

## **Arsênio e urânio como indicadores de contaminação em solos agrícolas do Estado de São Paulo**

Elaine C. RUBY <sup>1</sup>, Ana M.G. FIGUEIREDO <sup>2</sup>, Rosângela P. MODESTO <sup>1</sup>,

<sup>1</sup> CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, [elainer@cetesbnet.sp.gov.br](mailto:elainer@cetesbnet.sp.gov.br) ;  
[rosangelam@cetesbnet.sp.gov.br](mailto:rosangelam@cetesbnet.sp.gov.br)

<sup>2</sup> IPEN-CNEN-SP - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, [anamaria@ipen.br](mailto:anamaria@ipen.br)

### **Resumo**

O objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração total de arsênio e urânio em solos agrícolas comparando-os com solos sob remanescentes e/ou fragmentos de mata, áreas-controle, dentro da mesma bacia hidrográfica. Foram selecionadas e coletadas amostras de solos agrícolas (n=29) e solos sob fragmentos de mata, áreas-controle (n=20), na bacia do rio Jaguari – SP. As concentrações totais de As variaram de 0,40 a 3,95 mg kg<sup>-1</sup> para os solos agrícolas e de 0,10 a 3,36 mg kg<sup>-1</sup> para os solos sob fragmentos de mata. Para o U, as concentrações variaram de 0,5 a 4,37 mg kg<sup>-1</sup> para os solos agrícolas e 0,24 a 2,16 mg kg<sup>-1</sup> sob fragmentos de mata. Foi verificada diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos estudados para os dois elementos, indicando que há incremento de arsênio e urânio nos solos sob cultivo agrícola e que os elementos U e As podem ser utilizados como indicadores potenciais de contaminação em solos cultivados.

*Palavras chave: arsênio, urânio, solos agrícolas*

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the total concentration of arsenic and uranium in agricultural soils compared with pristine areas. Agricultural soil (n=29) and pristine soil (n=20) samples were collected from the Jaguari River basin – SP. The total concentrations of As ranged from 0.40 to 3.95 mg kg<sup>-1</sup> for agricultural soils and from 0.10 to 3.36 mg kg<sup>-1</sup> for the pristine areas. Uranium concentrations ranged from 0.5 to 4.37 mg kg<sup>-1</sup> for agricultural soils and from 0.24 to 2.16 mg kg<sup>-1</sup> for pristine areas. Statistical differences between the two groups were observed, indicating an increase of U and As in agricultural soils and that these elements can be used as indicators of potential contamination in agricultural soil.

*Keywords: uranium, arsenic, agricultural soil*

## **1. Introdução**

A disposição de resíduos e a aplicação de agrotóxicos e fertilizantes podem levar ao aumento da concentração de elementos contaminantes em solos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS,1984 e ALLOWAY,1990). Fertilizantes originários de rocha fosfática, constituída essencialmente de apatita, podem conter arsênio em sua fórmula estrutural. Outra fonte de contaminação de As na agricultura é o enxofre, utilizado como nutriente para as plantas e como matéria-prima na preparação de agrotóxicos, como demonstrado por CAMPOS (2001). O urânio tem sido determinado em solos brasileiros em áreas onde há ocorrência de jazidas e em alguns escassos estudos sobre o impacto dos fertilizantes fosfatados em solos agrícolas, mas geralmente os resultados apresentados são expressos em atividade, ou seja, Becquerel por quilograma (PÉREZ et al., 1998; BECEGATO ET al, 2008). O objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração total de arsênio e urânio em solos agrícolas comparando-os com solos sob remanescentes e/ou fragmentos de mata, áreas-controle, dentro da mesma bacia hidrográfica.

## **2. Materiais e Métodos**

Foram selecionadas e coletadas amostras de solos agrícolas (n=29) e solos sob fragmentos de mata, áreas-controle (n=20), na área da bacia do rio Jaguari – SP (Figura1). Em cada ponto foram coletados 10 sub-amostras, em aproximadamente 10.000 m<sup>2</sup>, compondo uma (1) amostra composta (camada superficial 0-20 cm) para cada um dos pontos coletados. A técnica analítica empregada foi a análise por ativação com nêutrons instrumental (INAA). Cerca de 100 mg das amostras e dos materiais geológicos de referência GS-N e BE-N (GIT-IWG), utilizados como padrões, foram irradiados por 8 horas em um fluxo de nêutrons térmicos de 10<sup>12</sup> n cm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> no reator IEA-R1 do IPEN-CNEN/SP. A radiação gama induzida foi medida em um sistema de espectrometria gama. A precisão e exatidão dos resultados foram verificadas pela análise do material de referência Soil-7 (IAEA), apresentando resultados com erros relativos inferiores a 10%.



FIGURA 1: Bacias e sub-bacias hidrográficas PCJ- UGRHI- 5 (CBH-PCJ, 2004).

### 3. Resultados e Discussão

As concentrações totais de As variaram de 0,40 a 3,95 mg kg<sup>-1</sup> para os solos agrícolas e de 0,10 a 3,36 mg kg<sup>-1</sup> para os solos sob fragmentos de mata. Para o U, as concentrações variaram de 0,5 a 4,37 mg kg<sup>-1</sup> para os solos agrícolas e 0,24 a 2,16 mg kg<sup>-1</sup> sob fragmentos de mata. Foi verificada diferença estatisticamente significativa (Kruskal-Wallis  $p < 0,05$ ) entre os dois grupos estudados para os dois elementos, indicando que há incremento de arsênio e urânio nos solos sob cultivo agrícola.

Para São Paulo, o valor de referência de qualidade para arsênio é de 3,5 mg kg<sup>-1</sup> (CETESB, 2005). Segundo KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1992), o enriquecimento de As em sedimentos argilosos e em solos superficiais, comparados às concentrações nas rochas ígneas, parece refletir a influência de fontes externas, como exalações vulcânicas e poluição. Segundo CANTONI et al. (2009), o conhecimento do As em concentrações totais é fundamental no monitoramento da qualidade do solo. Analisando 29 perfis de unidades de solos do Estado de São Paulo, que não sofreram ação antrópica, em dois horizontes (superficial e diagnóstico), concluíram que a maioria das amostras apresentou baixos teores do elemento (1,64 mg kg<sup>-1</sup>, para o valor do terceiro quartil), independentemente do horizonte amostrado. Para o As, apesar de ter ocorrido diferença entre os grupos agrícola e mata, as concentrações máximas deste elemento estão próximas ao valor de referência encontrado para os solos do Estado de São Paulo, indicando que, apesar do aumento da concentração desse elemento em solos agrícolas, ainda não

há comprometimento da qualidade dos solos amostrados. Para o U, os solos agrícolas apresentaram concentrações medianas superiores (1,89 mg kg<sup>-1</sup>), em comparação às áreas-controle (1,21 mg kg<sup>-1</sup>). A média global em solos segundo KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1992) é de 4,97 ppm. Não há valores orientadores nacionais. A concentração máxima permitida para os solos holandeses é de 28,3 mg kg<sup>-1</sup> (PLASSCHE et al., 1999).

#### 4. Conclusões

A qualidade ambiental dos solos agrícolas da bacia do rio Jaguari – SP foi pouco alterada para os parâmetros determinados. Os elementos U e As podem ser utilizados como indicadores potenciais de contaminação em solos cultivados.

#### 5. Referências Bibliográficas

- ALLOWAY, B.J. (Ed.). *Heavy metals in soil*. Londres: Leicester Place, 1990.
- BECEGATO, V.A.; FERREIRA, F.J.F.; MACHADO, W.C.P. Concentration of radioactive elements (U, Th and K) derived from phosphatic fertilizers in cultivated soils. *Brazilian Archives of Biology and Technology* v.51, p.1255-1266, 2008.
- CAMPOS, V. de. *Comportamento químico de arsênio, fósforo e metais pesados (cromo, cobre, chumbo e mercúrio) em solos expostos a cultivares frutíferos, município de Jundiaí – SP*. 2001. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CANTONI, M.; ABREU, C. A. de; SILVA, R. de O.; COELHO, R. M. Teor total de arsênio em amostras de solo do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 02-07 Ag., 2009, Fortaleza. *Anais*. Fortaleza: SBCS, 2009. 1 CD-ROM.
- COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ - CBH-PCJ. *Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003* (Relatório Técnico Final). São Paulo: Fehidro-Fundo Estadual de Recursos Hídricos, 2004.
- COMPANHIA AMBIENTAL DE SÃO PAULO - CETESB. Decisão de Diretoria n° 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo - 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado [de] São Paulo*, Poder Executivo, São Paulo, 3 dez. 2005. Seção 1, v. 115, n.227, p. 22-23. Retificação no DOE, 13 dez. 2005, v.115, n.233, p. 42.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H.. *Trace elements in soils and plants*, 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 1992.
- PÉREZ, D.V.; SALDANHA, M.F.da C.; MOREIRA, J.C.; VAITSMAN, D.S. Concentração total de urânio e tório em alguns solos brasileiros. Notas Científicas. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, 1998. Disponível em: <http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/4b9327fca7facce032564ce004f7a6a/0bf08b3019210cf38325669d00726806?OpenDocument>>. Acesso em: 15 mai 2008.
- PHILLIPS, I.R. Copper, lead, cadmium and zinc sorption by waterlogged and air-dry soil. *Journal of Soil Contamination*, v.8, p. 343-364, 1999.
- PLASSCHE van de, E.; HOOP van de, M.; POSTHUMUS, R.; CROMMENTUIJN, T. Risk limits for boron, silver, titanium, tellurium, uranium and organosilicon compounds in the framework of EU Directive 76/464/EEC. *RIVM-National Institute of Public Health and the Environment*, report 601501005: The Netherlands, 1999.