

ESTUDO DO TRATAMENTO DE EFLUENTE LÁCTEO PELO PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO

Luana Braun (*), Lara Talita Schneider 2, Júnior Staudt 3, Daniela Estelita Goes Trigueros 4, Aparecido Nivaldo Módenes 5

* Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: luhbraun@hotmail.com.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a aplicação do processo de eletrocoagulação no tratamento de efluente lácteo. Para isso, utilizou-se o planejamento experimental Box-Behnken Design (BBD) para investigar as variáveis independentes do processo de eletrocoagulação, sendo eles a intensidade de corrente ($42,85 - 128,57 \text{ mg L}^{-1}$), o tempo de tratamento (10 – 60 min) e o pH (7 – 9). Foram avaliadas as variáveis resposta de DQO (demanda química de oxigênio) e COD (carbono orgânico dissolvido). Os dados de remoção de DQO e COD foram submetidos à análise estatística pelo software Statistica. Foram observadas remoções de DQO entre 20,2 e 52,4%, e de COD entre 2,7 e 23,5%.

PALAVRAS-CHAVE: efluente lácteo, eletrocoagulação, Box-Behnken Design.

INTRODUÇÃO

Dentre os diversos setores produtivos, as indústrias de laticínios destacam-se pela diversidade de produtos finais e, portanto pelo volume de efluente gerado durante o beneficiamento da matéria prima. Em geral, os efluentes da indústria de lácteos possuem elevada concentração de matéria orgânica, advindo dos constituintes do leite, além de detergentes e desinfetantes utilizados para a lavagem dos equipamentos (KOLHE *et al.*, 2002).

Na busca por alternativas para o tratamento de efluentes têm-se o processo de eletrocoagulação. A coagulação é um processo físico-químico, que utiliza sais de alumínio ou ferro, para que ocorra a formação de precipitados, separando a fase aquosa da fase sólida. A eletrocoagulação parte deste princípio, mas neste processo o coagulante é liberado para o meio através do desgaste de eletrodos metálicos (MOLLAH *et al.*, 2004). Segundo Koparal & Ogutveren (2002), a eletrocoagulação pode ser definida como um processo que se fundamenta em criar hidróxidos metálicos em meio aquoso por eletro dissolução de ânodos solúveis, sendo estes comumente feitos de ferro ou alumínio.

Dessa forma, o processo de eletrocoagulação consiste em submeter eletrodos metálicos a uma diferença de potencial, de acordo com a condutividade elétrica da solução, de modo a propiciar a oxidação do material do ânodo formando íons metálicos, e a redução do cátodo formando íons hidroxilas. A interligação entre estes íons resulta em hidróxidos metálicos, que em solução promovem a neutralização das cargas superficiais, a desestabilização das partículas coloidais e quebra de emulsões. A formação de flocos ocorre pela aglutinação das partículas desestabilizadas devido à formação dos hidróxidos metálicos. Dependendo da densidade dos flocos formados, a remoção dos poluentes pode ocorrer tanto por precipitação (formação de lodo), quanto por flotação (com a formação de gases e espuma) (GARCIA *et al.*, 2015).

OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi a aplicação do processo de eletrocoagulação no tratamento de um efluente lácteo, avaliando as respostas experimentais de DQO e COD, de modo a assegurar os parâmetros físico-químicos com padrões de descarte em corpos hídricos segundo as legislações ambientais.

METODOLOGIA

O efluente lácteo foi coletado no tanque de equalização de uma indústria de beneficiamento de produtos lácteos, localizada no oeste do estado do Paraná. Os procedimentos de coleta, acondicionamento e preservação das amostras foram realizadas de acordo com a metodologia padrão recomendado pela Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2005). Todos os reagentes utilizados apresentavam grau de pureza analítica. Para a determinação da DQO foi utilizado o método de refluxo fechado/colorimétrico e para o COD foi utilizado o método de oxidação catalítica por combustão a 680 °C utilizando um analisador TOC-L (Shimadzu).

Os experimentos foram realizados em sistema batelada e foram utilizadas placas de alumínio em um reator de acrílico com volume útil de 1000 mL. Foi adicionado 0,5 de NaCl para aumento da condutividade elétrica e a cada 30 minutos foi realizada a inversão da polaridade para evitar desgaste dos eletrodos (ESPINOZA-QUIÑONES *et al.*, 2009). As variáveis independentes do planejamento experimental Box-Behnken Design (BBD) foram densidade de corrente (42,85; 85,71 e 128,57 A m⁻²), tempo (10; 35 e 60 min) e pH inicial da solução (5; 7 e 9).

RESULTADOS

O tratamento do efluente lácteo pelo processo de eletrocoagulação forneceu remoções de DQO entre 20,2 e 52,4%, e de COD entre 2,7 e 23,5%. Ambas as respostas experimentais, e os respectivos valores reais das variáveis independentes: densidade de corrente (q_1), tempo de reação (q_2) e pH inicial (q_3) estudados no planejamento BBD, estão apresentadas na Tabela 1, cujas médias e desvio padrão da média são fornecidas por duplicata analítica.

Tabela 1: Respostas experimentais do planejamento BBD. Fonte: Autor do trabalho.

Ensaio	q_1 Dens. Corrente (A m ⁻²)	q_2 Tempo (min)	q_3 pH inicial	Remoção (%) ± dp	
				DQO	COD
1	42,85	10	7	20,2 ± 0,8	2,7 ± 0,1
2	128,57	10	7	31,6 ± 1,0	11,2 ± 2,0
3	42,85	60	7	31,9 ± 1,1	7,2 ± 0,2
4	128,57	60	7	48,8 ± 0,8	23,5 ± 0,7
5	42,85	35	5	35,5 ± 1,7	9,3 ± 0,4
6	128,57	35	5	49,6 ± 1,1	15,5 ± 0,1
7	42,85	35	9	26,4 ± 1,4	4,0 ± 1,6
8	128,57	35	9	32,1 ± 0,8	9,7 ± 0,7
9	85,71	10	5	36,3 ± 1,5	6,6 ± 0,2
10	85,71	60	5	40,1 ± 0,6	11,5 ± 0,1
11	85,71	10	9	23,8 ± 0,8	3,3 ± 0,1
12	85,71	60	9	25,7 ± 1,4	8,5 ± 0,0
13	85,71	35	7	51,4 ± 0,8	20,8 ± 0,1
14	85,71	35	7	50,6 ± 0,6	21,5 ± 0,2
15	85,71	35	7	52,3 ± 0,8	19,7 ± 0,7
16	85,71	35	7	51,1 ± 0,8	20,5 ± 0,8
17	85,71	35	7	52,4 ± 0,5	19,6 ± 0,4

Os efeitos estatisticamente significativos (p -valor < 0,05) para o tratamento de eletrocoagulação são apresentados pela estatística *t-Student*, no gráfico Pareto da resposta remoção de DQO (Figura 1.a) e da resposta COD (Figura 1.b). A maior influência positiva refere-se ao tempo de reação eletroquímica, em seu fator quadrático (q_2)², para a remoção de DQO (t -Student=30,205), bem como ao pH, em seu fator quadrático (q_3)², para a remoção de COD (t -Student=18,858).

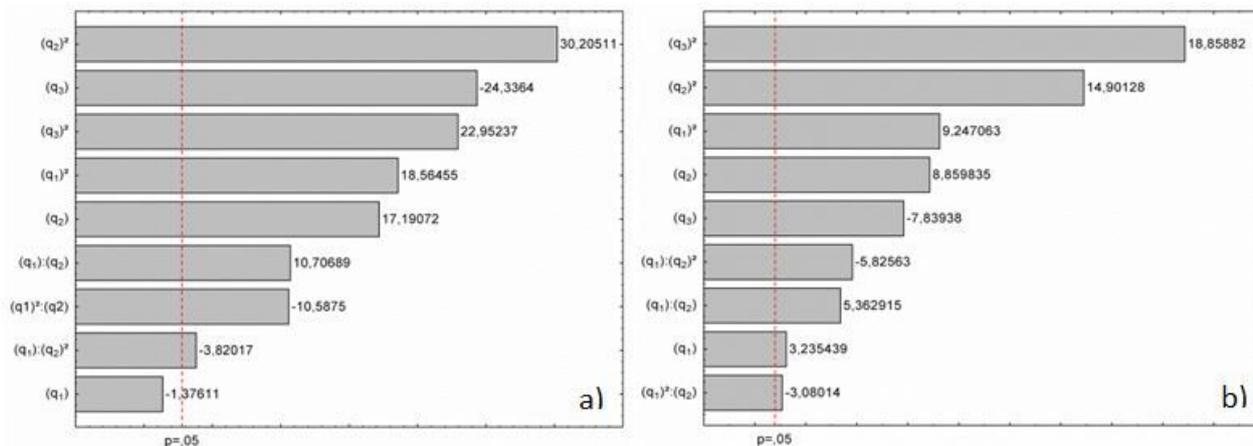


Figura 1: Gráfico Pareto dos efeitos linear (q_i) e quadrático (q_i^2) referentes a densidade de corrente (q_1), tempo (q_2), pH inicial (q_3), e suas interações ($q_i:q_j$) durante o tratamento por eletrocoagulação segundo a (a) remoção de DQO e (b) remoção de COD. Fonte: Autor do trabalho.

As superfícies de ambas as respostas apresentaram o mesmo comportamento em função das variáveis independentes (densidade de corrente, tempo de reação e pH inicial da solução). Predizendo a região de máxima remoção nas seguintes condições: aproximadamente 35 min de reação; pH inicial entre 5 e 7; e densidade de corrente entre 85,71 e 128,57 A m⁻².

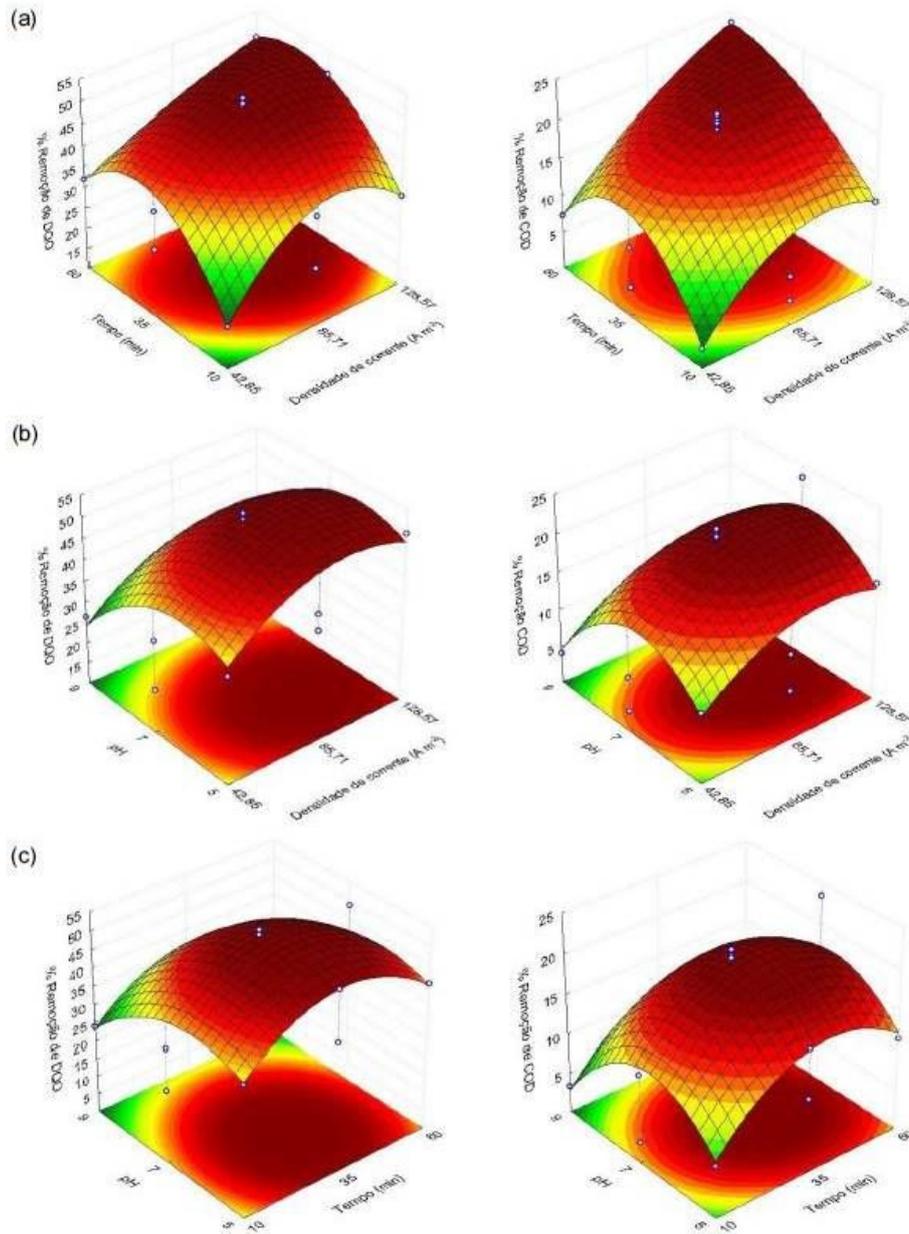
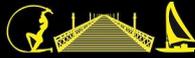


Figura 2. Superfícies de resposta da remoção de DQO e COD prevista para o tratamento por eletrocoagulação em função: (a) Tempo de reação e Densidade de corrente em pH inicial 7; (b) Densidade de corrente e pH inicial durante 35 min de reação; (c) pH inicial e Tempo de reação sob 85,71 A m⁻² de densidade de corrente. Fonte: Autor do trabalho.

CONCLUSÃO

O estudo mostrou que o tratamento do efluente lácteo pelo processo isolado de eletrocoagulação não foi capaz de reduzir as concentrações de DQO e COD a níveis aceitáveis para descarte pelas legislações vigentes. Uma alternativa seria a combinação de processos para atingir esses níveis, sendo necessário mais estudos para o tratamento adequado deste efluente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA (American Public Health Association); AWWA (American Water Works Association); WEF (Water Environment Federation). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21^a Ed. Washington – DC: APHA, 2005.

2. ESPINOZA-QUIÑONES, F.R.; FORNARI, M.M.T.; MÓDENES, A.N.; PALÁCIO, S.M.; SILVA, F.G.; SZYMANSKI, N.; KROUMOV, A.D.; TRIGUEROS, D.E.G. **Pollutant removal from tannery effluent by electrocoagulation.** Chemical Engineering Journal, v. 151, p. 59-65, 2009.
3. GARCIA, A. G; MIRANDA, V.M.; CIENFUEGOS, I. G. M.; SANCHEZ, P. T. A.; JUAREZ, M. C.; HERNANDEZ, I. L. **Industrial wastewater treatment by electrocoagulation/electrooxidation process powered by solar cells.** Fuel, v 149, p. 46-54, 2015.
4. KOLHE, A. S.; INGALE, S. R.; BHOLE, R. V. **Effluent of dairy technology.** International Research Journal, v. II, n. 5, p. 459–461, 2002.
5. KOPARAL, A. S.; OGUTVEREN, U. B. **Removal of nitrate from water by electroreduction and electrocoagulation.** J. Hazard. Mater, v. 89, p. 83–94, 2002.
6. MOLLAH, M.Y.A.; MORKOVSKY, P.; GOMES, J.A.G.; KESMEZ, M.; PARGA, J.; COCKE, D.L. **Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation.** Journal of Hazardous Materials, v. 114, p. 199-210, 2004.