



REMEDIAÇÃO ELETROCINÉTICA DE SOLO GALVÂNICO CONTAMINADO COM CROMO TRIVALENTE.

Haroldo de Araújo Ponte ¹, Cristiane Cecchin Monte Raso ²

¹ UFPR/ hponte@ufpr.br

² UFPR/ profecmraso@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho discorre sobre a importância do tratamento de solos contaminados com metais pesados, em especial, pelo metal cromo. Foi utilizada como técnica de tratamento a remediação eletrocinética, avaliando-se a influência da aplicação de diferentes valores para campo elétrico e tempo de remediação. No estudo realizado, foi utilizado como eletrólito o ácido acético e a realização do experimento ocorreu em um reator eletrocinético. Os melhores resultados observados foram 92% de remediação do íon cromo e 9,6 W/h de consumo energético.

Palavras Chave: Remediação; eletrocinética; cromo; solos.

Área Temática: Tema 13 – Tecnologias Ambientais;

ELECTROCYNTHETIC REMEDIATION OF GALVANIC SOIL CONTAMINATED WITH TRIVALENT CHROMIUM.

Abstract

This work discusses the importance of the treatment of soils contaminated with heavy metals, especially by chromium metal. Electrokinetic remediation was used as treatment technique, evaluating the influence of the application of different values for electric field and remediation time. In the study, the acetic acid was used as electrolyte and the experiment was carried out in an electrokinetic reactor. The best results observed were 92% remediation of the chromium ion and 9.6 W / h of energy consumption.

Keywords: Remediation; electrokinetics; chrome; soil.

Theme Area: Theme 13 - Environmental Technologies;



Introdução

A criação de novas formas de exploração ambiental, tecnologias e desenvolvimento industrial vem revelando alguns aspectos negativos para o meio ambiente (MONTE et al., 2015). Os efluentes industriais são, nesse contexto, um problema particular, pois a natureza não os absorve, principalmente os contaminados por metais pesados. O manejo inseguro e não apropriado, sobretudo a disposição inadequada de certos resíduos que contêm substâncias químicas, potencialmente tóxicas, acarretam situações críticas de degradação ambiental e de sérios riscos à saúde.

Existem várias técnicas de remediação com possibilidade de aplicação, que tem por finalidade reduzir as concentrações de contaminantes a níveis seguros para a saúde humana, além de impedir a dispersão dos mesmos no ambiente. A descontaminação pode ocorrer tanto *in situ*, isto é, sem remoção do solo e “*ex situ*”, onde o solo é removido (COUTINHO et al., 2015).

Entre as tecnologias “*in situ*”, destaca-se a remediação eletrocinética. A técnica baseia-se nos fenômenos eletrocinéticos que ocorrem quando um campo elétrico é aplicado ao solo pela inserção de eletrodos e fluido intersticial é usado como meio condutivo. O campo elétrico induz a mobilização deste fluido e de espécies químicas dissolvidas, podendo promover o transporte de contaminantes para os eletrodos visando sua remoção/extração e futuro tratamento ou armazenamento (SANTOS, 2015).

Os contaminantes, por sua vez, migrarão de acordo com sua carga. Em caso de uma carga induzida negativa pela indução de campo, estes contaminantes serão direcionados para o compartimento anódico no qual ocorrerá a sua mineralização ou oxidação (primária ou secundária) dependendo diretamente dos potenciais atingidos pelo eletrodo. No entanto, os que adquirirem carga positiva migrarão para o compartimento catódico, sofrendo uma possível redução (COMNINELLIS, 2001; MARTINEZ et al., 2004;)

Materiais e Métodos

O estudo foi realizado em um reator cilíndrico, segundo modelo inicial proposto por Yeung, Hsu e Menon (1997), composto por: câmara circular, possuindo 9,5 cm de diâmetro interno e 22 cm de comprimento, na qual é colocado o solo contaminado com cromo e imerso em um eletrólito de ácido acético 0,1M. Esta câmara possui aberturas nas extremidades para encaixe das bases que contêm os eletrodos, que são posicionados para permitir a aplicação de potencial, gerando um campo elétrico. Como catodo foi utilizado um eletrodo de inox 304 e como anodo o Titânio/Rutênio-Irídio. O pH do solo contaminado foi fixado em 2,5.

Foi preparada a amostra do solo simulando as condições de uma contaminação por cromo III. O reator foi preenchido com 1960 g de solo, sendo 70% de areia, 20% de caulinita e 10% de Cr_2O_3 . A quantidade de cromo III presente no solo proposto é de 129,16 g.

Nos ensaios variou-se o campo elétrico nos valores de 0,45; 0,91 e 1,36 V/cm (potencial de 10/20/30V dividido pela distância entre os eletrodos de 22cm, respectivamente), sendo submetidos aos períodos de 24, 48 e 72 horas. A análise do solo foi realizada pela técnica de Espectroscopia de Fluorescência de Raios X (FRX).

Resultados

Ao analisar os percentuais de remoção dos íons cromo após a remediação, conforme tabela 1, observou-se que a maior eficiência alcançada, deu-se com os parâmetros de 1,36



V/cm para campo elétrico e 72 horas de aplicação. O pior resultado ocorreu para a combinação: 24 horas de aplicação e campo elétrico de 0,45 V/cm, que praticamente não resultou em qualquer remediação. Outros resultados significativos se deram para os parâmetros: 48 horas de aplicação e campo elétrico de 0,91 V/cm, que resultaram em remediações de 90,9% a 92%. Esta combinação de parâmetros, inclusive, foi considerada no estudo como a melhor disposição, principalmente quando considerado o consumo energético.

TABELA 1 - Resultados da eficiência de remoção do íon cromo

Corrida experimental	Tempo (h)	Campo (V/cm)	Remediação (%)
1	24	0,45	0,00
2	72	0,45	54,66
3	24	1,36	74,29
4	72	1,36	94,00
5	48	0,91	90,90
6	48	0,91	92,00

FONTE: Os Autores (2017)

No desenvolvimento dos experimentos, ficou evidenciado que os parâmetros tempo de aplicação e campo elétrico aplicado têm influência significativa no processo, que quanto maiores forem os índices de aplicação de tais parâmetros, melhores serão os resultados. Entretanto, deve ser enfatizado que, a partir de certo ponto (combinação 48 horas e 0,91 V/cm de campo elétrico), o aumento no percentual de remediação ocorre de forma não significativa, o que requer uma avaliação da relação benefício/custo. Na tabela 2 está apresentado o consumo energético obtido das corridas experimentais.

TABELA 2 - Consumo energético em relação a remediação do íon cromo

Corrida experimental	Consumo Energético (Wh)	Remediação Cromo (%)	Cromo III removido em massa (g)
1	2,4	0,000	0,000
2	7,2	54,660	70,56
3	14,4	74,290	96,04
4	43,2	94,000	121,52
5	9,6	90,900	117,6
6	9,6	92,000	118,78

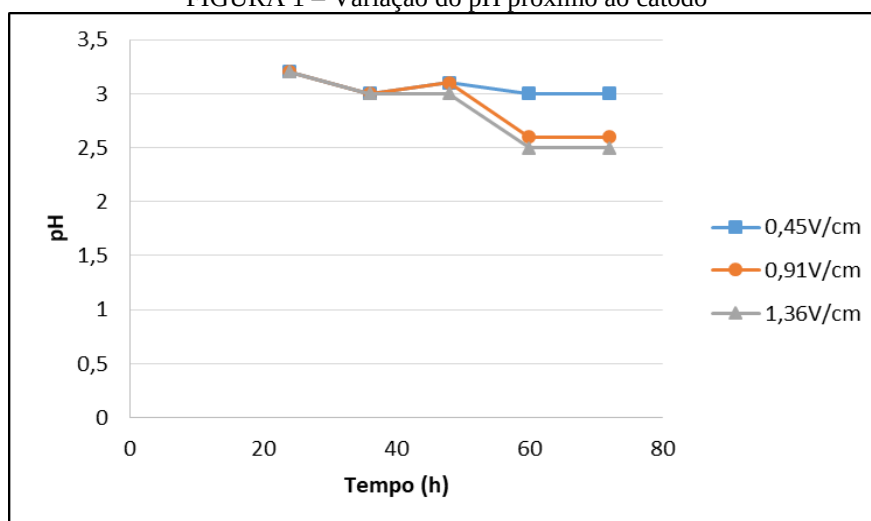
FONTE: Os Autores (2017)

O perfil de variação do pH do solo na região próxima do catodo, medido em todas as corridas experimentais, está apresentado na Figura 1.

Para campo elétrico de 0,45V/cm o pH permaneceu em torno de 3 durante todo o processo de remediação (de 0 a 72 horas). Já para os parâmetros de campo elétrico de 0,91 e 1,36V/cm, a partir de 60 horas de processo observou-se redução no pH para 2,6 e 2,5; respectivamente.



FIGURA 1 – Variação do pH próximo ao catodo



FONTE: Os Autores (2017)

Os resultados indicam uma estabilidade no pH do solo com pequena tendência de diminuição a partir de 60 horas de processo e campos elétricos de 0,91V/cm e 1,36V/cm. Essa particularidade, possivelmente, deveu-se a não formação da frente ácida, em razão de ter-se evitado as reações paralelas nos eletrodos, bem como, pela utilização do ácido acético como eletrólito que possui baixa condutividade e propriedades que auxiliam na manutenção do pH.

Conclusões

Ficou evidenciado que as variáveis campo elétrico e tempo de remediação são significativas na remediação do solo. A utilização de um eletrólito de baixa condutividade contribuiu para que o processo de remediação ocorresse com densidade de corrente mais próxima de zero, evitando-se, dessa forma, a geração das reações paralelas e propiciando um ambiente favorável para a migração do íon cromo III.

Referências

COMNINELLIS, C. Electrochemical oxidation of organic pollutants for wastewater treatment. **Journal of Catalysis**, v. 204, n. 1, p. 23–34, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021951701933603>>.

COUTINHO, P. W. R., CADORIN, D. A., NORETO, L. M., GONÇALVES JR., A.C. **Alternativas de remediação e descontaminação de solos: biorremediação e fitorremediação**. **Nucleus** (Online), Ituverava, v.12, n.1, p. 59-68, 2015.



MARTINEZ, C. A.; ANTONIO, M.; COMNINELLIS, C.; FERRO, S.; BATTISTI, A. DE. Electrochemical incineration of chloranilic acid using Ti / IrO₂, Pb / PbO₂ and Si / BDD electrodes. **Electrochimica Acta**, v. 50, p. 949–956, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013468604008461>>.

MONTE, E. F., FAGUNDES, T. C., XIMENES, A. F., MOURA, F. S., COSTA, A. R. S. **Impacto ambiental causado pelo descarte de óleo; Estudo de caso da percepção dos moradores de Maranguape, Paulista** – PE. Revista Geama (Online), Recife, v. 2, n. 1, p. 41-55, 2015.

SANTOS, Elisama Vieira dos. **Aplicação de tratamentos eletroquímicos integrados para remediação de solos e águas contaminadas com petróleo e pesticidas**. 2015. 140f. Tese (Doutorado em Química) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

YEUNG, A.T. et al. Design, fabrication, and assembly of an apparatus for electrokinetic remediation studies. **Geotechnical Testing Journal**, v. 20, n. 2, p. 199-210, 1997.