população microbiana, e coberto com papel alumínio para fornecer um ambiente adequado a mesma. Foi adotado como volume de inoculo 1,0 L de lodo com carga biológica de 12 kg SSV.m³ equivalente a 30% do volume útil do reator, valor este na faixa recomendada por Lettinga *et al.* (1983).

Figura 1: Representação esquemática do aparato experimental utilizado na pesquisa.



Fonte: Autor

A operação durou 53 dias à temperatura ambiente (30 ± 2 °C), sendo dividida em duas etapas: a partida foi rápida (AMORIM, 2015) e ocorreu sem agitação por 6 dias, em regime de batelada; A partir do 7º dia, após complementação do volume útil do reator com solução nutriente (0,7 L \approx 20% do volume útil do reator) de acordo com o método de Florencio (1994) bem como com carga orgânica volumétrica de 4,0 g DQO.L⁻¹d⁻¹ superior ao recomendado por Lettinga *et al.* (1983) e o afluente a uma, , iniciou-se a segunda etapa de operação, onde o reator permaneceu em fluxo contínuo, sendo alimentado por uma bomba peristáltica (MasterFlex L/S Cole Parmer®) com vazão constante de 2,2 mL.min⁻¹ e Tempo de Detenção Hidráulico (TDH) de 24 horas.

No processamento, foi coletado na ultrafiltração do afluente da acerola verde e em seguida armazenado em reservatórios plásticos de polipropileno (20 L), mantidos refrigerados a 4 °C, a fim de preservar as características físico-químicas.

O experimento foi inteiramente conduzido no Laboratório de Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, com coordenadas geográficas de 09° 26' 56" latitude Sul e 40° 31'

27" longitude Oeste, e a altitude média de 356 m. Durante a operação foi monitorado diariamente parâmetros físico-químicos, sendo determinados: pH do afluente e efluente, temperatura de operação, produção de metano e eficiência de remoção de matéria orgânica através da análise de DQO do afluente e efluente de acordo com o TDH determinado. Foi realizado o controle do pH do afluente com bicarbonato de sódio comercial.

As análises foram realizadas obedecendo os métodos analíticos e recomendações do *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) e estão descritos na Tabela 1. A Demanda Química de Oxigênio (DQO) foi realizada em triplicata.

Tabela 1. Análises realizadas durante a operação.

Parâmetros	Método
Demanda Química de Oxigênio	Colorimétrico – 5220 D
Metano	Medição Direta do Volume de Metano (Aquino <i>et al.</i> , 2007)
pH	Potenciométrico
Temperatura	2550 B

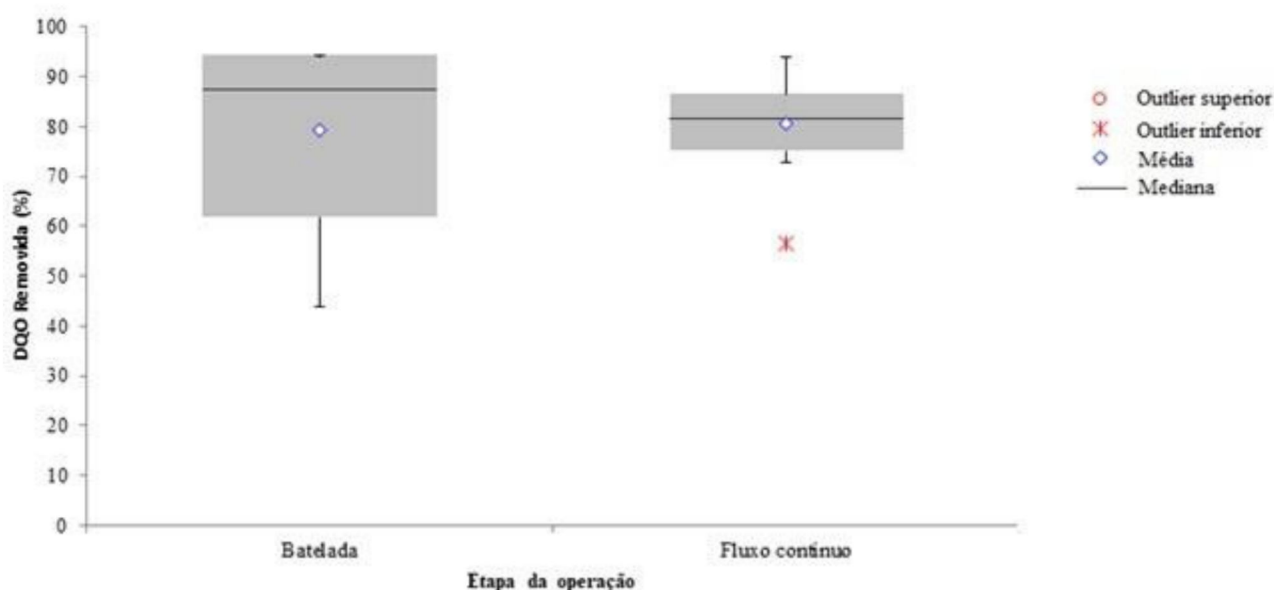
Durante o funcionamento do sistema operacional ocorreram perdas de gás por diversos fatores, alguns deles indicados por Oliveira (2004), ao formular que o gás pode escapar para a atmosfera através do separador de fases ou por vazamentos e citados por Van Haandel & Lettinga (1994) ao afirmarem que estas perdas em reatores UASB podem ser de 20 a 50% do volume teórico esperado.

Com base nos dados obtidos, foram calculados volume teórico de metano (V_{TCH_4}), considerando a remoção média e adotando $Y_{OBS} = 0,15 \text{ kgDQO}_{lodo} \cdot \text{kg}^{-1} \text{DQO}_{aplicada}$, rendimento de metano em relação ao metano teórico (R_{CH_4}) e a taxa de produção de metano (T_{CH_4}), de acordo com Chernicharo (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em regime de batelada eficiência média de remoção de matéria orgânica atingiu 79,16%. A eficiência máxima de remoção (82,05%) foi obtida no terceiro dia de operação e representou 25% (Terceiro quartil=93,89% e Haste superior=94,35%) de todos os valores determinados (Figura 2). Os valores apresentados se mostraram superiores aos encontrados por diversos autores em partidas de reatores anaeróbios utilizando afluentes agroindustriais. Ribas (2006) ao avaliar o uso de tratamento anaeróbio mesófilico em efluente proveniente da indústria sucroalcooleira com biomassa imobilizada operado em bateladas sequenciais (ASBBR) encontrou valores de remoção variando de 75% a 85% ao aplicar cargas volumétricas de 2,85 a 36 gDQO.L⁻¹.d⁻¹.

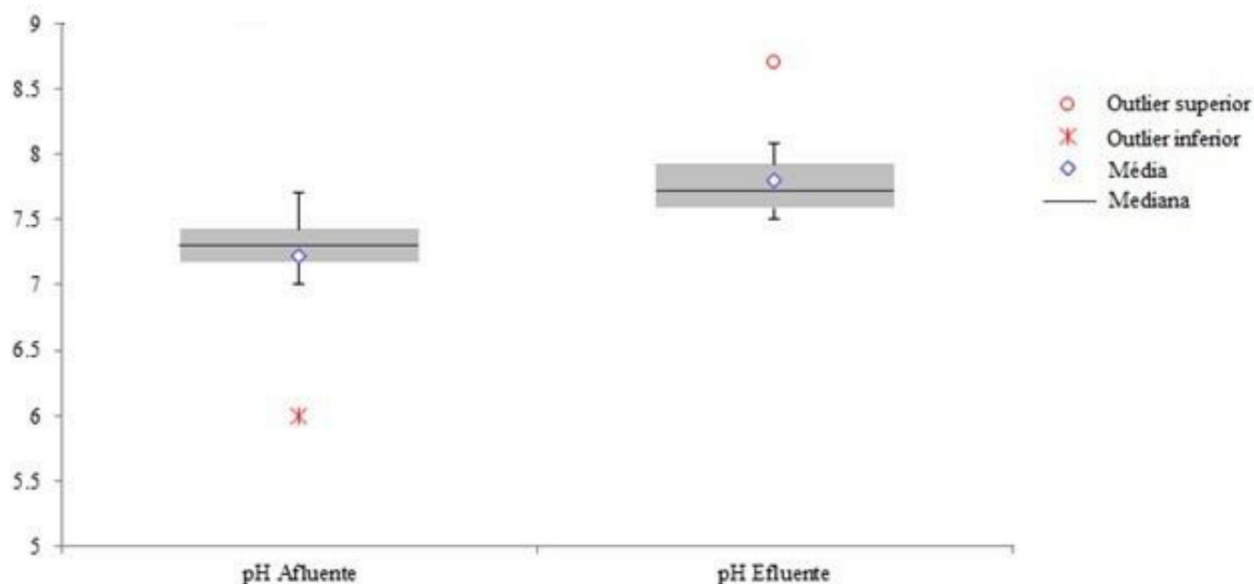
Figura 2. Boxplot: Eficiência da remoção de DQO.



Em fluxo contínuo, o reator apresentou remoção média de 80,58%. Diversos autores encontraram valores inferiores, caso de Campos *et al.* (2005), avaliando a operação de um reator UASB no tratamento de efluente proveniente da suinocultura (eficiência média de remoção de DQO igual a 78%). O valor mediano encontrado (81,66%) foi superior à eficiência média acima da remoção média, contudo aos 35 dias ocorreu remoção inferior (Outlier inferior=56,63%) ao esperado, provavelmente devido à instabilidade no sistema operacional. As maiores taxas de remoção (93,89%) ocorreram na primeira semana de atividade.

A instabilidade relatada pode ter tido como causa o pH do meio. Como mostrado na Figura 3, o potencial hidrogeniônico do afluente foi inferior (outlier inferior) ao recomendado para os microrganismos metanogênicos (Bactérias e Arqueas), responsáveis por produzir metano através de produtos intermediários como acetato e dióxido de carbono com intervalo de atuação ideal, variando de 6,6 a 7,4 (CHERNICHARO, 2007). Durante esse período, pode também ter ocorrido geração de diversos ácidos orgânicos a partir da biodigestão da matéria orgânica, que também afetam o equilíbrio dinâmico do composto junto ao pH (GOMES *et al.*, 2009). De uma forma geral, o pH do afluente flutuou de 6,5 a 8,2, e apresentou valor médio de 7,21, ideal para a biodigestão anaeróbia, condições provavelmente facilitadas pelo controle do potencial hidrogeniônico com bicarbonato de sódio comercial realizado ao longo do experimento.

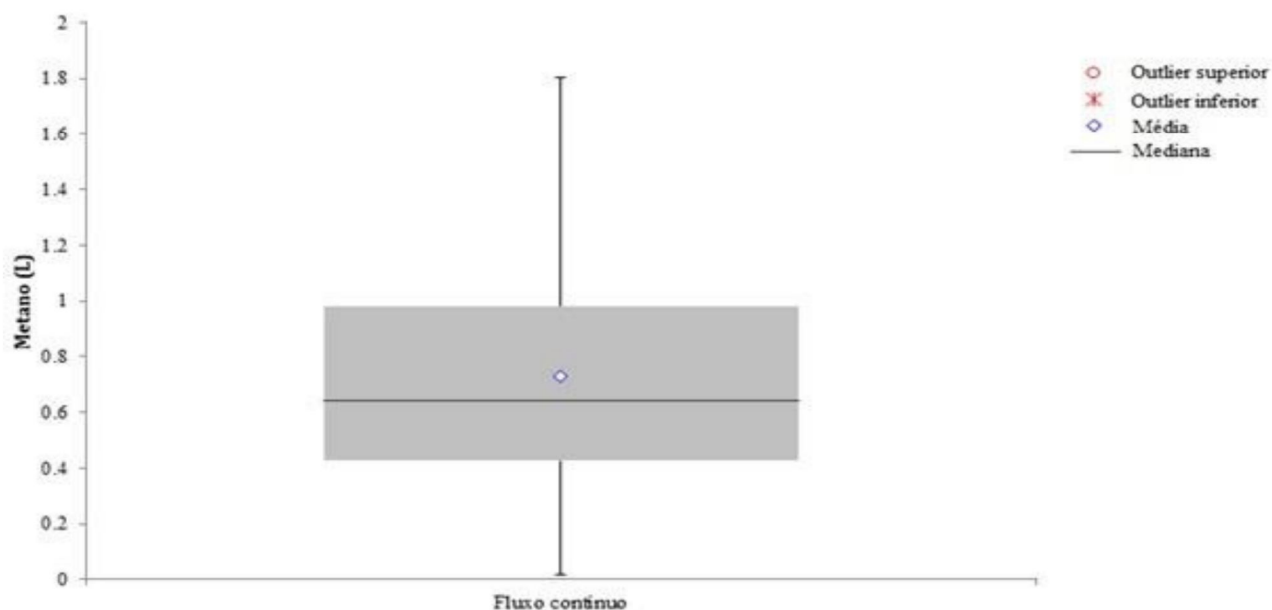
Figura 3. Boxplot: Potencial hidrogeniônico durante o fluxo contínuo.



Na Figura 4 constam os valores volumétricos efetivamente projetados em Boxplot. O reator produziu em média 1,04 L/dia de metano, porém o maior rendimento (2,60 L) foi verificado aos 36 dias de. De acordo com a Figura 5, mais de 50% dos valores volumétricos (Mediana=0,91L/dia) ficaram abaixo da média. Os valores máximos (Haste superior) apresentaram intervalo distante a pelo menos 75% dos dados aferidos.

Foi determinado um volume teórico de metano igual a 2,76 L/dia, valor bastante superior à média volumétrica diária de operação e um rendimento de metano de 37,79% em relação ao metano teórico foi, a uma taxa de produção de 0,115 L CH₄.g⁻¹ DQO_{rem}.

Figura 4. Boxplot: Volume de metano produzido durante o fluxo contínuo.



CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste trabalho conclui-se que de um modo geral a remoção de Demanda Química do Oxigênio mostrou-se eficiente durante toda operação. Contudo a produção volumétrica diária de metano foi bastante inferior ao volume teórico, apresentando, com isso, baixo rendimento.

REFERÊNCIAS

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. Washington American Public Health Association, 2005.

AMORIIM, M. C. C. **Caracterização, biodegradabilidade e tratamento de manuseira proveniente de casas de farinha**. Tese de Doutorado. Recife, PE. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015.

AQUINO, S.; CHERNICHARO, C. A. L.; FORESTLE, E.; SANTOS, M. L. F.; MONTEGGIA, L. O. **Metodologias para determinação da Atividade Metanogênica Específica (AME) em lodos anaeróbios**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 2, p.192-201, 2007.

BARTHOLO, J. A. **Eficiência potencial de processos convencionais e especiais do tratamento de água para remoção de parâmetros ligados à agricultura**. Belo Horizonte: EPAMIG. 1994. 48 p. (Boletim Técnico, 41)

BLEY JR., C. **Biogás - A energia invisível**. 2ª ed. Revista e Ampliada. São Paulo: CIBiogás: Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2015.

BORGES, S.; MARTINS, K. A.; SILVA, M. S. **Utilização dos frutos de jatobá-do-cerrado (*Hymenaeastigonacarpamrt.*) e jatobá-da-mata (*Hymenaeastilbocarpamart.*) na elaboração de biscoitos com reduzido teor de açúcares e alto teor de Fibra alimentar**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 19, p.21-30, 1999.

CAMPOS, C. M. M.; MOCHIZUKI, E.T.; DAMASCENO, L.H.S.; BOTELHO, C.G. **Avaliação do potencial de produção de biogás e da eficiência de tratamento do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) alimentado com dejetos de suínos**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 29, n. 4, p. 848-856, jul./ago., 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Coleção plantar**: Acerola. 3ª. Edição revisada e ampliada. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF.

FERNANDES JÚNIOR, A. Tratamentos físicos e biológicos da manipueira. In: CEREDA, M.P. (Coord.) **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001

FLORENCIO, L. 1994. **The fate of metanol in anaerobic bioreactors**. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

GOMES, M. M. R. **Produção de biodiesel a partir da esterificação dos ácidos graxos obtidos por hidrólise de óleo residual de peixe**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). 76 p. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2009

LETTINGA, G. **Anaerobic treatments of very low strength and cold industrial and domestic wastewater**. In: VINHAS, M.; SOUBES, M.; BORZACCONI, L. ; MUXI, L. (eds). TALLER Y SEMINÁRIO LANTINO AMERICANO – TRATAMIENTO ANAERÓBIO DE ÁGUAS RESIDUALES, 3, 1994, Anales..Montevideo, Uruguay, 1994. p. 155-168.

LETTINGA, G., ROERSMA, R., GRIN, P. **Anaerobic treatment of raw domestic sewage at ambient temperatures using a granular bed UASB reactor**. Biotechnol. Bioeng., v. 25, 1710-1723, 1983.

OLIVEIRA, Roberto A. de; FORESTI, Eugênio. **Balanço de massa de reatores anaeróbicos de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura**. Eng. Agríc., Jaboticabal , v. 24, n. 3, p. 807-820, dez. 2004 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162004000300035&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 20 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162004000300035>.

RIBAS, M. M. F. **Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio operado em batelada seqüencial contendo biomassa imobilizada sob condições termofílicas e mesofílicas**. 2006. 175 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.