



REMOÇÃO DE Cr (VI) E TRATAMENTO DE EFLUENTE SINTÉTICO ATRAVÉS DE PROCESSO DE ELETROFLOCULAÇÃO

VILSON C. DA LUZ^{1,2*}, GABRIEL ANDRÉ TOCHETTO^{1,2}, TAINÁ C. DA SILVA^{1,2}, JOSIANE BAMPI^{1,2}, ADRIANA DERVANOSKI^{2,3}, GEAN DELISE L.P. VARGAS^{2,4}

1 Introdução

O aumento da presença industrial, tem resultado em um aumento progressivo na geração de efluentes líquidos, resíduos sólidos e atmosféricos (DEZZOTTI, 2008). Dentre os diversos contaminantes que acabam chegando ao meio ambiente de forma antropogênica, tem se destacado os metais pesados como o cromo (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), zinco (Zn), manganês (Mn) e níquel (Ni), presentes em efluentes de diferentes indústrias (TAHA et al., 2016).

Muitas tecnologias vêm sendo utilizadas para a remoção de metais em águas contaminadas, dentre elas encontram-se a precipitação, adsorção, membranas de separação, sistemas e eletroquímicos dentre outros. A remoção de contaminantes em efluentes industriais por processos eletroquímicos (eletrocoagulação/eletrofloculação) são tecnologias aplicadas ao tratamento destas águas para fins de descarte em corpos receptores (COSTA et al., 2019). Sabe-se que a aplicação dos processos eletroquímicos quando empregados no tratamento de efluentes contendo metais pesados, são consideradas rápidas e com parâmetros de fácil controle.

2 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o processo de remoção de Cr (VI) no tratamento de efluente sintético através do processo de eletrofloculação, utilizando eletrodos comerciais e/ou desenvolvidos a partir de resíduos da indústria.

3 Metodologia

O efluente sintético contendo Cr (VI) foi preparado utilizando dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e acidificado com H_2SO_4 , ainda foi adicionado NaCl à solução, como agente eletrólito. O sistema eletrolítico foi constituído de um reator de 1 L, um conjunto de eletrodos composto de um cátodo e um ânodo, oriundos de resíduos industriais, nas dimensões 9 cm x 7 cm x 3,5 mm (comprimento, largura, espessura). A eletricidade necessária para que ocorra a eletrofloculação foi provida por uma

1 Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Erechim, contato: vilson.conradoluz@gmail.com

2 Grupo de Pesquisa em Resíduos, Geotecnia Ambiental e Poluição Atmosférica – GPRGAEPA.

3 Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Erechim, **Coorientadora**

4 Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Erechim, **Orientadora**



fonte de alimentação digital com capacidade de até 20 V, sendo a medição de corrente e diferença de potencial obtida através de dois multímetros, ligados em série e paralelo, respectivamente.

A determinação da concentração de Cr (VI) foi realizada a partir do método colorimétrico, (NBR 13738), utilizando como agente colorante a solução de 1,5 difenilcarbazida (250 mg) em acetona (50 mL), anteriormente aos experimentos foi preparada uma curva padrão. A solução foi acidificada a pH 1,00 para leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 540 nm.

A significância das variáveis que afetam o processo foi determinada a partir de um delineamento experimental do tipo Plackett-Burmann (PB), com triplicata do ponto central, considerando o tempo, concentração de Cr, pH, corrente, agitação e temperatura, como fatores, e concentração fixa de $0,5 \text{ g.L}^{-1}$ de NaCl.

Após a determinação das variáveis que afetam diretamente o sistema, foi desenvolvido um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) 2^4 completo, assim apresentando todas as interações possíveis entre os fatores. Do DCCR foram retirados os valores do sistema otimizado de eletrofloculação do Cr (VI) utilizando os eletrodos de resíduos industriais. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com auxílio do *software* STATISTICA 12.

4 Resultados e Discussão

A execução do planejamento experimental visando a determinação das variáveis de maior importância para o processo de eletrofloculação mostrou que para baixas concentrações (10 mg L^{-1}) todas as relações feitas resultaram em remoção superior a 99%, em altas concentrações (150 mg L^{-1}) o processo mostrou-se eficiente em meio ácido pH 1,0, com o maior nível de corrente (0,7 A), temperatura ambiente (25°C) e longos períodos de tempo, sendo indiferente a existência ou não de agitação. A Tabela 1 mostra o planejamento experimental tendo como resposta a remoção do Cr(VI). Através da análise de variância (ANOVA) foi possível determinar que as variáveis, tempo, concentração de Cr (VI), pH, corrente e temperatura, são significativas para o processo ($p < 0,05$), sendo que os fatores concentração de Cr (VI), pH e temperatura afetam negativamente o sistema.



Tabela. 1 Matriz de experimentos do tipo Plackett-Burmann tendo como reposta o percentual de remoção de Cr (VI)

Experimento	Tempo (min)	Cr(VI) (ppm)	pH	Corrente (A)	Agitação (rpm)	Temperatura (°C)	Remoção (%)
1	+1 (30)	-1 (10)	+1 (5)	-1 (0,1)	-1 (0)	-1 (25)	99,97
2	+1 (30)	+1 (150)	-1 (1)	+1 (0,7)	-1 (0)	-1 (25)	99,99
3	-1 (5)	+1 (150)	+1 (5)	-1 (0,1)	+1 (3)	-1 (25)	6,10
4	+1 (30)	-1 (10)	+1 (5)	+1 (0,7)	-1 (0)	+1 (55)	99,75
5	+1 (30)	+1 (150)	-1 (1)	+1 (0,7)	+1 (3)	-1 (25)	99,99
6	+1 (30)	+1 (150)	+1 (5)	-1 (0,1)	+1 (3)	+1 (55)	23,05
7	-1 (5)	+1 (150)	+1 (5)	+1 (0,7)	-1 (0)	+1 (55)	16,72
8	-1 (5)	-1 (10)	+1 (5)	+1 (0,7)	+1 (3)	-1 (25)	99,65
9	-1 (5)	-1 (10)	-1 (1)	+1 (0,7)	+1 (3)	+1 (55)	99,80
10	+1 (30)	-1 (10)	-1 (1)	-1 (0,1)	+1 (3)	+1 (55)	100,00
11	-1 (5)	+1 (150)	-1 (1)	-1 (0,1)	-1 (0)	+1 (55)	30,69
12	-1 (5)	-1 (10)	-1 (1)	-1 (0,1)	-1 (0)	-1 (25)	99,98
13	0 (17,5)	0 (80)	0 (3)	0 (0,4)	0 (1,5)	0 (40)	68,07
14	0 (17,5)	0 (80)	0 (3)	0 (0,4)	0 (1,5)	0 (40)	69,07
15	0 (17,5)	0 (80)	0 (3)	0 (0,4)	0 (1,5)	0 (40)	61,86

O efeito do pH sobre o sistema de redução do Cr (VI) em Cr (III) é altamente beneficiado em meio ácido, principalmente em pH próximo a 1,0. Tal processo ocorre devido à impossibilidade dos íons de cromo hexavalente precipitarem em altas concentrações de íons H^+ . Ainda, a reação de redução de Cr (VI) pelos íons Fe^{2+} é favorecida em condições muito ácidas, porém a formação de precipitados e a geração de lodo de Fe^{3+} e Cr (III) somente é favorecida em condições mais alcalinas, dados também verificados por Arroyo et al., (2009).

Para o DCCR foram levados como significantes os fatores pH, concentração, tempo e corrente. Apesar da temperatura mostrar-se significativa para o processo foi decidido mantê-la a 25°C, próximo a temperatura ambiente, pois foi o menor valor utilizado no planejamento PB.

O delineamento experimental teve como resultado de um sistema ajustado, pH 1,5, corrente 0,7 e tempo mínimo de 30 min para a remoção completa de 80 mg L⁻¹ de Cr (VI) como o modelo otimizado para remoção do Cr (VI).

5 Conclusão

Através dos dados apresentados foi possível concluir que o processo de eletrofloculação de Cr (VI) em efluente sintético, utilizando como eletrodos resíduos de sucata de ferro oriundos da indústria metalomecânica foi capaz de remover o contaminante da solução e reduzi-lo a uma forma menos tóxica, no entanto, caso o foco seja a remoção total do contaminante ainda seria necessário um pós-tratamento. Ainda é importante ressaltar que a remoção deste metal tem sua eficiência diretamente relacionada concentração do mesmo no efluente.



Referências

ARROYO, M.G.; PÉREZ-HERRANZ, V.; MONTAÑÉS, M.T.; GARCÍA-ANTÓN, J.; GUIÑÓN, J.L.. Effect of pH and chloride concentration on the removal of hexavalent chromium in a batch electrocoagulation reactor. **Journal Of Hazardous Materials**, v. 169, n. 1-3, p. 1127-1133, set. 2009.

COSTA, P. R.F.; COSTA, E. C. T. A.; CASTRO, S. S. L.; FAJARDO, A. S.; MARTÍNEZHUITLE, C. A. A sequential process to treat a cashew-nut effluent: Electrocoagulation plus electrochemical oxidation. **J. of Electroanalytical Chem.**, v. 834, p. 79-85, 2019.

DEZZOTI, M. Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos. Escola Piloto de Engenharia Química, COPPE-UFRJ. Rio de Janeiro, 2008.

FU, F.; WANG, Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 3, p. 407–418, 2011.

TAHA, A. A. et al. Multi-component adsorption of Pb(II), Cd(II), and Ni(II) onto Egyptian Naactivated bentonite; Equilibrium, kinetics, thermodynamics, and application for seawater desalination. **J. of Environmental Chem. Eng.**, v. 4, p. 166–1180, 2016.

Palavras-chave: efluentes; metais pesados; tratamento; eletrofloculação.

Financiamento

PROBITI – FAPERGS

