



Remediação eletrocinética de lodo contaminado com metais pesados Carolina Elicker¹, Katia Regina Lemos Castagno²

¹ Acadêmica do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental/Instituto Federal Sul-Rio-Grandense Campus Pelotas (carolinaelicker@yahoo.com.br)

² Professora do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental/Instituto Federal Sul-Rio-Grandense Campus Pelotas (katiarlc@pelotas.ifsul.edu.br)

Resumo

Esse trabalho apresenta o estudo da aplicação da técnica de remediação eletrocinética no tratamento de lodo de estação de tratamento de esgoto contaminado por metais pesados. O estudo consistiu, numa primeira etapa, da caracterização parâmetros físico-químicos do lodo e, numa segunda etapa, da aplicação da técnica de remediação eletrocinética. A concentração dos metais cobre, cromo, zinco e chumbo nas amostras de lodo, antes e depois do experimento, foi determinada por espectroscopia de absorção atômica. Após 40 horas de experimento, para uma vazão de 1,34 L/h de eletrólito e com aplicação de uma tensão de 20 V, a taxa de remoção dos metais estudados foi superior a 50%. Os resultados mostram a viabilidade de utilização da técnica eletroquímica de remediação eletrocinética para remoção de metais de lodo de estação de tratamento de esgoto.

Palavras-chave: Remediação eletrocinética. Metais pesados. Resíduos sólidos.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

Abstract

This paper presents the study of the application of electrokinetic remediation technique in the treatment of sludge from sewage treatment contaminated by heavy metals. The study was in a first step, the physico-chemical characterization of the sludge and in a second step, the application of electrokinetic remediation technique. The concentration of the metals copper, chromium, zinc and lead in the sludge samples, before and after the experiment was determined by atomic absorption spectroscopy. After 40 hours of the experiment for an electrolyte flow rate of 1.34 L/h, and applying 20V of voltage, the rate of removal of studied metals were superior to 50%. The results show the feasibility of using electrochemical technique electrokinetic remediation for removal metals from sludge from sewage treatment.

Key words: Electrokinetic remediation. Heavy metals. Solid waste.

Theme Area: Solid Waste.



1 Introdução

A remediação de solos contaminados tornou-se cada vez mais importante, uma vez que solos contaminados por resíduos sólidos ou efluentes ricos em metais pesados, compostos orgânicos e outros poluentes podem ser fontes de contaminação potencialmente nocivas aos seres vivos.

Dentre os vários tipos de contaminantes, os metais diferenciam-se dos compostos orgânicos tóxicos por serem absolutamente não degradáveis, de maneira que podem acumular no ambiente onde manifestam sua toxicidade (BAIRD, 2002).

Na última década o tratamento eletroquímico tem sido frequentemente aplicado para a remoção de compostos orgânicos e de metais tanto de resíduos líquidos quanto de resíduos sólidos (PAMUKCU, 1992).

O esgoto sanitário das cidades normalmente possui teores de metais pesados, uma vez que inclui quase sempre uma parcela de despejos industriais, sendo estes a principal fonte de metais no mesmo. Em menor quantidade, são provenientes da própria natureza dos resíduos domésticos, das canalizações e das águas pluviais de escoamento de superfícies metálicas ou mesmo das ruas (CHAGAS, 2000). Este efluente deve sofrer tratamento antes de seu despejo nos corpos hídricos.

O resíduo do tratamento de esgoto é chamado de lodo de esgoto. Nele estarão presentes todos os metais removidos do efluente sanitário. Uma alternativa ambientalmente correta para destinação final deste lodo é o reaproveitamento como adubo orgânico, uma vez que é rico em matéria orgânica e outros nutrientes. Para isso, o lodo de esgoto deve apresentar concentrações de agentes patogênicos e de metais pesados abaixo dos limites estabelecidos (RIBEIRO, 2010). No Brasil, os critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário são abordados pela Resolução CONAMA nº 375/2006.

A proposta desta pesquisa é a aplicação da técnica eletroquímica de remediação eletrocínica no tratamento do lodo de esgoto contaminado por metais pesados, visando o atendimento a uma necessidade de alternativas que eliminem ou minimizem o impacto ambiental causado por esse tipo de resíduo.

2 Metodologia

Neste trabalho foram utilizadas amostras do leito de secagem do Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF) da cidade de Pelotas/RS. A coleta de amostras foi realizada em novembro de 2010, sendo estas estocadas a 4°C até o uso.

A caracterização físico-química do lodo foi realizada através triplicata das seguintes análises: pH, umidade, teor de carbono orgânico, teor de nitrogênio e teor dos metais chumbo, cobre, cromo, zinco e ferro.

Na determinação da umidade, tanto as cápsulas utilizadas como as amostras foram secas em estufa a 100°C até que se atingisse peso constante.

O procedimento de preparo das amostras para as determinações físico-químicas pH, teor de carbono orgânico, teor de nitrogênio e teor de metais consistiu em secagem em estufa, a 60°C por 48h, seguida por maceração e peneiramento, sendo a fração < 63µm utilizada nas análises.

Para a medição do pH, separou-se uma alíquota de 10cm³ de lodo e diluiu em 10mL de água destilada. A medição foi realizada com pHmetro digital marca Digimed DM21.

A determinação do carbono orgânico foi feita por calcinação da amostra em mufla, e o nitrogênio total foi quantificado pelo método Kjeldhal.

Para determinação do teor de metais, foi adotado o tratamento químico da amostra proposto por Hortellani et al. (2008). O teor dos metais cobre, cromo, chumbo e zinco das amostras foi determinados através de espectrofotometria de absorção atômica em chama, em



espectrômetro PerkinElmer, modelo AAnalyst 200. O teor de ferro das amostras foi determinado através de espectrofotometria UV-VIS, em espectrofotômetro Varian, modelo Cary 1E.

Nos ensaios de eletrorremediação, utilizou-se uma célula eletroquímica construída em acrílico, tendo como ânodo dois bastões de grafite e como cátodo uma placa de aço inox. A amostra 100g de lodo foi mantida entre os eletrodos pelo uso de dois suportes de acrílico perfurados, recobertos por papel filtro.

O sistema operou com uma solução eletrolítica de $0,025 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaCl}$, com vazão $1,34 \text{ L h}^{-1}$, e sob tensão constante de 20 V.

O experimento teve duração de 40 horas (8 horas por dia durante 5 dias). Foram recolhidas amostras de lodo e da solução eletrolítica do cátodo ao final de cada dia de experimento.

3 Resultados e Discussões

Os resultados de pH, umidade, teor de carbono, teor de nitrogênio e relação C/N são mostrados na Tab. 1.

Tabela 1 - Características físico-químicas do lodo estudado

pH	Umidade %	C:N	C %	N %
5,71 ^a	65,51	9:1	28,48	3,28

^a medido a 29,2°C

O valor de pH ficou dentro da faixa encontrada para lodos de esgoto de natureza semelhante (PEQUENO et al. 2008, *apud*. RIBEIRO, 2010). O pH inicial relativamente baixo do lodo favorece a remoção de espécies metálicas (MATSUMOTO, 2007).

A umidade foi considerada alta tendo em vista o local de procedência da amostra. Contudo, o valor encontrado pode ser explicado em função do tempo em que o lodo estava no leito de secagem. Logo que é posto a umidade tende a ser alta, diminuindo conforme o tempo.

Os valores encontrados para os teores de carbono e nitrogênio, bem como a relação C:N, indicam que este lodo contém altos teores de nutrientes. Para a técnica de eletrorremediação tais teores são desfavoráveis, pois indicam que os metais presentes podem estar aderidos à matéria orgânica, sendo mais difícil a sua remoção.

As concentrações iniciais dos metais estudados, bem como seu decaimento e a percentagem de remoção conforme o tempo, no ensaio de eletrorremediação, são mostrados na Tab. 3.

Tabela 3 - Decaimento da concentração e a percentagem de remoção de metais com o tempo, para lodo na condição natural, durante processo de eletrorremediação

tempo horas	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO									
	Cu		Cr		Zn		Pb		Fe	
	C ($\mu\text{g/g}$)	Remoção (%)	C ($\mu\text{g/g}$)	Remoção (%)	C ($\mu\text{g/g}$)	Remoção (%)	C ($\mu\text{g/g}$)	Remoção (%)	C ($\mu\text{g/g}$)	Remoção (%)
0	164,5	0,0	69,2	0,0	263,0	0,0	67,3	0,0	41.731,5	0,0
8	154,0	6,4	56,4	18,4	249,5	5,1	50,1	25,6	41.500,0	0,6
16	128,0	22,2	49,8	28,1	158,3	39,8	39,8	40,9	36.750,0	11,9
24	108,3	34,2	50,0	27,7	122,2	53,5	39,5	41,3	39.250,0	5,9
32	112,7	31,5	45,5	34,3	125,8	52,2	31,3	53,5	33.000,0	20,9
40	73,0	55,6	31,3	54,8	83,8	68,1	18,8	72,0	20.250,0	51,5



As concentrações iniciais dos metais estão de acordo com aqueles esperados para lodos de estação de tratamento de efluentes.

Conforme a Resolução CONAMA nº 375/2006, os metais cobre, cromo, chumbo e zinco estão dentro da concentração máxima permitida. Esta legislação não apresenta valores máximos permitidos para ferro. O excesso deste metal na amostra é provavelmente devido ao emprego de sais de ferro no tratamento do efluente sanitário que origina o lodo utilizado.

A Tab. 3 mostra uma queda nos valores de concentração dos metais e, conseqüentemente, um aumento na percentagem de remoção destes com o tempo. Após 40 horas de experimento, todos os metais estudados obtiveram taxas de remoção superiores a 50%, com destaque para o chumbo, com 72% de remoção.

O comportamento do pH da água na região catódica (saída do reator eletroquímico) ao longo do tempo pode ser visto na Tab. 4.

Tabela 4 - pH da solução eletrolítica na região catódica

Tempo (horas)	0	8	16	24	32	40
pH água	8,81	9,31	6,47	3,71	3,64	6,74

A Tab. 4 mostra uma queda para os valores de pH nas primeiras 24 horas. Esse comportamento pode estar associado à remoção das hidroxilas, formadas no cátodo, pelas espécies metálicas, através da formação de hidróxidos insolúveis.

Nas últimas 8 horas de experimento, percebe-se aumento do pH, devido, provavelmente, à menor disponibilidade de espécies no sistema (GUARACHO, 2005).

4 Conclusão

O processo eletrocinético adotado nesse trabalho mostrou-se eficiente e os resultados mostram a viabilidade de utilização da técnica eletroquímica de remediação eletrocinética para remoção de metais de lodo de estação de tratamento de esgoto.

Referências

BAIRD, C. Química ambiental. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CHAGAS, Welington Ferreira. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da ilha do governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro**. 2000. (Mestrado em Ciências em Saúde Pública), - Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, fevereiro de 2000.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 375**. Critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, de 29 de agosto de 2006, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 ago. 2006.

GUARACHO, Viviane Ventura. **Remediação eletrocinética de chumbo e níquel em solos de landfarming de refinaria**. 2005 (Mestrado em Engenharia Mecânica), - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 30/08/2005.



3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

HORTELLANI, M. A., SARKIS, J. E. S., ABESSA, D. M. S., SOUSA, E. C. M. Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos – São Vicente. **Quím. Nova**, v. 31, n.1, p. 10-19, 2008.

MATSUMOTO, Norio; HIROAKI, Uemoto; HIROSHI, Saiki. Case study of eletrochemical metal removal from actual sediment, sewage and scallop organs and subsequent pH adjustment of sediment for agricultural use. **Water Research**, v. 41 n.12, p. 2541-2550, 2007
PAMUKCU, S., WITTLE, J.K. Electrokinetic removal of selected heavy metals from soil. **Environ. Prog.**, v.11, n.3, p. 241–250, 1992.

RIBEIRO, Lílian Medeiros. Caracterização do lodo proveniente do Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado - ETE – Pelotas. In: **XIX Congresso de Iniciação Científica UFPel**, Pelotas, 8/11/10 a 11/11/10. Anais do XIX CIC UFPel. Pelotas: UFPel, 2010 (CD-ROM).