

Remoção de compostos nitrogenados e fosfatados por eletrocoagulação com eletrodos de alumínio.

Removal of nitrogen and phosphate compounds by electrocoagulation with aluminum electrodes.

Thiago Castanho Pereira

thiagocastanho7@outlook.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Karina Querne de Carvalho Passig

kaquerne@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Fernando Hermes Passig

fhpassig@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

RESUMO

O descarte incorreto de esgotos sanitários em corpos hídricos pode levar a graves problemas ambientais. O excesso de nutrientes nitrogenados e fosfatados pode levar a processos de eutrofização, causando prejuízos para a fauna e flora aquática e qualidade das águas. O presente trabalho teve como propósito utilizar um sistema de eletrocoagulação, com eletrodos de alumínio para a remoção de contaminantes em esgoto sanitário. O sistema foi operado a 30 V e corrente inicial de 1,18 A, em 1800 segundos de reação. Foi observada uma significativa remoção da turbidez do efluente, decaindo de 30 uT para 4 uT em 1800 segundos de reação. A remoção de fosfatos também foi observada, alcançando 87% de remoção para uma concentração inicial de 16 mgPO_4^{3-} . A remoção de compostos nitrogenados como nitrito e nitrato foi baixa, com 21% e 37% respectivamente. Contudo, o sistema de eletrocoagulação proposto pode ser uma alternativa para o pós-tratamento de efluentes sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgotos. Eletroquímica. Electrocoagulação.

ABSTRACT

Incorrect disposal of sanitary sewage into water bodies can lead to serious environmental problems. Excess nitrogen and phosphorus nutrients can lead to eutrophication processes, causing damage to aquatic fauna and flora and water quality. The purpose of the present work was to use an electrocoagulation system, with aluminum electrodes for the removal of contaminants in sanitary sewage. The system was operated at 30 V and initial current of 1.18 A, in 1800 seconds of reaction. Significant removal of turbidity from the effluent was observed, decreasing from 30 uT to 4 uT in 1800 seconds of reaction. Phosphate removal was also observed, reaching 87% removal to an initial concentration of 16 mgPO_4^{3-} . The removal of nitrogen compounds such as nitrite and nitrate was low, with 21% and 37% respectively. However, the proposed electrocoagulation system may be an alternative to post-treatment of sanitary effluents.

KEYWORDS: Wastewater treatment. Electrochemistry. Electrocoagulation.

Recebido: 04 set. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A contaminação de corpos hídricos por despejo inadequado de efluentes e resíduos químicos é sem dúvida uma questão crítica para a manutenção e conservação da qualidade dos corpos hídricos e ecossistemas associados (BRILLAS; MARTÍNEZ-HUITLE, 2015).

O fósforo e o nitrogênio são elementos essenciais para todas as formas de vida, incluindo bactérias, plantas e animais. Porém com a utilização demasiada de fertilizantes contendo estes nutrientes, pode ocorrer a lixiviação dos mesmos para corpos hídricos. O excesso dos nutrientes pode causar o crescimento excessivo de algas e fitoplâncton, resultando em um processo de eutrofização (YANG et al., 2010).

Técnicas eletroquímicas, incluindo eletro-oxidação, redução anódica, eletrocoagulação e eletroflotação foram desenvolvidas para o tratamento de efluentes com eficiências de remoção de nutrientes maiores que processos biológicos e físico-químicos (PANIZZA et al., 2001).

A eletrocoagulação é um método eletroquímico para o tratamento de águas e esgotos, onde ânodos de sacrifício produzem precursores coagulantes, como Fe³⁺ ou Al³⁺ na solução. Tais íons metálicos hidrolisam próximo ao ânodo para formar uma série de hidróxidos que desestabilizam as partículas dispersas presentes no esgoto a ser tratado. A desestabilização das partículas é responsável pela agregação e precipitação das partículas e na adsorção dos poluentes dissolvidos (CHOU et al., 2011).

A eletrocoagulação é acompanhada por três processos principais: (a) reações eletrolíticas na superfície dos eletrodos, (b) formação de agentes coagulantes na fase aquosa e (c) adsorção de poluentes solúveis ou coloidais nos coagulantes formados, sendo separados por sedimentação ou flotação (ADEOGUN; BALAKRISHNAN, 2015).

As reações de formação de coagulantes são descritas pelas Equações 1 a 3. A reação descrita pela Equação 1, descreve a oxidação do alumínio que ocorre no ânodo. A reação descrita pela Equação 2 demonstra a redução da água, que ocorre no cátodo. Com a formação de cátions Al³⁺ e ânions hidroxilas, ocorre a formação de coagulantes, assim como descrito pela Equação 3 (LACASA et al., 2011).



Quando comparado a coagulação convencional, o processo da eletrocoagulação possui uma boa eficiência na remoção de contaminantes, além de produzir uma menor quantidade de lodo, diminuindo os custos com destinação final de resíduos (FENG et al., 2016). Desta forma, o presente trabalho visa realizar estudos prévios na remoção de nutrientes fosfatados e nitrogenados para aplicação em estudos posteriores.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do experimento, o sistema consistiu em uma célula eletrolítica retangular, com capacidade para 2L de efluente, com agitação realizada por um agitador magnético (HI 190M, HANNA). Os eletrodos utilizados foram construídos em alumínio, com uma área reacional de 56 cm², conectados a uma fonte de alimentação (Mps-3005, Minipa) operando com uma tensão constante de 30,2 V e corrente inicial de 1,18 A.

O experimento foi realizado com um substrato sintético simulando esgoto sanitário. O preparo do substrato foi realizado de acordo com Torres (1992).

O experimento foi conduzido em temperatura e pressão atmosférica ambientes. Foram realizadas amostragens com intervalos de 5 minutos, em um tempo total de reação de 30 minutos. Todas as análises foram realizadas em duplicata. Foram verificados os seguintes parâmetros: pH (4500_H+), turbidez (2130_B), condutividade (2510_B), nitrito (4500_NO2-), nitrato (NO3-) e fosfato (4500_P), de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (EATON et al. 2005)

RESULTADOS

Os resultados referentes as análises físicas e químicas estão descritos na Figura 1. A quantidade de alumínio produzida por oxidação anódica (m) pode ser calculada de acordo com a Lei de Faraday, descrita pela Equação 4, onde i é a corrente (A), t é o tempo de eletrólise (s), Z é o número de elétrons transferidos na oxidação anódica (para o alumínio $Z=3$) e F é a constante de Faraday ($F= 96485,33289 \text{ C mol}^{-1}$) [16]:

$$m = \frac{(i \cdot t)}{(Z \cdot F)} \cdot M. \quad (4)$$

Os valores de corrente e massa de alumínio formado são apresentados na Figura 1. É possível observar uma diminuição na corrente entre os eletrodos, provavelmente induzida pela diminuição no nível do líquido do reator, devido às coletas de efluente para a realização das análises. A concentração de alumínio dissolvido aumentou conforme o tempo de reação, chegando a 0,14 g em 1800 segundos.

De acordo com a Equação 2, a produção de íons hidroxila elevam o pH do meio. De acordo com a Figura 1, pode ser observado o aumento do pH, que iniciou em 7,47 e chegou a valores próximos a 8,9 após 1800 segundos de reação.

A condutividade é um parâmetro essencial para a eletrocoagulação. Para que ocorra o processo eletrolítico é necessária a quebra da resistência ôhmica, que ocorre com o aumento da condutividade do meio [16]. Para o efluente em questão, o valor de condutividade inicial de $91,96 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ permitiu a condução de eletricidade no meio reacional, levando a ocorrência das reações eletrolíticas. O aumento na condutividade, através de eletrólitos suporte como NaCl ou KCl, podem diminuir o tempo de reação, aumentando a eficiência do processo (HAKIZIMANA et al., 2017).

O comportamento da turbidez pode ser observado através da Figura 1. A remoção da turbidez ocorre como resultado da desestabilização dos colóides devido ao efeito do campo elétrico entre os eletrodos e as reações com os coagulantes formados nas reações eletrolíticas, seguido da flotação dos aglomerados das partículas coaguladas (SZPYRKOWICZ, 2002). Com uma turbidez inicial de 32 uT, foi possível observar remoções de até 87,5% em 1800 segundos de reação.

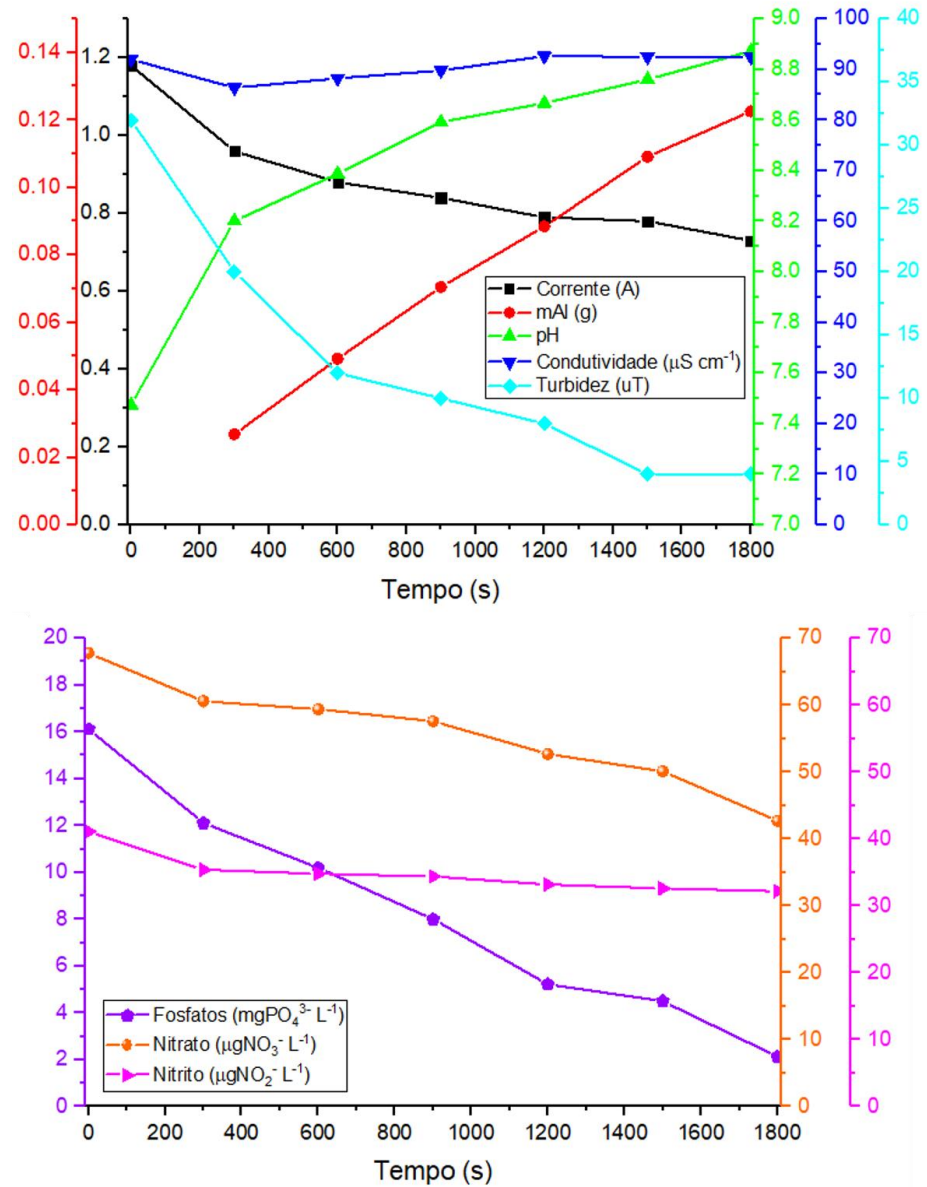
A remoção de fosfatos está demonstrada na Figura 1. Com um valor inicial de aproximadamente 16 mg L^{-1} , foi possível observar uma expressiva remoção de 87% em 1800 segundos de reação. Os íons fosfato possuem uma grande afinidade com íons metálicos como Fe^{2+} , Fe^{3+} e Al^{3+} . Neste caso, a remoção de íons fosfato pode se dar pela adsorção nos flocos de coagulante eletroquimicamente formados, ou pela precipitação de fosfatos de alumínio, assim como descrito pela Equação 5.



A remoção de compostos nitrogenados, como nitrito e nitrato pode ser observada na Figura 6. A baixa concentração dos compostos nitrogenados se deve ao fato da ausência de tratamentos biológicos preliminares, onde pode haver a produção de nitrito e nitrato em situações aeróbias ((CAPODAGLIO; HLAVÍNEK; RABONI, 2016).

Para o nitrito foi observada uma remoção de 37% em 1800 segundos de reação, já para o nitrato foi observada uma menor eficiência, 21%, durante o experimento.

Figura 1 – Parâmetros físicos e químicos observados durante o processo.



Fonte: Autoria Própria.

CONCLUSÃO

A aplicação da eletrocoagulação obteve boas eficiências na remoção de fosfatos. A ação dos agentes coagulantes juntamente com a elevação do pH auxiliou na precipitação dos fosfatos na forma de sais bom baixa solubilidade e adsorção nos flocos coagulantes. Outro parâmetro satisfatório foi a remoção de turbidez, que alcançou níveis próximos a



90% de remoção. Porém a remoção de nutrientes nitrogenados como nitritos e nitratos não foi satisfatória.

Os resultados obtidos demonstram que o sistema de eletrocoagulação pode ser aplicado como auxiliar no tratamento biológico de esgotos sanitários. Sistemas biológicos possuem uma boa remoção de compostos nitrogenados, porém não atingem remoções satisfatórias de nutrientes fosforados. De tal forma, o sistema complementaria o tratamento como uma etapa de polimento final.

REFERÊNCIAS

ADEOGUN, Abideen Idowu; BALAKRISHNAN, Ramesh Babu. Kinetics, isothermal and thermodynamics studies of electrocoagulation removal of basic dye rhodamine B from aqueous solution using steel electrodes. **Applied Water Science**, [s.l.], v. 7, n. 4, p.1711-1723, 7 set. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-015-0337-4>.

BRILLAS, Enric; MARTÍNEZ-HUITLE, Carlos A.. Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods. An updated review. **Applied Catalysis B: Environmental**, [s.l.], v. 166-167, p.603-643, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.11.016>.

CAPODAGLIO, Andrea G.; HLAVÍNEK, Petr; RABONI, Massimo. Advances in wastewater nitrogen removal by biological processes: state of the art review. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.l.], v. 11, n. 2, p.250-267, 15 abr. 2016. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1772>.

CHOU, Wei-lung et al. Effect of Process Parameters on Removal of Salicylic Acid from Aqueous Solutions via Electrocoagulation. **Environmental Engineering Science**, [s.l.], v. 28, n. 5, p.365-372, maio 2011. Mary Ann Liebert Inc. <http://dx.doi.org/10.1089/ees.2010.0262>.

EATON, Andrew D.; CLESCERI, Lenore S.; RICE, Eugeni W.; GREENBERG, Arnold. E. (Ed.). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation.

FENG, Yujie et al. Electrochemical technologies for wastewater treatment and resource reclamation. **Environmental Science: Water Research & Technology**, [s.l.], v. 2, n. 5, p.800-831, 2016. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c5ew00289c>.

LACASA, Engracia et al. Electrochemical phosphates removal using iron and aluminium electrodes. **Chemical Engineering Journal**, [s.l.], v. 172, n. 1, p.137-



143, ago. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2011.05.080>.

PANIZZA, M. et al. Electrochemical treatment of wastewaters containing organic pollutants on boron-doped diamond electrodes: Prediction of specific energy consumption and required electrode area. **Electrochemistry Communications**, [s.l.], v. 3, n. 7, p.336-339, jul. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1388-2481\(01\)00166-7](http://dx.doi.org/10.1016/s1388-2481(01)00166-7).

SZPYRKOWICZ, L. Electrocoagulation of textile wastewater bearing disperse dyes. **Annali di Chimica**, Roma, v. 10, n. 92, p.1025-1034, out. 2002.

TORRES, Patrícia. **Desempenho de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) de bancada no tratamento de substrato sintético simulando esgotos sanitários. Dissertação** (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

YANG, Kai et al. Municipal wastewater phosphorus removal by coagulation. **Environmental Technology**, [s.l.], v. 31, n. 6, p.601-609, maio 2010. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09593330903573223>.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento Acadêmico de Construção Civil, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, as agências de fomento CNPq e Capes pelo fomento da bolsa de estudos e financiamento do projeto.