

## PRODUÇÃO DE ETANOL EM REATOR ANAERÓBIO

Douglas Batista da Silva<sup>1</sup>, Ariovaldo José da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Endereço: Av. Candido Rondon, 501, Barão Geraldo - Campinas / SP. Cidade Universitária Zeferino Vaz CEP 13083-875. Contato: (19) 3521-1109, [douglas.ifsm@gmail.com](mailto:douglas.ifsm@gmail.com)

<sup>2</sup>Professor na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Av. Candido Rondon, 501, Barão Geraldo - Campinas / SP. Cidade Universitária Zeferino Vaz CEP 13083-875. Contato: (19) 3521-1025, [ariovaldo.silva@feagri.unicamp.br](mailto:ariovaldo.silva@feagri.unicamp.br)

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro-SP, Brasil.

**RESUMO:** O aumento no consumo de combustíveis para a geração de energia vem acarretando sérios problemas ao meio ambiente, como o aquecimento global e aumento no preço do petróleo. Diante desse cenário, intensos estudos têm levado a busca por fontes de energias sustentáveis alternativas, como o etanol, como forma de assegurar o suprimento energético das gerações futuras. Neste contexto, a digestão anaeróbia é um método promissor que pode ser direcionado para a produção de produtos intermediários, como o butanol, etanol e hidrogênio. Este trabalho se insere no esforço de avaliar a produção de etanol no tratamento de água residuária, buscando aproveitar a capacidade dos microrganismos selvagens, dos geneticamente modificados ou “engenheirados” e dos produtos por eles gerados, através do processo de auto fermentação natural. Foi utilizado um reator anaeróbio vertical em escala de bancada, com volume total de 3,77 litros, preenchido com cilindros vazados de polietileno como material suporte para imobilização dos microrganismos. O reator foi alimentado com água residuária sintética com DQO de 4.000 mg L<sup>-1</sup>, com vazão controlada para resultar em Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) de 4 horas. Os resultados apresentaram um aumento na concentração de etanol no decorrer de operação do reator. A concentração média de etanol obtida foi de 486 mg L<sup>-1</sup>, o que significa que 13% da matéria orgânica adicionada no preparo do afluente foi direcionada para a produção de etanol.

**PALVRAS-CHAVE:** Digestão anaeróbia, produtos intermediários, etanol.

## ETHANOL PRODUCTION IN ANAEROBIC REACTOR

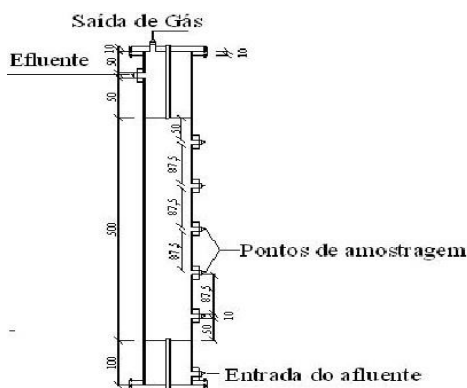
**ABSTRACT:** The increase in fuel consumption for power generation has causing serious environment problems, such as global warming and rising oil prices. In this scenario, intensive studies has taken the search for sustainable alternative energy, such as ethanol as a way to secure the supply energy of future generations. In this context, the anaerobic digestion is a promising method for production of intermediate products, such as butanol, ethanol and hydrogen. This paper inserted in the effort to evaluate the production of ethanol in the treatment of wastewater, searching to take the power of wild microorganisms, genetically modified or “engineered” and products generated by them, through the natural fermentation process of self. We used a vertical reactor in an anaerobic bench scale with a total volume of 3.77 liters, filled with polyethylene leaked

1 cylinder as support material for biomass immobilization. The influent was synthetic  
2 wastewater with COD nearly 4,000 mg L<sup>-1</sup> pumped to reactor with flow rate controlled  
3 to results in Hydraulic Detention Time (HDT) of 4 hours. The results indicates an  
4 increase in the concentration of ethanol, during of the reactor operation verified by the  
5 average ethanol concentration obtained equal to 486 mg L<sup>-1</sup>, corresponding to 13% of  
6 the organic material added in the influent.

7 **KEYWORDS:** Anaerobic digestion, intermediate products, ethanol.

8  
9 **INTRODUÇÃO:** No cenário atual, o Brasil defronta com uma crescente preocupação no  
10 aumento do consumo de combustíveis fósseis para a geração de energia, acarretando alterações  
11 climáticas, como o aquecimento global e aumento no preço do petróleo. Diante desses  
12 problemas, intensos estudos têm levado a busca por fontes de energias sustentáveis alternativas,  
13 como por exemplo, o etanol. O etanol é facilmente misturado à gasolina, possui maiores calor  
14 de vaporização e índice de octanagem em relação a gasolina. De acordo com pesquisas  
15 realizadas pelos fabricantes de automóveis, podem ser utilizadas misturas de até 85% de etanol  
16 com 15% de gasolina (ANDRADE, 2014). Segundo Huang et al. (2008), o etanol não apenas  
17 reduz a forte dependência na utilização de petróleo e as flutuações no preço do mesmo, mas  
18 contribui para proteção do meio ambiente. Neste contexto, este trabalho se insere no esforço  
19 continuado de avaliar a produção de etanol no tratamento de águas residuárias através de uma  
20 cultura mista de microrganismos. A produção de etanol a partir da sacarose da cana-de-açúcar  
21 está consolidada, porém existem outras alternativas de produção de etanol por processos  
22 biológicos fermentativos, por exemplo, a digestão anaeróbia de resíduos. Neste sentido, a  
23 digestão anaeróbia é um método promissor, que pode ser direcionado para a produção de  
24 produtos intermediários, tal como, butanol, etanol e hidrogênio que podem ser obtidos a partir  
25 da fermentação de compostos orgânicos presentes em águas residuárias provenientes de  
26 atividades agroindustriais. Os processos anaeróbios utilizam-se da ação de microrganismos no  
27 tratamento de águas residuárias, resultando na estabilização de compostos orgânicos,  
28 empregando diferentes configurações de “biorreatores”, proporcionando um verdadeiro  
29 ecossistema (VAZOLLER, 2005).

30  
31 **MATERIAIS E MÉTODOS:** A pesquisa foi realizada no Laboratório de Saneamento da  
32 Faculdade Engenharia Agrícola – FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas-SP. Utilizou-se  
33 um reator anaeróbio de leito fixo e fluxo ascendente, operado em escala de bancada,  
34 confeccionado em acrílico, com diâmetro interno de 80 mm, diâmetro externo de 88 mm e 750  
35 mm de comprimento, resultando num volume total de 3,77 litros. O reator é dividido em três  
36 compartimentos: entrada do afluente (área de mistura), saída de efluente (zona de separação das  
37 fases líquidas e gasosas) e leito contendo material suporte (Figura 1).



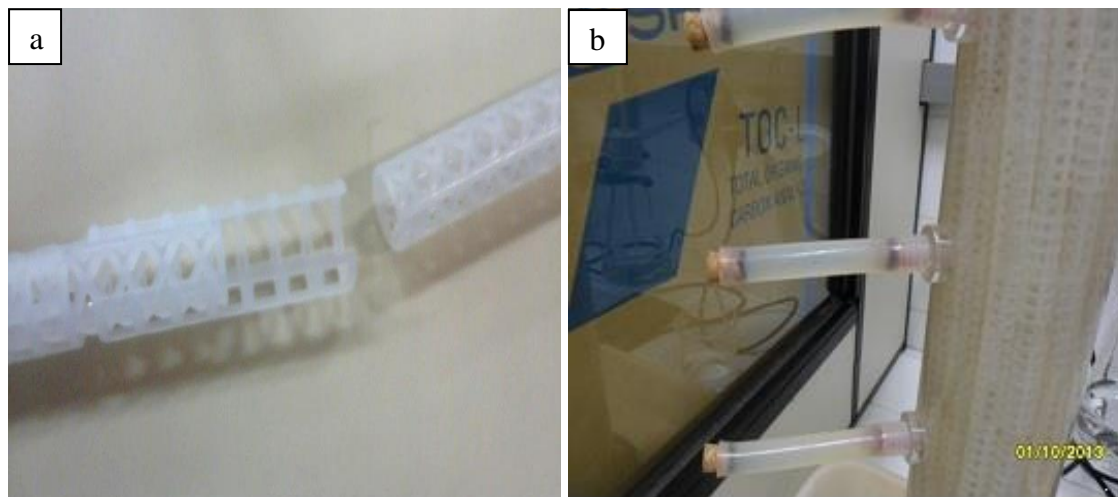
39  
40 **FIGURA 1.** Reator anaeróbio de leito fixo (Adaptado de Tavares, 2008).

41  
42 O reator foi preenchido com cilindros vazados de polietileno, como meio suporte para  
43 imobilização dos microrganismos (Figura 2a). Moura (2011) observou que a forma de

1 estruturação do material suporte evita a colmatação, resultando numa melhor performance de  
2 escoamento dentro do reator. Os cilindros foram dispostos em colunas de 50 cm de  
3 comprimento, ocupando todo o espaço existente entre a zona de mistura com a zona de  
4 separação de fase líquida e sólida (Figura 2b). O reator foi inoculado pelo processo de auto  
5 fermentação natural da água residuária sintética (ARS), mantida em repouso durante três dias,  
6 para possibilitar a ação de microrganismos presente na água e no ar.

7 A ARS foi preparada de acordo com metodologia adaptada por Fernandes (2008), com a  
8 seguinte composição em  $\text{mg L}^{-1}$ , de forma a resultar em DQO de aproximadamente  $4.000 \text{ mg L}^{-1}$ :  
9 sacarose (3.562), uréia (80,00), sulfato de níquel (0,50), sulfato ferroso (2,50), cloreto férrico  
10 (0,25), cloreto de cálcio (2,06), cloreto de cobalto (0,04), óxido de selênio (0,036), fosfato de  
11 potássio monobásico (5,36), fosfato de potássio dibásico (1,30), fosfato de sódio dibásico  
12 (2,76). Além disso, bicarbonato de sódio foi adicionado no preparo da ARS, para ajuste do pH  
13 inicial em torno de 6,0 a 7,0.

14 A ARS era preparada duas vezes por dias e dosada com uma vazão de  $650 \text{ L h}^{-1}$  por meio de  
15 bomba dosadora de diafragma da marca Prominent®, para resultar em um tempo de detenção  
16 hidráulica (TDH) de 4 horas e taxa de carregamento orgânico (TCO) de  $24 \text{ g DQO L}^{-1}\text{d}^{-1}$ . O  
17 reator foi operado durante 30 dias em condição de temperatura controlada de  $35 \pm 2^\circ\text{C}$ .

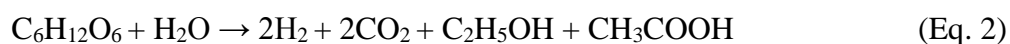


19  
20 FIGURA 2: Fotografias ilustrativas dos cilindros vazados de polietileno utilizado nos  
21 reatores unidos por suas próprias capas (a) e a forma de disposição dos cilindros  
22 vazados de polietileno dentro dos reatores (b).

23  
24 **RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores de pH se mantiveram estáveis em todo o  
25 período operacional do reator. O pH afluente manteve-se na faixa  $8,3 \pm 0,1$  e o efluente  
26 em torno de  $4,6 \pm 0,2$ . De acordo com a literatura, este valor de pH é ponto crítico para  
27 iniciar a esporulação dos microrganismos produtores de solventes, incluindo o etanol e  
28 o butanol (Lee et al. 2008).

29 A concentração média de etanol detectada foi  $486 \text{ mg L}^{-1}$ , correspondente a DQO de  
30  $4.000 \text{ mg L}^{-1}$ , o que representa que 13% da matéria orgânica adicionada ao afluente foi  
31 direcionada para a produção de etanol.

32 As elevadas concentrações de etanol obtidas no efluente do reator podem estar  
33 relacionadas com o aumento da pressão parcial de hidrogênio produzido no interior do  
34 reator, conforme a equação 1, ou devido a presença de bactérias acidogênicas,  
35 produtoras de hidrogênio e de etanol, equação 2 (Penteado, 2012).



1 **CONCLUSÃO:** O processo fermentativo direcionado para o tratamento de águas  
2 residuárias, apresenta-se como uma alternativa viável para a produção de  
3 biocombustíveis, além de minimizar os impactos ambientais advindos da exploração  
4 inadequada dos combustíveis fósseis. O reator em estudo, demonstrou um excelente  
5 desempenho na estabilidade dos valores de pH e um aumento na concentração de etanol  
6 durante o período operacional.

## 7 8 **REFERÊNCIAS**

9 ANDRADE, L.P. (2014). **Estudo da influência da matéria-prima no processo de**  
10 **etanol a partir do bagaço de cana.** Dissertação (Mestrado). Faculdade Engenharia  
11 Química, Universidade Estadual de Campinas.

12 HUANG, H.-J. et al. A review of separation technologies in current and future  
13 biorefineries. **Separation and Purification Technology**, v. 62, n. 1, p. 1–21, 2008.

14 MOURA,R.B. 2011. **Desempenho de um reator vertical de fluxo contínuo e leito**  
15 **estruturado com recirculação do efluente, submetido à aeração intermitente, na**  
16 **remoção de carbono e nitrogênio de um efluente sintético.** Dissertação (Mestrado).  
17 Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, São Carlos.

18 PENTEADO, E.D. (2012) **Influência da origem e do pré-tratamento do inoculo da**  
19 **produção de hidrogênio a partir de águas residuárias em biorreatores anaeróbios.**  
20 São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos,  
21 Universidade de São Paulo.

22 TAVARES,A.M. 2008. **Degradação e remoção de alquibenzeno linear sulfonado**  
23 **em reator anaeróbio horizontal de leito fixo.** Monografia apresentada ao curso de  
24 graduação em Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos  
25 Universidade de São Paulo, São Carlos

26 VAZOLLER, R. F. 2005. **Microbiologia e saneamento ambiental.** Disponível em:  
27 <<http://www.bdt.fat.org.br/publicacoes/padct/bio/cap9/3/rosana.html>> Acesso em: 22 de  
28 maio de 2015.