

APLICAÇÃO DE PROCESSOS ELETRO-OXIDATIVOS AVANÇADOS (PEOAS) NA DEGRADAÇÃO DO FÁRMACO CLORIDRATO DE CIPROFLOXACINA (CIP).

JONAS JEAN INTICHER^{1,2*}, LEANDRO PELLEZ², FRANCINE BUENO²,
MICHELLY SCHIMITZ², FERNANDO HENRIQUE BORBA^{2,3}

1 Introdução

A cada ano, grandes quantidades de compostos farmacêuticos utilizados no tratamento de doenças humanas e animais são produzidos. Quando utilizados, por via oral ou venosa, parte destes compostos não é efetivamente absorvida pelo organismo, e é excretada pela urina e/ou pelas fezes. Devido a isso, volumes significativos desses compostos são liberados no ambiente a partir de estações de tratamento de esgoto e/ou águas residuárias, representando um risco significativo aos seres humanos quando expostos a água contaminada com esses fármacos.

Dentre esses compostos, um dos mais detectados no meio ambiente é o antibiótico Ciprofloxacina (CIP), pois os processos convencionais nas estações de tratamento de água e efluentes não são eficientes para removê-lo. O fármaco CIP é um antibiótico do grupo das quinolonas, geralmente utilizado em infecções do trato urinário, respiratório e gastrointestinal, além de infecções de pele, ossos e articulações.

Neste contexto surge a necessidade de investigar um processo de tratamento eficiente para a degradação completa deste composto, com o objetivo de um descarte seguro das águas residuárias contaminantes por fármacos. Novos processos têm surgido como alternativas de degradação ou remoção de contaminantes orgânicos. Dentre esses processos, destacam-se os processos eletro-oxidativos avançados (PEOAs), sendo estes a combinação de processos oxidativos avançados (POAs) e processos eletroquímicos.

Dentro dos PEOAs, podemos destacar o processo foto-eleto-Fenton (FEF), que envolve a aplicação simultânea de uma intensidade de corrente, radiação UV e adição dos reagentes Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$). O princípio do processo FEF é formação do radical hidroxila ($\cdot\text{OH}$), que é um oxidante forte e de baixa seletividade, podendo degradar compostos recalcitrantes e de baixa biodegradabilidade.

¹Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, **Bolsista** contato: jonas.inticher@hotmail.com

²Grupo de estudos e pesquisas em recursos energéticos e tecnologias limpas.

³PhD em Engenharia Química / Professor Adjunto, Universidade Federal da Fronteira Sul, **Orientador**.

2 Objetivo

Este trabalho teve como objetivo aplicar o processo FEF no tratamento de uma solução aquosa de Cloridrato de Ciprofloxacina. Para isso foi desenvolvido em escala laboratorial um módulo experimental para aplicar as reações do processo.

3 Metodologia

Para o preparo da solução da CIP (25 mg L^{-1}), adicionou-se o Cloridrato de Ciprofloxacina (BAYER AG, M.M. $385,5 \text{ g mol}^{-1}$) em água destilada para sua dissolução, em que, descontou-se a massa do cloridrato na pesagem da massa do sal. A solução foi homogeneizada com o auxílio de um agitador magnético e armazenada em uma bombona de polietileno com capacidade máxima de 50 litros, sendo mantida em temperatura ambiente. Foi adicionado NaCl até a solução atingir uma condutividade elétrica de aproximadamente $1400 \mu\text{S cm}^{-1}$. As medidas foram realizadas com o auxílio de um condutivímetro digital previamente calibrado com uma solução padrão de $1412 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Em condições de pH inicial da solução de 3, 5, 6 e 9 foram preparadas concentrações iniciais de 25 mg CIP L^{-1} e posteriormente, realizadas as diluições padrões de 0,1 a 25 mg L^{-1} . Com as diluições preparadas para cada um dos pHs ajustados, foram elaboradas as retas de calibração com bons ajustes lineares ($r^2 > 0,99$). O pH da solução foi determinado pelo método potenciométrico (pH digital/HH3221).

A determinação da concentração de CIP foi realizada pelo método de espectrofotômetro UV-Vis (Evolution 201/Thermo Scientific). As concentrações residuais de H_2O_2 e de Ferro dissolvido na solução foram determinadas utilizando o método de espectrométrico (descrito por Nogueira et al., 2005) e colorimétrico (descrito por APHA, 2005), respectivamente. Ambas as determinações foram realizadas em espectrofotômetro UV-Vis (Evolution 201/Thermo Scientific).

O módulo experimental desenvolvido para a realização dos experimentos do processo FEF foi confeccionado a partir de um reator de escala laboratorial, operando em sistema fechado e em batelada. O módulo foi constituído por um béquer de borosilicato com volume de 1000 mL, em que foram inseridos quatro eletrodos de alumínio, dois cátodos e dois ânodos, dispostos em paralelo, de maneira intercalada, com distância entre placas de 1,5 cm e área efetiva entre placas de $152,22 \text{ cm}^2$. Os eletrodos foram arranjados de maneira bipolar em terminais positivos e negativos, e conectados a uma fonte de corrente contínua (BK PRECISION / 1687B (20 V/10 A).

Para cada ensaio experimental, foi adicionado um volume de 700 mL da solução de

CIP [] 25 mg L⁻¹, posteriormente e simultaneamente, [H₂O₂] de 0 a 1000 mg L⁻¹, [Fe²⁺] de 0 a 18,4 mg L⁻¹, pH inicial da solução de 4 a 9 e densidade de corrente de corrente. Inicialmente foram realizados testes experimentais, com intuito de selecionar os parâmetros ótimos do reator, assim como as concentrações e/ou valores para possível investigação das melhores condições do reator EFF.

Em tempos de eletrólise de 0, 5, 15, 30, 45, 60 e 90 minutos, foi retirada uma alíquota de 7 mL da amostra, submetendo-a a centrifugação e, imediatamente, determinado às análises de concentração de CIP, residual de H₂O₂. A cada 15 minutos de eletrólise foi realizada a inversão de polaridade dos eletrodos, minimizando, com isso, a passivação das placas.

4 Resultados e Discussão

Primeiramente foi realizada a caracterização físico-química e espectrométrica da solução de CIP em concentração de 25 mg L⁻¹, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização da solução de Ciprofloxacina (25 mg L⁻¹)

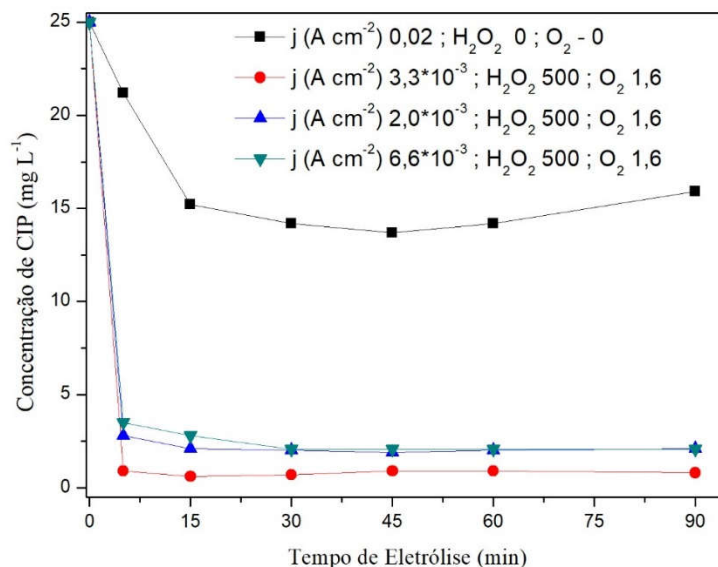
Análise	Parâmetro	Valor
Físico-Química	pH	5,5± 0,2
	Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	2,6± 0,2
	Condutividade Elétrica (µs cm ⁻¹)	26,7± 0,9
Espectrométrica (EAM UV-vis)	λ _{máx} (nm)	275,5
	Abs(u.a)	2,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram realizados testes variando a aplicação de densidade de corrente (A cm⁻²), representada por (j), concentração de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em pH inicial da solução de 6,1 visando identificar a mais eficiente na redução do composto CIP.

Conforme apresentado na Figura 1, foi possível identificar que, nas condições com menor densidade de corrente e na ausência do reagente Fenton, houve uma baixa redução, o que justifica a sua utilização. Já nas condições experimentais com o uso do reagente e em maiores valores de densidade de corrente são apresentados resultados significativos na redução da concentração de CIP a partir de 5 minutos de reação, indicando uma alta eficiência do processo FEF.

Figura 1. Testes experimentais na remoção de CIP



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em tempos de eletrólise superiores a 5 minutos não foi observada uma remoção significativa de CIP, sugerindo o consumo da maior parte do H₂O₂ em solução até este tempo. Desta forma, os testes experimentais contribuíram de maneira importante para poder nortear os parâmetros operacionais do processo.

5 Conclusão

O processo FEF apresentou elevada eficiência na remoção de CIP em solução aquosa, alcançando uma remoção da concentração inicial da CIP de 25 mg L⁻¹ para 0,7 mg L⁻¹, em 5 minutos de eletrólise. Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível concluir o processo FEF se torna uma alternativa com potencial para ser aplicado dos reduzir o impacto causados descarte de águas residuárias contaminadas com o fármaco CIP.

Referências

- BRILLAS, E.; SIRÉS, I.; OTURAN, M. A. Electro-Fenton process and related electrochemical technologies based on Fenton's reaction chemistry. *Chemical Reviews*, p. 6570-6631, 2009.
- NOGUEIRA, Raquel F. Pupo; OLIVEIRA, Mirela C.; PATERLINI, Willian C. Simple and fast spectrophotometric determination of H₂O₂ in photo-Fenton reactions using metavanadate. *Talanta*, v. 66, n. 1, p. 86-91, 2005.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT/ NBR 10664/Abr1989

Palavras-chave: CIP, remoção, águas residuais, POAs, eletro Foto-Fenton.

Financiamento

PROBITI - FAPERGS