



ACUMULAÇÃO DE ARSÊNIO EM ÁRVORES URBANAS

Nathália V. F. Pereira¹; Luciana M. H. Silva¹; Elvis J. França¹; Elisabete A. De Nadai Fernandes²

¹Centro Regional de Ciências Nucleares – CRCN/NE, Av. Prof. Luiz Freire, 200 – Curado, Recife -PE, 50.740-430.

²Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

Palavras-Chave: Bioacumulação, Folhas, Elementos tóxicos.

Introdução

A poluição em áreas urbanas altera e intensifica o quantitativo e a distribuição de elementos químicos poluentes nos ecossistemas naturais (Cogo *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2021), causando alterações na fauna e flora locais. A monitoração desses impactos se dá pela avaliação das árvores da região devido às características fisiológicas de acumulação e fitoextração de elementos químicos, ou mesmo pelas alterações no desenvolvimento vegetal, que está relacionado à toxicidade presente no ambiente (Zakiret *et al.*, 2017). Com seu uso indicado em projetos de biomonitoração e fitorremediação de contaminantes no solo, água e ar (Ansari *et al.*, 2017), as plantas podem ser utilizadas na redução da contaminação, substituindo métodos físico-químicos (Aldrich *et al.*, 2007). Entretanto, deve-se considerar a capacidade fisiológica de tolerância a elementos químicos tóxicos, presentes nessas áreas urbanas.

Os elementos químicos podem ser considerados essenciais, traços e tóxicos e, de acordo com a quantidade mínima, influenciam diretamente nos seres vivos. Dentre eles, existem os metais tóxicos, elementos químicos de maior relevância devido ao seu alto grau de toxicidade como As, Cd, Cr, Hg, Pb e Se, mesmo em baixa concentração e que, por consequência, trazem danos à agricultura e à saúde humana (Ysart *et al.*, 2000; Maihara & Fávaro, 2009; Souza *et al.*, 2020). Arsênio inorgânico é bastante tóxico, sendo 100 vezes mais tóxico que as espécies orgânicas de As (Thompson, 1993). Entretanto sua forma orgânica é comum em locais poluídos por herbicidas ou com elevada atividade biológica (Irgolic, 1994). Sendo imprescindível o monitoramento de áreas urbanas para avaliar o índice de contaminação por elementos químicos. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as concentrações de arsênio nas folhas de árvores e solos de áreas urbanas do Município de Piracicaba, Estado de São Paulo.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada na região urbana da Bacia do Rio Piracicaba, na cidade de Piracicaba, em São Paulo. Sendo selecionadas as árvores com maior número de exemplares na região, as quais foram destacados o Tanheiro (*Alchornea triplinervia*), Ipê amarelo (*Handroanthus albus*), Amendoim-acácia (*Tipuana Tipu*), Leucena (*Leucaena leucocephala*) e Ingá-branco (*Inga fagifolia*), de diferentes pontos da zona urbana, em estágio maduro mas sem a presença de frutos ou flores, nos períodos de inverno e verão. Foram coletadas aproximadamente 250 g de folhas, com o auxílio de tesoura de alta poda e escada, onde, posteriormente, foram lavadas em água corrente e secas em estufas, à 60 °C, até atingirem peso constante. Sobre a projeção das copas das árvores foram coletadas, com auxílio de sonda confeccionada em aço inox, as camadas de solo de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm, compondo porções de, no mínimo, 50 g. As amostras de folhas foram cominuídas até 0,5 mm, em moinho de rotor de titânio, para evitar contaminação com elementos químicos metálicos,

enquanto as amostras de solos foram cominuídas em almofariz de porcelana, até tamanho de partículas final de 0,1 mm.

A massa média utilizada foi 200 mg para folhas e 100 mg para solos. Porções-teste dos materiais de referência IAEA V-10 Hay Powder, INCT-MPH-2 Mixed Polish Herbs e IAEA Soil-7 foram encapsuladas para o controle da qualidade do procedimento analítico. Como monitores de fluxo de nêutrons térmicos durante a irradiação, foram empregados fragmentos de uma liga de Ni-Cr com massa aproximada de 10 mg (França, *et al.*, 2003). Cápsulas vazias também foram irradiadas junto às amostras, de modo a detectar elementos químicos interferentes (branco). As amostras, materiais de referência certificados e monitores de fluxo foram irradiados com fluxo de nêutrons térmicos de $10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ por período de 8 horas e 4 horas para os lotes de folha e solo, respectivamente, no reator nuclear de pesquisa IEA-R1m do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN), São Paulo.

A medição da radioatividade induzida ocorreu em diversas ocasiões, realizadas no Laboratório de Radioisótopos (LRi/CENA/USP) por meio de detectores de germânio hiperpuro sendo dois coaxiais, com 45% e 50% de eficiência relativa (^{60}Co), fabricados pela ORTEC, modelos GEM45190 e GMX50220, e um do tipo poço, modelo GWL22015 com 249 cm^3 de volume ativo. Após a deconvolução dos espectros de radiação gama, foram calculadas as frações de massas do elementos químicos, nas amostras e nos materiais de referência certificados, por método paramétrico k_0 (Bacchi *et al.*, 2000) a partir do pacote computacional Quantu (Bacchi *et al.*, 2003). Os resultados serão corrigidos para emissão de relatório em massa seca. Vale ressaltar que arsênio foi quantificado a partir da energia do fotópico de 559 keV, que pode ter interferência da linha 554 keV, do respectivo isótopo de bromo.

Resultados e Discussão

Os resultados indicaram a prevalência de maiores concentrações de As nos solos urbanos em comparação com os rurais (Figura 1A), independentemente das camadas amostradas, como mostrado na Figura 1B.

Figura 1: Concentrações de Arsênio nos solos de área urbana e rural de Piracicaba, São Paulo.

Figura 1A

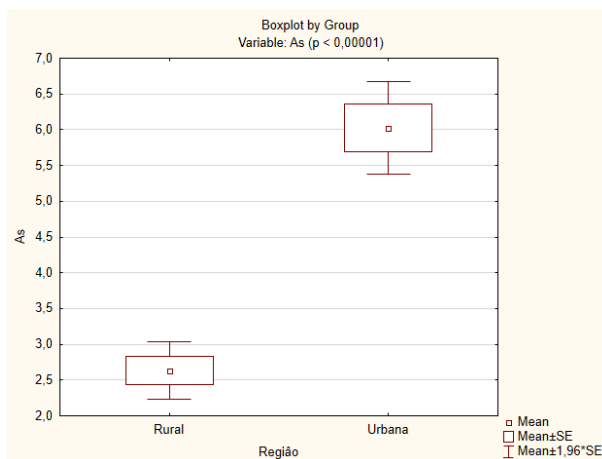


Figura 1B

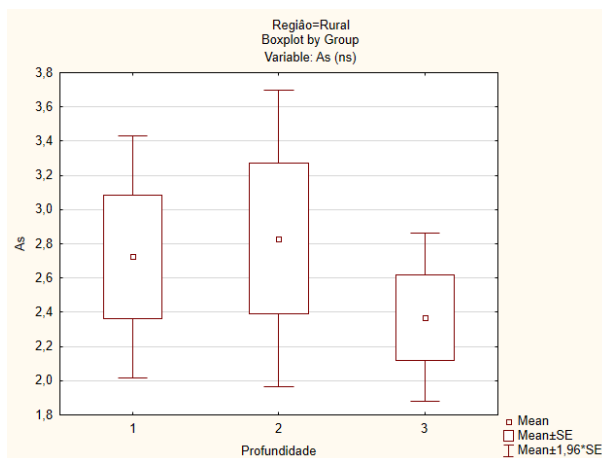
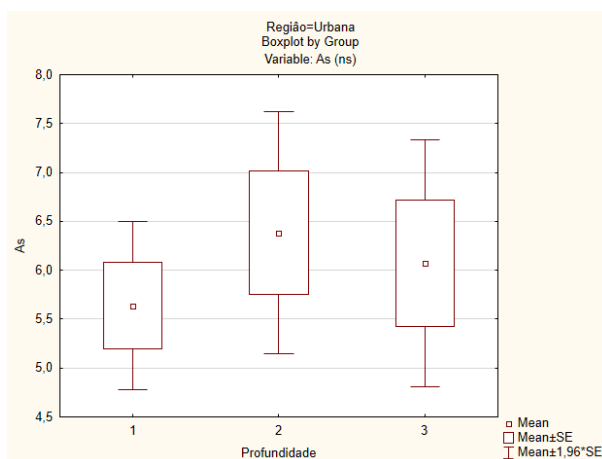


Figura 1C

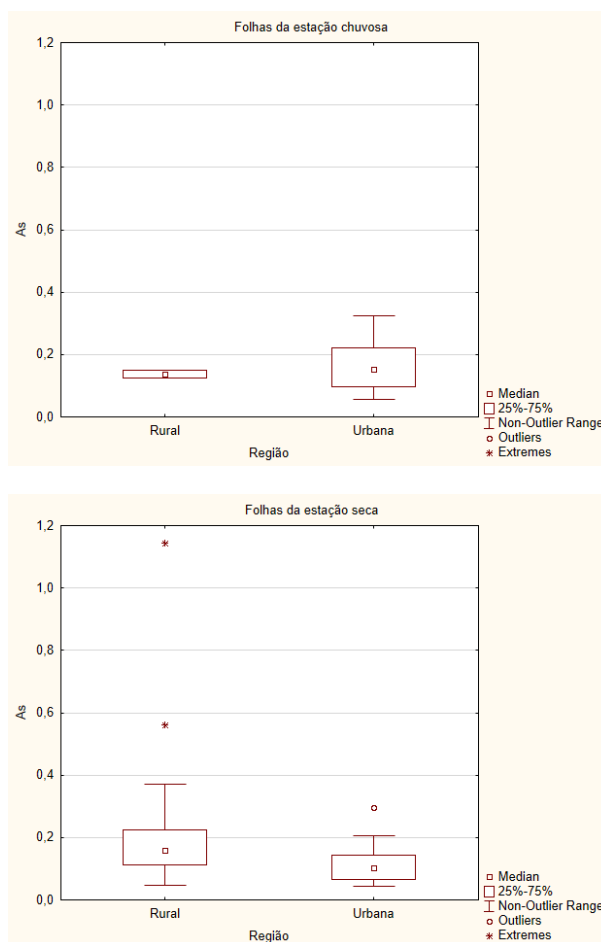


Fonte: Os autores (2024)

Os resultados de solo estão de acordo com os limites da CETESB para áreas de preservação (15 mg/kg), agrícola (35 mg/kg), residencial (55 mg/kg) e industrial (150 mg/kg).

Para as folhas, os resultados indicam que, embora presente em concentração de até 45 mg/kg, as folhas das árvores não estão acumulando o elemento químico, devido a maioria dos dados serem reportados como concentração mínima determinável. Obviamente, as concentrações de Br nessas plantas podem estar elevadas, o que também prejudicaria a quantificação de As por INAA.

Figura 2: Concentrações de Arsênio nas folhas de área urbana e rural nos períodos de inverno e verão de Piracicaba, São Paulo.



Fonte: Os autores (2024)

Mesmo assim, a estação seca é mais propensa à acumulação do elemento químico arsênio, que pode estar também associado à contaminação da superfície das folhas com material geológico (poeira ressuspensa).

Conclusões

As folhas são compartimentos de elementos químicos e contribuem para o monitoramento dos mesmos em áreas urbanas. No entanto, vale ressaltar que os fatores climáticos, bem como o estágio de desenvolvimento vegetal, atua no aumento e/ou redução dessas concentrações.

Agradecimentos

A CNPq e CNEN pela concessão de bolsas aos pesquisadores desse projeto.

Referências

- WRIGHT, S. J., YAVITT, J. B., WURZBURGER, N., TURNER, B. L., TANNER, E. V. J., SAYER, E. J., & CORRE, M. D. Potassium, phosphorus, or nitrogen limit root allocation, tree growth, or litter production in a lowland tropical forest. *Ecology*, 92(8), 1616–1625, 2011.
- HEDIN, L. O., VITOUSEK, P. M. & MATSON, P. A. Nutrient losses over four million years of tropical forest development. *Ecology* 84:2231–2255, 2003.



- VITOUSEK, P. M., PORDER, S., HOULTON, B. Z. & CHADWICK, O. A. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen–phosphorus interactions. *Ecological Applications*, 20:5–15, 2010.
- ANSARI, A. A., SARVAJEET S. G., RITU G., LANZA, R. G. & NEWMAN, L. *Phytoremediation: management of environmental contaminants*. Springer International Publishing. v. 5, 365p., 2017.
- MAIHARA, V. A. & FÁVARO, D. I. T. Elementos tóxicos. In: COZZOLINO, S.M.F. (Org.). *Biodisponibilidade de nutrientes*. 3. ed. atual. e ampl., Barueri: Manole, p. 741-771, 2009.
- YSART, G., MILLER, P., CROASDALE, M., CREWS, H., ROBB, P., BAXTER, M. DE L'ARGY, C. & HARRISON, N. 1997 UK Total Diet study - dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. *Food Addit. Contam.*, v.17, n.9, p. 775-786, 2000.
- FRANÇA, E. J. A biomonitoração da Mata Atlântica na conservação da biodiversidade: Espécies arbóreas nativas acumuladoras de elementos químicos. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 362 p, 2006.
- SILVA FILHO, C. A. Elementos terras raras na vegetação nativa do Estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares). Universidade Federal de Pernambuco/Comissão Nacional de Energia Nuclear, 102 p., 2018.
- COGO, M. M. R., LOPES, A. M. & VIELMO, P. G. Capacidade de absorção, distribuição e efeitos morfológicos causados por cádmio em plantas. *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente* 1, 56, 2020.
- ZAKIR, H. M., HOSSAIN, M.A. & ALAM, M. S. Metallic pollution in top soils of an urban industrialized city: A case study of Chittagong city. Bangladesh. *Journal of Chemical Biological and Physical Sciences* 7, 835-850, 2017.
- SOUZA, J. dos S., SANTOS, M. M., dos SANTOS, B. N., dos SANTOS, N. M. M. & Pinto, L. C. Agricultura em Áreas Industriais e Contaminação por Metais Pesados: Estratégias para redução deste Impacto Ambiental. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(1), 322-331, 2021.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e agrotecnologia*, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- GRATÃO, P. L., PRASAD, M. N. V., CARDOSO, P. F., LEA, P. J., & AZEVEDO, R. A. Phytoremediation: Green technology for the clean up of toxic metals in environment. *Braz. J. Plant Physiol.*, v. 17, n. 1, p. 53-64, 2005.
- DREWNIAK, L. & SKŁODOWSKA, A.. Arsenic-transforming microbes and their role in biomining processes. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 7728–7739, 2013.
- THOMPSON, D. J. A chemical hypothesis for arsenic methylation in mammals. *Chem Biol Interact. Sep*, 88(2-3):89-14. PMID: 8403081., 88, 89, 1993.
- IRGOLIC, K. J. Determination of total arsenic and arsenic compounds in drinking water. In: *Arsenic: Exposure and Health* (Chappell, W. R., Abernathy, C. O. & Cothorn, C. R., eds.), pp. 51–60. Science and Technology Letters, Northwood, England, 1994.