

# LIXIVIAÇÃO DE ELEMENTOS TÓXICOS EM SOLO CONTAMINADO COM CINZA<sup>4</sup>

Camila Neves Lange<sup>1</sup>, Juliana Cristina Silva<sup>2</sup>, Iara Maria Carneiro de Camargo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN – CNEN/SP, Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, CQMA, 05508-000, São Paulo, SP, Brasil, [clange@usp.br](mailto:clange@usp.br), bolsista de mestrado – autor correspondente

<sup>2</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN – CNEN/SP, Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, CQMA, 05508-000, São Paulo, SP, Brasil, [jjulianacristina@yahoo.com.br](mailto:jjulianacristina@yahoo.com.br), bolsista de mestrado

<sup>3</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN – CNEN/SP, Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, CQMA, 05508-000, São Paulo, SP, Brasil, [icamargo@ipen.br](mailto:icamargo@ipen.br), pesquisadora

<sup>4</sup> Trabalho financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

## RESUMO

As cinzas de carvão são comumente dispostas de maneira inadequada sobre o solo nas proximidades das usinas termelétricas, onde elementos tóxicos podem ser lixiviados pela chuva e passíveis de serem transportados para água subterrânea. Colunas de cinza de carvão, solo e solo contaminado com a cinza foram lixiviadas com uma solução simuladora de chuva ácida por um período de um ano para avaliar a liberação de As, Cd, Zn, Pb e Mo. Os resultados indicaram que o solo em estudo pode atuar como um filtro para atenuação desses elementos, pois, na ausência deste, os elementos Mo, As e Cd poderiam ser lixiviados em quantidades que possivelmente ocasionariam a contaminação da água subterrânea.

*Palavras-chave: arsênio, metais, colunas.*

## A. INTRODUÇÃO

Na usina termelétrica a base de carvão um dos principais problemas ambientais ocasionados é a geração de cinzas, além dos aspectos relacionados à mineração, transporte, estocagem e beneficiamento do carvão e a emissão aérea resultante do processo de combustão.

Estima-se que as usinas termelétricas brasileiras gerem cerca de 4 milhões de toneladas por ano de cinzas de carvão, das quais somente 50% são aproveitadas (Rohde et al., 2006). Devido à necessidade de ampliar a matriz energética brasileira é possível que maiores quantidades desse resíduo sejam geradas futuramente.

A deposição inadequada dessas cinzas no solo pode provocar impacto à qualidade ambiental e saúde humana devido à presença de elementos tóxicos nas cinzas.

Uma vez que, o solo está contaminado por estes elementos, esses podem ser lixiviados e

transportados para a água subterrânea. A contaminação das águas subterrâneas tende a se tornar, cada vez mais, em um problema crítico de saúde pública, devido à precariedade dos sistemas de saneamento básico das águas superficiais, de sua quantidade insuficiente e considerando-se os custos elevados dos sistemas de tratamento de água a níveis de potabilidade.

## **B. OBJETIVO**

Avaliar a lixiviação de As, Cd, Mo, Pb e Zn em colunas de solo contaminado com cinza de carvão.

## **C. METODOLOGIA**

### **Cinza de carvão**

A cinza de carvão utilizada no estudo é proveniente do filtro manga da usina termelétrica de Figueira-PR.

### **Solo**

O solo utilizado é de textura franco arenosa sendo a sua granulometria dividida em 80% de areia, 18 % de argila e 2% de silte. Esse foi coletado numa profundidade de 20 cm da superfície no município de Estiva Gerbi-SP, numa área de mata nativa ou de reflorestamento antigo, ou seja, com pouca perturbação antropogênica.

### **Montagem das colunas**

Em oito colunas de acrílico com diâmetro interno de 8 cm o solo foi compactado para formar uma camada de altura de 5 cm aproximadamente, preservando as características de umidade e densidade de campo do solo, e em duas outras colunas foi adicionada uma quantidade de areia inerte para formar uma camada de mesma altura da camada de solo. Na superfície dessas colunas foi colocado um papel de filtro e, em quatro colunas de solo e duas de areia foram adicionadas 50 g de cinza de carvão dispostas de forma homogênea.

### **Lixiviação das colunas**

As colunas foram lixiviadas durante um período de seis e 12 meses com uma solução simuladora de água de chuva de pH 4,5, composta de HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> misturados numa proporção 1:1, com base nos estudos de Rocha et al. (2003) e Flues et al. (2002). O volume da solução mensal adicionado nas colunas foi calculado com base

na média do índice pluviométrico mensal dos últimos anos da cidade de São Paulo do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP). A lixiviação das colunas foi iniciada no período mais chuvoso do ano (de outubro a março), com base nos resultados de Gazano (2006). Os percolados gerados mensalmente pelas colunas foram recolhidos, filtrados e acidificados para posterior determinação da concentração dos elementos.

#### **Determinação da concentração dos elementos**

Arsênio, Cd, Zn, Pb e Mo foram os elementos selecionados para a determinação da concentração na cinza de carvão e no percolado das colunas. A seleção desses deve-se à sua toxicidade e concentração mais elevada na cinza e no solo analisado ao redor da usina termelétrica de Figueira (Camargo, 2005; Flues et al., 2008).

A concentração dos elementos na cinza foi obtida por análise semiquantitativa em espectrômetro por fluorescência de raios-X, já no percolado foi determinada no espectrômetro de absorção atômica (AAS) para As e Pb e no espectrômetro de emissão atômica com fonte de plasma acoplada indutivamente (ICP-OES) para os elementos Cd, Mo e Zn.

### **D. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **Lixiviação dos elementos na cinza de carvão**

A concentração de As, Cd, Mo, Pb e Zn determinados na cinza e a massa destes elementos no percolado da cinza foram ilustrados na **Tab. 1**.

**Tab. 1:** Concentração dos elementos na cinza de carvão e massa dos elementos no percolado.

Elemento	As	Mo	Pb	Zn	Cd
% dos elementos na cinza	0,144	0,007	0,056	0,128	nd
Massa (mg) dos elementos no percolado em um ano	12,98	5,24	nd	0,58	0,31

nd: não detectado

Os resultados revelaram que o chumbo, apesar de presente na cinza, não foi lixiviado quando submetido às condições do experimento. Por outro lado, o cádmio foi detectado no percolado gerado pela lixiviação, apesar de não ter sido determinado pela fluorescência de raios-X por limitações do aparelho.

O arsênio e o Zn foram os elementos que apresentaram maior concentração na cinza em relação aos demais, e o As e o Mo apresentaram maior massa no percolado da

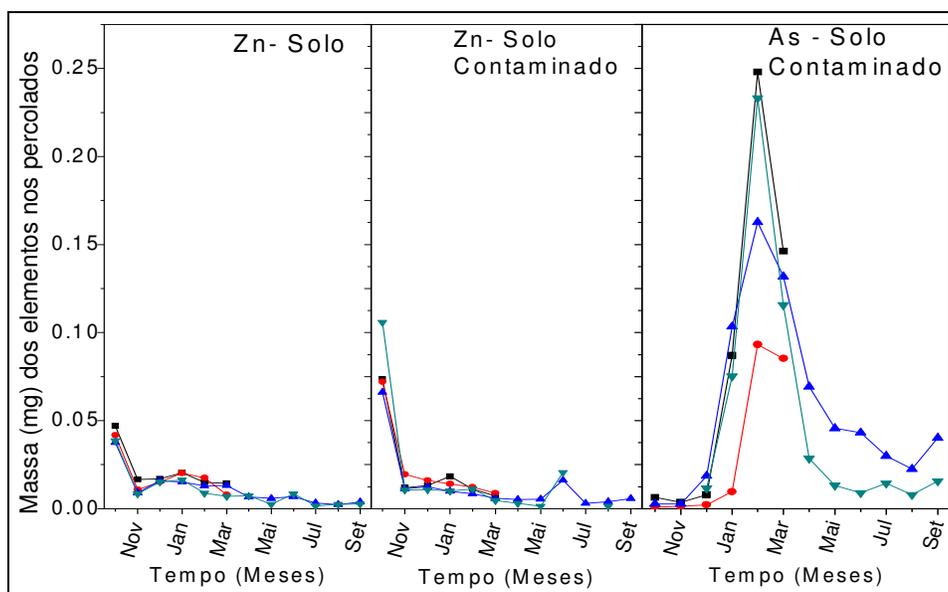
cinza (**Tab. 1**). Embora a concentração do Mo na cinza foi menor que a do Zn, a massa do Mo no percolado da cinza foi maior que a do Zn. Isso indica que o Mo é mais lixiviado da cinza que o Zn.

100

### Lixiviação dos elementos nas colunas de solo contaminadas

Na **Fig.1** foi ilustrada a variação da massa dos elementos quantificados nos percolados das colunas de solo lixiviadas ao longo de um ano. O zinco foi detectado nos percolados gerados pela lixiviação das colunas de solo (controle) conforme **Fig. 1**. Os demais elementos não foram detectados acima dos limites de quantificação dos equipamentos utilizados.

105



**Fig. 1:** Variação da massa de Zn e As nos percolados das colunas de solo lixiviadas ao longo de 1 ano.

Embora os elementos Cd e Mo foram detectados no percolado das colunas de cinza (**Tab. 1**), estes mesmos elementos não foram detectados no percolado das colunas de solo contaminado com a cinza. Isto indica que Cd e Mo ficaram retidos no solo.

110

Observa-se que uma maior massa de Zn foi liberada das colunas de solo e solo contaminado com cinza no primeiro mês e para As a maior liberação ocorre nos meses de maior volume de chuva, de janeiro a março.

115

### Avaliação da concentração dos elementos

A concentração dos elementos no percolado das colunas e o valor de intervenção para água subterrânea estabelecido pela CETESB (2005) foram apresentados na **Tab. 2**.

120 **Tab. 2:** Concentração dos elementos no percolado das colunas de cinza e de solo contaminadas com a cinza e valor de intervenção para água subterrânea do Estado de São Paulo (CETESB, 2005).

Elemento	Concentração dos elementos no percolado em mg L <sup>-1</sup>		Valor de Intervenção em mg L <sup>-1</sup>
	Intervalo – Colunas de Cinza	Intervalo – Colunas de Solo contaminadas com cinza	
As	0,390 - 7,540	0,002 - 0,246	0,010
Cd	0,019 - 0,114	nd	0,005
Zn	0,015 - 1,110	0,005 – 0,219	5,000
Mo	0,069 - 9,21	nd	0,070

nd: não detectado acima do limite de quantificação do aparelho.

125 Como descrito anteriormente os elementos Cd e Mo ficaram retidos pelo solo contaminado com cinza. Observou-se que a concentração determinada para Zn e As no percolado gerado pela lixiviação das colunas de solo contaminadas foi muito inferior daquela determinada no percolado das colunas de cinza, indicando a atenuação da percolação desses elementos pela presença do solo.

130 A comparação da concentração dos elementos no percolado das colunas de solo contaminado com cinza com os valores de intervenção para água subterrânea não pode ser direta, pois, os elementos podem sofrer interações com as diversas camadas do solo ao longo do seu perfil. A CETESB (2005) adotou um fator igual a 10 para considerar tal atenuação. Dividindo-se os valores apresentados na **Tab. 2** por 10, pôde-se verificar que apenas a concentração de As determinada no percolado ultrapassaria os valores de intervenção para água subterrânea estabelecido pela CETESB (2005).

135 Do ponto de vista toxicológico, As apresenta toxicidade moderada e alta para plantas e mamíferos ao passo que Zn apresenta toxicidade baixa e moderada (McBride, 1994). Dentre os elementos determinados no percolado o As pode ser considerado mais crítico do ponto de vista de risco ambiental e saúde pública.

## 140 E. CONCLUSÃO

1. O estudo mostrou que o chumbo, apesar de presente nas cinzas de carvão, não foi lixiviado;
  2. Cádmi e Mo foram retidos pelo solo.
  3. Zinco e As foram retidos no solo e detectados no percolado, mas apenas o As, nos meses mais chuvosos, pode ser considerado preocupante do ponto de vista de contaminação da água subterrânea.
- 145

## F. AGRADECIMENTOS

150 Ao Laboratório de Análises Químicas e Ambientais do Centro de Química e  
Meio Ambiente (CQMA) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). A  
Dra. Maria Eugênia Gimenez Boscov da Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo.

## G. TEMÁTICA

155 A temática qualidade e meio ambiente é que melhor tange o presente estudo.

## H. REFERÊNCIAS

- CAMARGO, I. M. C., 2005. Estudo da influência do coeficiente de partição de metais no solo de Figueira, Paraná, no cálculo do risco à saúde humana, utilizando o modelo C-Soil. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN, São Paulo.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental., 2005. Decisão de Diretoria Nº 195- 2005-E, São Paulo.
- FLUES, M.; SATO, I. M.; COTRIM, M. B.; FIGUEIREDO FILHO, P. M.;  
165 CAMARGO, I. M. C., 2008. Avaliação da influência da operação da termoeletrica a carvão na concentração dos metais e As no solo de Figueira, PR-Brasil. Química Nova. 31, 1, 25-30.
- FLUES, M.; HAMA, P.; LEMES, M. J. L.; DANTAS, E. S. K.; FORNARO, A., 2002. Evaluation of the Rainwater acidity of a rural region due to a coal-fired power plant in  
170 Brazil. Atmospheric Environment, 36, 14, 2397-2404.
- GAZANO, V.S.O., 2006. Contaminação de solo por metais tóxicos provenientes do descarte inadequado de pilhas zinco-carbono de uso doméstico. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN, São Paulo.
- MCBRIDE, M.B., 1994. Environmental Chemistry of Soils. University Press, Oxford  
175 New York.
- ROCHA, F. R.; SILVA, J. A. F.; LAGO, C. L.; FORNARO, A.; GUTZ, I. G. R., 2003. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo Metropolis, Brazil:

Part 1. Major inorganic ions in rainwater as evaluated by capillary electrophoresis with contactless conductivity detection. *Atmospheric Environment*, 37, 1, 105-115, 2003.

180 ROHDE, G.M.; ZWONOK, O.; CHIES, F.; SILVA, N.I.W. 2006. *Cinzas de Carvão Fóssil no Brasil*. CIENTEC, Porto Alegre.