

## TRATAMENTO DE EFLUENTES GERADOS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL, USANDO PROCESSO FOTO-FENTON

Carlos Antônio Pereira de Lima<sup>1</sup>  
Bruna Aline Araújo<sup>2</sup>  
Vanessa Rosales Bezerra<sup>3</sup>  
Kênia Kelly Freitas Sarmiento<sup>4</sup>  
Keila Machado de Medeiros<sup>5</sup>

### INTRODUÇÃO

Biodiesel é um biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores à combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (Lei nº 11.097). Durante a etapa de purificação do biodiesel são retirados resíduos de glicerina, sabões e ácidos graxos. Essa purificação é feita pela lavagem do produto, seguida por filtração e secagem do biodiesel. Assim, as águas de lavagem contêm basicamente resíduos de sabões de sódio ou potássio, além dos ácidos graxos, glicerina, álcoois (metanol ou etanol) e outros contaminantes (PALOMINO-ROMERO, 2012).

O processo de produção de biodiesel vem crescendo e se disseminando no mundo. Muitos estudos realizados à tecnologia de produção do biodiesel com maior eficiência estão sendo ou já foram desenvolvidos. Porém, com tanta demanda do biocombustível em questão, surge um novo problema: os resíduos e sub-produtos do processo, que não têm um destino certo (LEITE e LEAL, 2007).

Os efluentes gerados no processo de produção de biodiesel possuem um grande potencial poluente. Atualmente, nas indústrias produtoras de biocombustíveis, nenhum processo mais específico é utilizado na remediação desses efluentes.

Em geral, o tratamento de efluentes industriais representa um problema de extrema complexidade, principalmente em função da geração de grandes volumes de resíduos e da presença de uma grande variedade de poluentes orgânicos de difícil degradação (ARAÚJO et al. 2016). Em função destes aspectos, o desenvolvimento de novos sistemas de tratamento, mais eficientes e economicamente viáveis se apresenta bastante relevante.

Os Processos Oxidativos Avançados (POA's) despontam como um método alternativo em potencial no tratamento de efluentes por apresentarem uma elevada eficiência de degradação frente a inúmeros poluentes resistentes. Entre os processos estudados para a desinfecção de águas os chamados POA's tem recebido grande atenção por serem capazes de

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB - PB, [caplima@uepb.edu.br](mailto:caplima@uepb.edu.br);

<sup>2</sup> Mestranda do Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB - PB, [brunaaaraujo15@gmail.com](mailto:brunaaaraujo15@gmail.com);

<sup>3</sup> Doutoranda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [rosalesuepb@gmail.com](mailto:rosalesuepb@gmail.com);

<sup>4</sup> Graduada do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB - PB, [keniakellys41@gmail.com](mailto:keniakellys41@gmail.com);

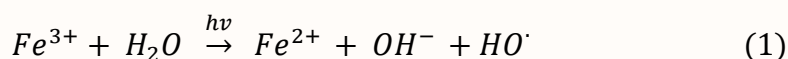
<sup>5</sup> Professora orientadora: Doutora, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB - BA, [keilamedeiros@ufrb.edu.br](mailto:keilamedeiros@ufrb.edu.br)

converter poluentes em espécies químicas inócuas. Os POA's são definidos como processos de oxidação onde radicais hidroxila ( $\text{HO}\cdot$ ) são gerados em grande quantidade suficiente para atuarem como principais agentes oxidantes.

Os POA's dividem-se em processos heterogêneos e homogêneos, onde radicais são gerados com ou sem irradiação ultravioleta. Entre os heterogêneos o mais utilizado é a fotocatalise heterogênea envolvendo a utilização de semi-condutores como  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Dentre os semicondutores o  $\text{TiO}_2$  é o mais utilizado porque se mostra bastante efetivo na fotocatalise de degradação de substâncias orgânicas em suspensões aquosas (GOSWAMI, 1977).

Dentre os POA, o sistema Fenton têm se destacado nos últimos anos, pela simplicidade de aplicação, rapidez e eficiência na degradação de diversos compostos. A possibilidade de reutilizar o reagente é outro fator relevante. Este processo caracteriza-se essencialmente pela geração de radical hidroxila devido à reação entre o Fe (II) e  $\text{H}_2\text{O}_2$  (BORBA et al., 2008).

Fechando o ciclo catalítico da produção de radical hidroxila ( $\text{HO}\cdot$ ) o sistema, através da radiação visível e em meio aquoso, promove a regeneração das espécies Fe (II), conforme indicado na Equação 1. Uma vez que a fotorredução se processa muito rapidamente, e permite o reciclo do Fe (II), a eficiência e a velocidade de degradação dos poluentes orgânicos aumenta significativamente (LACOMBE e KELLER, 2012).



O sistema Fenton degrada rapidamente diversos compostos, mas a mineralização não é superior a 50%, pois algumas espécies, que são produtos típicos da fragmentação de moléculas, mostram-se resistentes, dentre elas destacam-se alcanos clorados (tetracloroetano, tricloroetano) e ácidos de cadeia curta (maleico, oxálico, acético, malônico). O sistema foto-Fenton, por sua vez é muito mais eficiente, promovendo mineralizações superior a 90% a diversos compostos (FIOREZE, et al. 2014).

A eficiência do processo Foto-Fenton, está diretamente relacionada com a interação de diversos parâmetros experimentais, onde se destacam: pH, concentração de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e concentração de ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) (BUENO et al., 2016). Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo a avaliação da aplicação do processo Foto-fenton no tratamento de efluentes oriundos do processo de produção de biodiesel.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, em Campina Grande - PB, no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

### a) Sistema Experimental

O sistema experimental consiste em um reator fotocatalítico do tipo calha parabólica, irradiado por luz solar. O reator fabricado em alumínio possui dimensões de 70 x 50 cm. Sua forma parabólica foi definida com o objetivo de absorver o máximo de radiação solar. No

foco da parábola encontra-se um tubo de vidro pirex transparente, por onde o efluente passa e absorve a luz solar para promover a reação fotocatalítica.

O peróxido de hidrogênio, em conjunto com uma solução de Fe (II) Sulfato Ferroso Amoniacal (SFA), foi utilizado como foto-catalisador, permitindo o estudo da eficiência na degradação do efluente gerado em processos de produção de biodiesel. Essa redução ocorrerá sob a ação de diferentes concentrações do catalisador e da solução de ferro.

## **b) Procedimento Experimental**

Os experimentos foram feitos com a parábola do reator voltado para região que favorecesse a maior incidência dos raios solares. A intensidade de radiação solar foi medida em todos os experimentos, com radiômetros Cole-Parmer série 9811, e os comprimentos de onda utilizados para medições da radiação são de 254 e 365 nm.

Em cada experimento foram utilizados 1000 mL de efluente. A este foram adicionadas diferentes concentrações da solução de peróxido de hidrogênio e da solução de ferro, e submetidos a diferentes vazões (208,8 e 226,8 L/h). O efluente permaneceu no reator durante 4 horas, sendo retirada uma alíquota deste em intervalos de trinta minutos. Cada alíquota retirada foi centrifugada e guardada para mais tarde acompanhar a variação da Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Foi realizado um planejamento experimental do tipo fatorial de  $2^3$ , o qual obtém-se oito experimentos a serem realizados. Este consiste em analisar o efluente frente à influência das concentrações das soluções adicionadas ao efluente como também das vazões empregadas ( $H_2O_2$  - 250 e 500 mg/L;  $Fe^{2+}$  - 250 e 500 mg/L e vazões de 208,8 e 226,8 L/h).

## **c) Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

A determinação da DQO é um procedimento que se baseia na oxidação da matéria orgânica utilizando dicromato de potássio como oxidante em presença de ácido sulfúrico e íons de prata como catalisador, foi seguida a metodologia de APHA (2012). A solução aquosa é aquecida em refluxo durante duas horas a  $148^\circ C$ . Logo se avalia a quantidade de dicromato de potássio sem reagir titulando com uma solução de ferro II (SFA). A DQO é calculada a partir da diferença dentre o dicromato adicionado inicialmente e o dicromato encontrado após a oxidação. Dentre seus usos, pode ser citado como indicador do grau de poluição de um corpo de água, ou de uma água residuárias.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com os dados obtidos através do monitoramento do efluente durante o processo fotocatalítico foi possível acompanhar a eficiência da redução da DQO para os experimentos, variando a concentração do peróxido de hidrogênio e da solução de ferro (II), analisados nesta pesquisa. A mostra inicial do efluente teve uma DQO de 278,30 mg  $O_2/L$ , permitindo assim calcular a eficiência em cada experimento.

Para o experimento 01 com as condições de 250 mg/L  $H_2O_2$  e 250 mg/L da solução de  $Fe^{2+}$ , sob a ação da vazão de 208,8 L/h. houve uma redução de 13,04% na DQO. Para o experimento 2 com 250 mg/L  $H_2O_2$  e 500 mg/L da solução de  $Fe^{2+}$ , sob a ação da vazão de

208,8 L/h, a redução foi de 11,53%. No experimento 3 com 500 mg/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e 500 mg/L da solução de Fe<sup>2+</sup>, sob a ação da vazão de 208,8 L/h, a eficiência na redução da DQO foi de 8,71%. Já no experimento 4 com 500 mg/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e 250 mg/L da solução de Fe<sup>2+</sup>, sob a ação da vazão de 208,8 L/h, a redução para a DQO foi de 2,75%.

Para o experimento 5 com 250 mg/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e 250 mg/L da solução de Fe<sup>2+</sup>, sob a ação da vazão de 226,8 L/h, a redução da DQO foi de 6,96%. Enquanto que para o para o experimento 6 com 250 mg/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e 500 mg/L da solução de Fe<sup>2+</sup>, sob a ação da vazão de 226,8 L/h, a variação na taxa da DQO foi de 1,94%. Para o experimento 7 com 500mg/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e 500 mg/L da solução de Fe<sup>2+</sup>, sob a ação da vazão de 226,8 L/h, a variação na taxa da DQO foi de 18,94%. E finalmente para o experimento 8 com 500mg/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e 250 mg/L da solução de Fe<sup>2+</sup>, sob a ação da vazão de 226,8 L/h foi de 33,70% na variação da taxa da DQO. Os dados acerca do comportamento da DQO durante o processo foto-fenton permitem identificar as melhores condições para a redução deste parâmetro no efluente do biodiesel, neste caso, com as concentrações de 500 ppm H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/250ppm Fe<sup>2+</sup>, e vazão de 226,8 L/h, alcançando 33,70 de redução da DQO.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formulação do biodiesel contém água, álcool, glicerina e metais, onde gera efluentes de lavagem na produção do mesmo. O tratamento desses efluentes pode ser físico-químico com sistema de eletrólise. No entanto outros métodos estão sendo testados, entre os novos métodos que estão sendo desenvolvidos para descontaminação de efluentes de difícil degradação, têm-se os POA's, e dentre esses podemos citar o processo Foto-Fenton, que corresponde a um processo físico químico que se vale da reação entre um sal ferroso, peróxido de hidrogênio e radiação, levando à formação de radicais hidroxila

Após aplicação do processo Foto-fenton ao efluente do biodiesel, os maiores níveis de redução da matéria orgânica foram alcançados para a DQO nos experimentos com concentrações de 500 ppm H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/250ppm Fe<sup>2+</sup> e vazão de 226,8 L/h, alcançando 33,7016 de redução da DQO. Diante da importância da DQO, quando avaliadas as condições para o lançamento de efluentes, pode-se optar pela aplicação das condições adequadas para redução desse parâmetro.

**Palavras-chave:** Efluentes do Biodiesel; Processo foto-fenton; DQO; Fotocatalise; Radiação UV

## REFERÊNCIAS

APHA. AWWA.WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 15 ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 2012.

GOSWAMI, Dharendra Yogi, **A Review of Engineering Developments of Aqueous Phase Solar Photocatalytic Detofication and Desinfection Processes**, Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 119, pp. 101-107, 1997.

LACOMBE, Sylvie; KELLER, Nicolas, **Photocatalysis: fundamentals and applications in JEP**, Environmental Science and Pollution Research, , Volume 19, Issue 9, pp 3651–3654, 2012.

PALOMINO-ROMERO, Joel A.; LEITE, Otávio M.; EGUILUZ, Katlin I. Barrios; SALAZAR-BANDA, Giancarlo R; SILVA, Daniel P.; CAVALCANTI, Eliane B., **Tratamentos dos efluentes gerados na produção de biodiesel**, Química Nova vol.35 no.2 São Paulo 2012

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis L. V., **O biocombustível no Brasil**, Novos estudos. - CEBRAP no.78 São Paulo July 2007

ARAÚJO, Karla Santos de; ANTONELLI, Raissa; GAYDECZKA, Beatriz; GRANATO, Ana Claudia; MALPASS, Geoffroy Roger Pointer, **Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais**, Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied vol. 11 n. 2 Taubaté, 2016.

BORBA, Fernando Henrique; SOTTORIVA, Patrícia Raquel da Silva; MÓDENES, Aparecido Nivaldo; **Tratamento do efluente madeireiro por processo foto-Fenton (Treatment of timber effluent by photo-Fenton process)**, Estudos tecnológicos - Vol. 4, n° 1:12-20, 2008.

BUENO, Francine; KUPSKI, Letícia; BRAUN, Luana; MANENTI, Diego Ricieri; BORBA, Fernando Henrique; **Aplicação do Processo Foto-Fenton na Degradação do Corante Reactive Black 5**, VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB – 21 a 24/11/2016.

FIGLIAREZZA, Mariele; DOS SANTOS, Eliane Pereira; SCHMACHTENBERG Natana; **Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental**, Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET - V. 18 n. 1 2014.