

# Descarte de resíduos de laboratório contendo metais pesados (Hg, Pb, Cd) por adsorção em hidróxido de ferro (III)

## Disposal of laboratory waste containing heavy metals (Hg, Pb, Cd) by adsorption on iron (III) hydroxide

RIALA6/977

Jaim LICHTIG<sup>1\*</sup>, Maria de Fátima H. CARVALHO<sup>1</sup>, Carmen S. KIRA<sup>1</sup>, Franca D. MAIO<sup>1</sup>

\* Endereço para correspondência: <sup>1</sup>Instituto Adolfo Lutz - Divisão de Bromatologia e Química, Seção de Equipamentos Especializados, Av. Dr. Arnaldo, 355 - Cerqueira César - CEP: 01246-902, São Paulo, SP.

e-mail: jaimlichtig@yahoo.com.br

Recebido 12/04/2004 - aceito para publicação: 28/07/2004

### RESUMO.

Para a determinação de metais são frequentemente utilizadas as soluções-padrão de alta concentração (1000 mg/L) de diferentes íons metálicos. A geração de resíduos contendo esses íons acaba sendo inevitável e um correto gerenciamento desses resíduos é necessário a fim de se prevenir e reduzir os riscos à saúde humana e ao meio ambiente. No procedimento proposto os íons Hg(II), Pb(II) e Cd(II), contidos em soluções ácidas, foram co-precipitados com íons Fe(III) 0,10 mol/L em pH 8,5. Após a filtração, o filtrado foi seco ao ar e o sólido foi moído e misturado a uma mistura de cimento/areia (3:1). O procedimento, que consistiu na imobilização dos metais pesados, permitiu que o resíduo pudesse ter um encaminhamento a um aterro de forma segura e eficiente, quanto à preservação da saúde pública e do meio ambiente.

**Palavras-Chave.** metais tóxicos, imobilização de metais, co-precipitação com Fe(OH)<sub>3</sub>, descarte de laboratório.

### ABSTRACT

The use of high concentrated standard solutions for the determination of metals has been one of the main reasons for the production of hazardous wastes containing heavy metals in laboratories. To eliminate the environmental problems associated with hazardous waste disposal a correct waste management has been required. In the proposed procedure acid solutions containing metals as Hg(II), Pb(II), Cd(II) were treated with 0.1 mol/L Fe(III) at pH 8.5. The precipitate containing the toxic metals was dried and mixed with cement/sand (3:1). In this procedure, fixation agents react with heavy metals to form a stable and no harmful product that will not leach out in acid solutions, permitting its disposal in a non-hazardous way.

**Key Words.** heavy metals, immobilization of metals, adsorption on Fe(OH)<sub>3</sub>, laboratory wastes.

### INTRODUÇÃO

Dentre os diversos ensaios realizados pelo Instituto Adolfo Lutz, a Seção de Equipamentos Especializados da Divisão de Bromatologia e Química é responsável pela determinação de metais em diversas matrizes, como água, alimentos e material biológico. Para a execução dessas análises são utilizadas soluções-padrão de alta concentração de diversos íons metálicos, dentre eles Hg, Pb e Cd. Assim, a geração de resíduos contendo esses metais é inevitável. Em virtude da crescente contaminação ambiental decorrente da disposição inadequada de resíduos perigosos no Brasil, existe uma preocupação em tratar esses resíduos previamente à sua disposição final.

Considerando os riscos que a manipulação de resíduos

pode acarretar à saúde humana e ao meio ambiente, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA, publicou em 25/02/2003 a Resolução<sup>1</sup> RDC nº 33, que dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, que incluem os resíduos gerados em laboratório. Segundo esta resolução, os resíduos que contêm os metais pesados devem ser encaminhados a um aterro sanitário industrial para resíduos perigosos ou submetidos a tratamento de acordo com as orientações do órgão local de meio ambiente. Entretanto, no Brasil não existe até o presente uma regulamentação específica para o tratamento de resíduos de laboratório. A escolha do tipo de tratamento para o resíduo depende de fatores como custo e operação.

Segundo Lindqvist<sup>4</sup> uma fonte significativa de emissão de metais pesados no ar é a incineração de resíduos. Uma

alternativa para contornar este problema seria a separação prévia desses íons metálicos evitando, portanto o seu lançamento na atmosfera.

Vários são os métodos de disposição de resíduos, podendo-se citar: incineração, imobilização<sup>7</sup>, aterro e armazenamento subterrâneo. Quase todos esses métodos necessitam de um pré-tratamento, cujo objetivo é a redução no volume e da concentração dos resíduos, de tal forma que esses resíduos possam ser estocados ou dispostos sem afetar o meio ambiente<sup>8</sup>. O pré-tratamento envolve a utilização de processos químicos ou biológicos para alterar a forma dos contaminantes metálicos, reduzindo assim sua mobilidade e/ou toxicidade<sup>6</sup>.

A tecnologia de imobilização comumente empregada para tratar os resíduos perigosos consiste na fixação do resíduo tóxico em certos materiais, como o cimento, formando uma massa sólida. O uso do cimento como material ligante foi originalmente empregado na década de 50 a fim de tratar resíduos nucleares. Desde então muitas formulações foram desenvolvidas de acordo com o tipo de resíduo, características dos metais pesados a serem descartados, etc. Como resultado, a utilização de cimento juntamente com outros materiais ligantes, como a cal virgem ou a argila foi enfocada em trabalhos que mostraram a sua aplicação no processo de imobilização<sup>5</sup>.

O método convencional de tratar resíduos que contenham metais consiste na sua precipitação. Normalmente os metais pesados encontram-se dissolvidos em meio ácido e podem precipitar em meio alcalino, como hidróxidos ou sais básicos. Assim, a elevação do pH de uma solução contendo metais deve propiciar a sua precipitação. As partículas geradas na precipitação podem ser pequenas e ficam em suspensão como colóides que geram forças repulsivas e impedem a agregação, exigindo a adição de coagulantes químicos para garantir a eficácia do processo de separação dos íons metálicos por precipitação<sup>6</sup>. Um precipitante químico bastante utilizado é o cloreto de ferro (III) por possuir área de adsorção bastante elevada<sup>2,3,9</sup>.

O objetivo deste trabalho foi propor um procedimento simples para separar os íons metálicos tóxicos (Hg, Pb, Cd) contidos nos resíduos gerados em laboratório.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material

Hidróxido de sódio, grau comercial  
Cloreto de ferro (III), grau comercial  
Sulfato de ferro (III), grau comercial  
Papel indicador universal  
Papel de filtro qualitativo

### Procedimento

O procedimento descrito a seguir deve ser realizado em local com sistema de exaustão, uma vez que se está manuseando soluções ácidas.

Cerca de 8 litros do resíduo de descarte foram colocados

em um recipiente plástico de grande capacidade (15 L). Foi adicionado sulfato (ou cloreto) de ferro (III) sólido, de tal forma que a concentração da solução final ficasse em torno de 0,10 – 0,12 mol/L em ferro (III). O pH desta solução foi ajustado a 8,5, adicionando-se hidróxido de sódio sólido. Esta solução foi agitada por 3 minutos e deixada em repouso por 15 horas, até que o hidróxido de ferro coloidal sedimentasse. Após esse tempo, a solução foi filtrada em papel de filtro qualitativo. O filtrado foi então neutralizado e descartado.

O precipitado recolhido foi seco ao ar, moído e adicionado a uma mistura de cimento e areia (proporção 3:1). A proporção do resíduo sólido moído em relação à mistura de cimento e areia foi de 1:10.

Após a secagem completa da mistura de cimento esta foi disposta em aterro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa do processo para a imobilização dos íons metálicos consistiu na separação desses íons por adsorção em precipitado de hidróxido de ferro (III). A elevada área de adsorção do hidróxido de ferro (III) permite que os hidróxidos de Hg (II), Cd (II) e Pb (II) sejam adsorvidos sobre ele.

A precipitação de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  em pH 8,5 é ideal para a adsorção dos hidróxidos dos metais pesados, pois nesse pH ocorre a neutralização do colóide do  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  no seu ponto isoelétrico, ocorrendo a aglutinação das partículas de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  com conseqüente precipitação. Apesar do  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  começar a precipitar em pH 3,0, boa parte do mesmo permanece no estado coloidal na precipitação com pH entre 3,0 e 8,0. Assim, em pH abaixo de 8,5 não há certeza da adsorção total dos hidróxidos dos metais tóxicos sobre o  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , pois grande parte do  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  permanece no estado coloidal, sem aglutinação. A precipitação do hidróxido de ferro, que durou cerca de 15 horas, pode ser agilizada com uso de aquecimento. Neste caso uma ebulição de 2 horas seriam suficientes para precipitar quantitativamente o  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

Estudos previamente realizados mostraram que soluções contendo Fe (III) na concentração de 0,1 mol/L e Hg (II), Cd (II) e Pb (II) com concentração de 20 mg/L cada uma, com a subseqüente precipitação de hidróxido de ferro (III) em pH 8,5, resultaram em concentrações desses íons tóxicos na solução filtrada abaixo de 2 ¼g/L. Estas concentrações foram determinadas utilizando-se a técnica de voltametria de redissolução anódica (stripping).

O tratamento do cimento seco com ácido acético a 3% não provocou a solubilização dos íons metálicos imobilizados, o que garante que a chuva ácida não tem efeito sobre a redissolução destes metais.

Uma outra forma de separação dos íons metálicos seria por precipitação destes com o uso de gás sulfídrico. O gás sulfídrico, à quente, precipita quantitativamente, em meio ácido, os sulfetos de mercúrio, cádmio e chumbo. Em virtude da

insalubridade gerada em laboratório pela manipulação de  $H_2S$ , este procedimento foi descartado<sup>10</sup>. Uma precipitação dos metais em questão, em meio alcalino, com  $Na_2S$  não é recomendável pois ocorre a formação dos sulfetos em suspensão coloidal, misturados aos hidróxidos de Hg, Cd e Pb, o que torna a filtração extremamente dificultada.

Outra vantagem do procedimento proposto é a possibilidade de utilização de reagentes de grau comercial, que minimizam o custo do laboratório na aplicação deste processo.

Este procedimento é aplicável à imobilização de íons mercúrio na forma inorgânica. Assim, se o mercúrio estiver na forma orgânica, como metil-mercúrio ou dimetil-mercúrio, há a necessidade de se adicionar primeiramente permanganato de potássio sólido e, a seguir, aplicar o procedimento descrito. Íons permanganato oxidam o cloreto de metil-mercúrio e o dimetil-mercúrio, em meio ácido.

### CONCLUSÃO

O procedimento proposto é de fácil operação e utiliza reagentes de baixo custo. Além disso, é uma boa alternativa à utilização do gás sulfídrico para separação dos íons metálicos.

O processo realizado permitiu que o resíduo de descarte após esse tratamento pudesse ter um encaminhamento seguro, de forma eficiente visando à proteção e preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente.

### REFERÊNCIAS

1. Brasil. Resolução RDC nº 33, de 25 de fevereiro de 2003 – Diário Oficial da União, Brasília. 05 de março de 2003. Regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Disponível em [http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/33\\_03rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/33_03rdc.htm). Acessado em 01/04/04.
2. Kolthoff, I.M.; Sandell, E.B. **Tratado de Química Analítica Quantitativa**, Libreria y Editora Nigar, Buenos Aires, Argentina; 1956. 856p.
3. Lehmann, M.; Zouboulis, A. I.; Matis, K. A. Removal of metal ions from dilute aqueous solutions: a comparative study of inorganic sorbent materials. **Chemosphere**, 39(6): 881-92, 1999
4. Lindqvist, O. Environmental impact of mercury and other heavy metals. **Journal of Power Sources**, 57: 3-7, 1995.
5. Park, Choon-Keun. Hydration and solidification of hazardous wastes containing heavy metals using modified cementitious materials. **Cement and concrete research**, 30: 429-35, 2000.
6. Pedroso, M. F. M. Gerenciamento dos resíduos. In: Azevedo, F. A.; Chasin, A. A. M. , editors. **Metais. Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo, Rio de Janeiro, Ribeirão Preto, Belo Horizonte: Editora Atheneu; 2003. p. 493-511.
7. Pereira, C. F.; Rodriguez-Pinero, M.; Vale, J. Solidification/stabilization of electric arc furnace dust using coal fly ash. Analysis of the stabilization process. **Journal of Hazardous Material**, B82: 183-95, 2001.
8. Visvanathan, C. Hazardous waste disposal. **Research, conservation and recycling**, 16:201-12, 1996.
9. Vogel, A.I. **Análise Inorgânica Quantitativa**, Quarta Edição, Editora Guanabara Dois; 1981. 638p.
10. Vogel, A.I. **Química Analítica Qualitativa**, Editora Mestre Jou-SP; 1981. 598p.