

## ANÁLISE DE METAIS-TRAÇO EM ZONA NÃO SATURADA EM SOLOS DE CEMITÉRIOS

Francisco Carlos da Silva<sup>1</sup>  
Francisco de Assis Cavallaro<sup>2</sup>  
Wagner França Aquino<sup>3</sup>  
Valquiria de Campos<sup>4</sup>  
Paulo Sergio Tonello<sup>5</sup>

**RESUMO:** Esse estudo realizou uma revisão de literatura sobre a presença de metais-traço em zona não saturada em solos de cemitério. A maioria dos cemitérios existentes foram instalados sem pensar sobre os potenciais riscos para o meio ambiente local ou da comunidade. Produtos químicos tóxicos podem ser lançados nas águas subterrâneas; esses produtos incluem substâncias que foram usadas no embalsamamento, bem como vernizes, seladores, conservantes e metais das alças dos caixões, além de adereços usados em caixões de madeira. Foram inclusos, na revisão, estudos publicados nos últimos 30 anos. Os resultados sugerem a necessidade de monitoramento da poluição, a fim de garantir que as fontes de água ao redor dos cemitérios não estejam em perigo devido à liberação de metais pesados tóxicos como restos humanos e outros materiais em decomposição. Concluiu-se que os níveis mais altos de metais traço em cemitérios são influenciados pela natureza dos enterros, tipo de materiais utilizados e pela geologia local.

**Palavras-chaves:** Metais-Traço. Contaminação de Solo. Cemitério Necrochorume.

**ABSTRACT:** This study conducted a literature review on the presence of trace metals in the unsaturated zone in the cemetery soil. Most existing cemeteries were installed without thinking about the potential risks to the local environment or community. Toxic chemicals can be released into groundwater, these products include substances that were used in the embalming and varnishes, sealers and preservatives and metals in the handles of coffins and props used in wooden coffins. They were included in the review studies published in the last 30 years. The results suggest the need to monitor pollution in order to ensure that water sources around the cemeteries are not in danger

<sup>1</sup> Governo do Estado de São Paulo, Secretária da Educação, São Paulo, Brasil. E-mail: fracarlos@hotmail.com. ORCID: 0000-0002-5502-665X

<sup>2</sup> Universidade Cidade de São Paulo (UNICID). Engenharia e Tecnologia São Paulo – SP

<sup>3</sup> UNESP – Campus Sorocaba. Departamento de Ciências Ambientais. Sorocaba – Brasil

<sup>4</sup> UNESP – Campus Sorocaba. Departamento de Engenharia Ambiental. Sorocaba – Brasil

<sup>5</sup> UNESP – Campus Sorocaba. Departamento de Ciências Ambientais. Sorocaba – Brasil

due to the release of toxic heavy metals such as human remains and other materials decaying. It was concluded that higher levels of trace metals in cemeteries have influence with the nature of the burials, type of materials used and the local geology.

**Keywords:** Metal-Dash. Soil contamination. Cemetery.

## I INTRODUÇÃO

Esse presente estudo apresenta uma revisão de literatura sobre a presença de metais-traço em zonas não saturadas em solos de cemitério.

Os solos são ambientes críticos onde há rocha, biologia, ar e água de interface. A poluição do solo tornou-se uma importante questão ambiental devido ao rápido desenvolvimento econômico, industrialização e crescente dependência de agroquímicos nas últimas décadas. Teores de metais-traço do solo não são apenas o grave problema ambiental, mas também estão frequentemente relacionados com problemas de má utilização do solo. Os metais-traço do solo poderiam ser necessários ou benéficos para as plantas a certos níveis, mas tóxicos quando superiores a determinado limiar. Se esses elementos são absorvidos pelas plantas através do sistema radicular, podem entrar na cadeia alimentar, tornando-se tóxicos para seres humanos e animais. A importância ecológica dos metais-traço do solo está intimamente relacionado com a saúde humana devido ao seu elevado potencial de transferência ecológica.

Nesse estudo, em especial, será analisada a presença de metais-traço em solos de cemitério. Alguns estudos dizem que os caixões usados em enterros podem representar um perigo para o ambiente e para a saúde, pois os metais contidos no caixão podem se corroer e degradar em toxinas prejudiciais. Estas substâncias, ao sofrerem lixiviação nos solos circundantes, podem levar a contaminação de águas subterrâneas, conforme Spongberg e Becks (2000). Outros estudos dizem que as quantidades de produtos de decomposição que saem dos cemitérios são pequenas e possuem um baixo impacto sobre o meio ambiente. Cemitérios não devem ser considerados como uma terra prejudicial e o enterro em solo do ser humano, bem como a reutilização de sepulturas, devem ser consideradas como atividades sustentáveis (AMUNO, 2013).

No entanto, quase todos os cemitérios têm algum potencial de poluição. A contaminação mais séria pode ser causada por bactérias patogênicas ou vírus que são lançados no meio ambiente. A questão a saber é "Todo o cemitério polui o solo?" Depende da localização e da operação do local. Essa questão só pode ser resolvida por uma análise da contaminação do solo com a adoção de abordagens estatísticas multivariadas.

Abordagens estatísticas multivariadas são ferramentas estatísticas utilizadas na medição da poluição do solo. Geoestatística é baseada na teoria de uma variável regionalizada que utiliza a técnica de semivariograma para medir a variabilidade espacial de uma variável regionalizada e fornece os parâmetros de entrada para a

interpolação espacial de kriging. Geostatística também pode ser utilizada para avaliar o risco de exceder os valores críticos (limites de regulação, o critério de qualidade do solo) e em locais não amostrados para simular a distribuição espacial dos valores de atributo. Esse estudo é focado na análise de metais traço em zona não-saturada em solos de cemitérios.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 A contaminação do solo

Existem duas fontes principais de metais-traço no solo: (i) o fundo natural, que representa que a concentração de metais-traço é derivado de rochas-mãe (YANG, 2012); (ii) contaminação antropogênica, incluindo a aplicação de agroquímicos, além de alterações orgânicas, estrume animal, fertilizante mineral e esgoto lamas. Geralmente existem metais mais pesados em solos que se originaram a partir de fontes antropogênicas (WU, 2010).

Os metais-traço são considerados uma das principais fontes de poluição do meio ambiente, uma vez que têm um efeito significativo sobre qualidade ecológica do solo. Alguns deles são tóxicos mesmo quando a sua concentração é muito baixa e a sua toxicidade aumenta com a acumulação de água nos solos (ZHAO, 2012). Cu, Pb e Zn são elementos antropogênicos comuns nos solos (SONG, 2011).

A ação antropogênica pode levar à contaminação do solo por metais-traço. A presença prolongada dos contaminantes no ambiente urbano, em especial em solos, e sua estreita proximidade com a população humana pode amplificar significativamente a exposição da população a metais por inalação, ingestão e contato dérmico (PACHECO, 2001).

Técnicas de estatística multivariada, tais como análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA), são ferramentas poderosas para segregar fontes, contribuindo para observação de solos contaminados. Estas técnicas têm sido usadas para identificar como a incidência de metais podem modificar as composições do solo (OHIO, 2010).

Singh *et al* (2015) avaliaram a poluição do solo nos arredores de Varanasi Uttar Pradesh, na Índia. A concentração de metais pesados é potencialmente prejudicial nos solos. A fim de avaliar os riscos potenciais para a saúde humana, os pesquisadores identificaram a concentração e as fontes de metais-traço e avaliaram a qualidade ambiental do solo. Foram coletadas 23 amostras de diferentes locais, abrangendo o *dumping*, estrada e área agrícola. As concentrações médias de metais-traço foram todas abaixo dos limites admissíveis de acordo com as diretrizes de qualidade do solo, exceto Cu (cobre) e Pb (chumbo). A contaminação do solo por metais-traço foi avaliada com base nos índices de geoacumulação (Igeo), índice de poluição (PI) e índice de poluição integrada (IPI). O IPI dos metais variou 0,59-9,94, com o IPI mais elevado observado nos solos de *dumping* e de estrada. Foi encontrada uma correlação muito significativa entre Pb e Cu. O resultado da análise de componentes principais sugeriu que PC<sub>1</sub> foi afetado principalmente pelo uso de

agroquímicos, PC<sub>2</sub> foi afetada pela emissão veicular e PC<sub>3</sub> foi afetada pela descarga de resíduos. Enquanto isso, PC<sub>4</sub> foi controlada principalmente por material de origem, juntamente com atividades antrópicas. Esses estudos sugerem que devem ser tomadas medidas adequadas para minimizar os níveis de metais-traço em solos e, assim, proteger a saúde humana.

## 2.2 A contaminação do solo por metais-traço em solos de cemitério

Agricultura, indústria e aterros sanitários são comumente as principais fontes antropogênicas de contaminação ambiental. Pouca atenção tem sido dada aos cemitérios como possíveis fontes de poluição. Algumas pesquisas se limitam a examinar os poluentes que emanam dos corpos (HANI e PAZIRA, 2011). No entanto, os cemitérios não são apenas o lugar de descanso final para corpos, mas também para caixões utilizados para o sepultamento dos restos mortais. De fato, estudos recentes realizados encontraram a contaminação decorrente de minerais que são liberados por cargas de sepultamento (HUANG, 1994; NIKOLAIDS *et al*, 2010). Os minerais que são utilizados nos caixões podem corroer ou degradar-se, liberando substâncias tóxicas nocivas. Estes podem ser transportados das sepulturas através de infiltração difusa e em solos circundantes. De lá, eles podem contaminar as águas subterrâneas e tornar-se um risco potencial para a saúde dos residentes em áreas ao redor do cemitério (HUANG, 2007).

A maioria dos cemitérios existentes foram instalados sem pensar sobre os potenciais riscos para o meio ambiente local ou comunidade (MICÓ, 2006). Produtos químicos tóxicos que podem ser libertados nas águas subterrâneas incluem substâncias que foram usadas em embalsamamento, bem como vernizes, seladores e conservantes, alças de metais e outros adereços usados em caixões de madeira.

Conservantes de madeira e tintas utilizados na construção do caixão contêm minerais como o cobre naftaleno e amoníaco ou arseniato de cobre cromado (CCA) (LINDSAY, 1996). Além do CCA, o amônio quaternário de cobre (ACQ) e boro azul cobre (CBA) estão disponíveis no mercado (KOUAN, 2010).

Antes de 1940, os compostos de chumbo eram comumente usados como agentes corantes em tintas (KEMERICH, 2007). Metais tóxicos, como o manganês, níquel, cobre e vanádio, também foram identificados em amostras de tinta de idade (HUGGINS, 1993). Atualmente, muitas tintas ainda contêm chumbo, mercúrio, cádmio e crômio. O arsênio é usado como um pigmento, um conservante da madeira e como um ingrediente anti-incrustação, enquanto bário é usado como pigmento e um inibidor de corrosão (LINDSAY, 1996).

Cemitérios são fontes de contaminação ambiental. Caixões e outros compostos usados na construção da sepultura desempenham um papel importante no potencial de contaminação dos cemitérios. Durante a construção de caixões, metais tais como o aço, o bronze, o chumbo, níquel, prata, ouro, zinco, cobre, ferro, selênio são normalmente utilizados para a decoração e para melhorar a durabilidade dos caixões (MULLER, 2008; DUMCIUS *et al*, 2011).

Os metais também são utilizados para os cabos e outros ornamentos que estão ligados ao lado de fora de um caixão. Os prendedores e ornamentos dos caixões também contêm minerais como zinco e zinco ou ligas de cobre, prata ou bronze. Muitas vezes, esses itens são pintados com tinta spray, galvanizado ou uma combinação destes processos para melhorar o seu valor estético (MICÓ, 2006).

Outros materiais sintéticos tais como tintas, veludo, tafetá, borracha, dobradiças, puxadores de bronze, pregos galvanizados, parafusos de madeira, colas e enfeites também são utilizados na confecção de caixões (NICHOLSON *et al*, 2003).

Embora a madeira tenha sido tradicionalmente usada na África do Sul para a construção de caixões, seu preço está se tornando proibitivo e materiais mais baratos, como papelão, madeira compensada, placas de MDF, supa-madeira, cartão prensado ou aglomerado estão sendo utilizados como substitutos (EBONG *et al*, 2007; DENT, 2000, BARRAT *et al*, 2005). Estes produtos contêm conservantes que são regulados por Hazard Padrões de Comunicação (Estados Unidos Ocupacional Segurança e Administração de Saúde (OSHA) e podem conter cromo e cobre. Outra novidade recente no desenvolvimento no exterior é o uso do titânio de peso-leve para a construção de caixões (ALLOWAY, 1995).

O estado atual do conhecimento sobre as cargas de contaminação de cemitérios é limitado, com apenas informações esparsas disponíveis. Um dos poucos estudos realizados sobre as variações espaciais de metais conteúdo de solos cemitério foi realizado por Spongberg e Becks (2000). Este estudo revelou que as concentrações de metais de cobre, chumbo, zinco e ferro em solos em um cemitério em Ohio, nos EUA, não só diferiam de uma zona para outra dentro do cemitério, mas também diferem dentro e fora do local.

Amuno (2013) realizou uma investigação preliminar para avaliar o potencial de risco ecológico de contaminação de metais-traço nos solos do cemitério. Amostras foram coletadas em torno da vizinhança de um cemitério Ruanda e foram analisadas as concentrações de metais-traço, utilizando espectrometria de massa total plasma indutivamente acoplado-digestão e análise por ativação com nêutrons instrumentais. Baseados nas concentrações de As, Cu, Cr, Pb, e Zn, o grau de contaminação global e os potenciais riscos ecológicos status foram determinados. Os resultados preliminares revelaram que os solos do cemitério associados só são contaminados a um grau baixo. Por outro lado, a avaliação do índice de risco ecológico (RI) potencial revelou que a contaminação dos metais-traço nos solos não colocam quaisquer riscos ecológicos significativos. Estas descobertas sugerem, assim, que, enquanto os solos de cemitério podem ser tóxicos devido à acumulação de certos metais-traço, os seus riscos ecológicos globais podem ser mínimos e insignificantes.

Em outro estudo, a variação espaço-temporal dos oligoelementos selecionados em solos de cemitérios (necrosols) foi investigada. Os resultados preliminares revelaram que a concentração média no local de As, Ba, Cr, Cs, Ga, Ni, Rb, Sc, Th, V, Y, Zr foi geralmente mais elevada do que os valores fora do local. Os metais-traço no local apresentaram uma maior taxa de acumulação como Cr, Ni e Sc. Da mesma forma, observou-se que os solos do cemitério mostraram enriquecimento

significativo com o Cr em comparação com as médias mundiais de solos agrícolas. A porcentagem de sódio trocável mostrou que a maioria das amostras de solo no local são sódicas, o que pode ter efeitos adversos sobre o crescimento e produtividade de culturas cultivadas na área de estudo. O estudo conclui que a decomposição de restos humanos desempenha um papel significativo na elevação total dos conteúdos do elemento de metais traço em solos de cemitérios. Por esta razão, há uma necessidade para que sejam tomadas medidas pró-ativas com respeito à escolha das matérias-primas utilizadas para a construção de caixões e materiais funerários. Há uma necessidade para as indústrias funerárias locais, particularmente nos países em desenvolvimento, e do governo para começar a considerar e adotar as opções de sepultamento verdes ou amigos do ambiente para evitar a potencial degradação ambiental de áreas do cemitério (AKOBUNDU *et al*, 2013).

Estudos empíricos têm mostrado que os corpos humanos e componentes de caixões degradam-se e decompõem-se e, com o tempo, eles poderiam desempenhar constituintes orgânicos e inorgânicos que podem contaminar o meio ambiente, como águas subterrâneas, solos, vegetação e água, causando problemas para a saúde humana (HAO *et al*, 2006).

Estudos anteriores demonstraram que um cadáver humano irá se decompor no caixão em um período de 10 a 12 anos. Os fluidos de embalsamamento sofrem a metade da lixiviação da carga poluente no primeiro ano (GARCIA *et al*, 1996). O estudo realizado pela Agência Ambiental do Reino Unido (2004) estimou que mais da metade da poluição é proveniente do processo de lixiviação ocorrido no primeiro ano, e que essa contaminação diminui progressivamente nos anos subsequentes (FACCHINELLI *et al*, 2001).

O tempo necessário para estes contaminantes contaminem o solo dependerá de vários fatores, tais como taxa de precipitação, as características do solo e taxa de infiltração do local de enterro (FOGLI, 1995). Por exemplo, temperaturas quentes aceleram a decomposição dos cadáveres, enquanto que as condições de congelamento irá inibir o processo (ENGELBRETCH, 1998).

Por outro lado, um solo mal drenado acelerará a decomposição, ao passo que um solo bem drenado terá um efeito inverso (CAI *et al*, 2012). Outras fontes de poluição no solo do cemitério podem ser resultados da lixiviação de substâncias químicas tóxicas, usadas no embalsamamento de corpos e preservação de caixões de madeira. Por exemplo, a utilização de arseniato cromato como conservante de madeira pode influenciar a entrada antropogênica de cobre, crômio e arsênio no ambiente do solo dos cemitérios, assim como como caixões pulverizados com compostos. Tais produtos químicos degradam em condições de sepultamento (DE MIGUEL *et al*, 1998).

O uso de aço e de madeira nos caixões para vedação pode continuar a contribuir para a contaminação potencial dos solos no cemitérios. Nas últimas cinco décadas, tem havido vários estudos dedicados à questão da contaminação de cemitérios. Ebong *et al* (2007) avaliaram a contaminação das águas subterrâneas de um cemitério na Holanda. O estudo observou uma maior

concentração da pluma de solução salina que foi caracterizado pela presença de sulfato e íons bicarbonato na água no solo sob o túmulo. Em outros estudos, foram identificados plumas com alta concentração de Cl, NH<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, Fe, Na, K e Mg nas águas subterrâneas imediatamente adjacentes às sepulturas. A concentração destes principais elementos significativos diminuiu rapidamente com a distância da sepultura (BARRAT *et al*, 2005).

Outros estudos analisaram os efeitos da contaminação do solo de um cemitério. Os resultados mostraram que a água do solo na vizinhança do local do enterro foram contaminados com metais inorgânicos, como também os agentes patogênicos prejudiciais (HACKER *et al*, 1985).

Barros *et al* (2008) analisaram a contaminação das águas subterrâneas no Beheshte Zahra, cemitério localizado em Teerã, Irã. Nos últimos anos, outros estudos que investigaram a contaminação do solo a partir de cemitérios também surgiram em literaturas empíricas. A contaminação por metais pesados foi investigada, por exemplo, em Santa Cândida, cemitério municipal no Brasil. O estudo mostrou uma contaminação significativa do solo associado com Cr, Pb e Ni. Os teores elevados desses metais foram atribuídos aos materiais usados na realização do enterro.

Já Kemerich *et al* (2012) analisaram a contaminação por metais pesados no cemitério municipal no Brasil. O estudo semelhante mostrou que os solos do Cemitério Municipal foram contaminados com Cu, Cr e Zn.

Em outra investigação Hao *et al* (2008) analisaram a distribuição de metais-traço em solos de cemitério local de enterro do Zandfostein. Esse estudo apenas indicou que as concentrações de oligoelementos nos solos cemitério foram superiores quando comparados com os solos exteriores ao cemitério.

### 3 CONCLUSÃO

A Estatística multivariada é uma ferramenta poderosa para identificar os principais fatores que determinam a variabilidade dos dados geoquímicos e interpretar os resultados da medição.

Níveis mais altos de metais traço nos solos de cemitério podem ter sido influenciados pela natureza dos enterros, tipo de materiais utilizados e da geologia local. Estudos de contaminação do solo devem ter uma investigação detalhada, utilizando a verificação de dados geoquímicos e mineralógicos. Em geral, os resultados sugerem a necessidade de monitoramento da poluição, a fim de garantir que as fontes de água ao redor dos cemitérios não estejam em perigo devido à liberação de metais pesados tóxicos como restos humanos e materiais em decomposição.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alloway, "The origins of heavy metals in soils," in Heavy Metals in Soils, B. J. Alloway, Ed., pp. 38-57, Blackie Academic and Professional, London, UK, 1995.

Amuno, S. "Potential Ecological Risk of Heavy Metal Distribution in Cemetery Soils". *Water, Air & Soil Pollution*. 2013.224:1435-1447.

Akobundu, A.N., Nwankwoala, H.O. "Evaluation of Heavy Metal in Soils From Enyimba Dumpsite in Aba, Southeastern Nigeria Using Contamination Factor and Geo-Accumulation Index". *Energy & Environment Research*, 2013 3: 125

BuatMenard, P., Chesselet, R."Variable Influence of the Atmospheric Flux on the Trace-Metal Chemistry of Oceanic Suspended Matter". *Earth and Planetary Science Letters*. 1985.42(3): 399-411.

Banat, K. M., Howari, F. M., Al-Hamad, A.A. "Heavy metals in urban soils of central Jordan": Should we worry about their environmental risks? *Environmental Research*. 2005, 97, 258-273.

Barros, Y.J., Melo, V.D., Zanello, S., Romano, E.N.D., Luciano, P.R., "Heavy metal contents and mineralogical characterization of soils from the Santa Candida Municipal Cemetery", in Curitiba (PR, Brazil). *Revista Brasileira De Ciencia Do Solo*. 2008, 32(4),1763-1773.

Cai, Z. C. Xu, M. Ren et al., "Source identification of eight hazardous heavy metals in agricultural soils of Huizhou, Guangdong Province, China," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 78, pp. 2-8, 2012.

De Miguel, E., Jiminez de Grado, M., Llamas, J.F., Martine, Dorado, A.,Mazadiego, L.F. "The overlooked contribution of compost application to the trace element load in the urban soil of Madrid (Spain). *Science of the Total Environment*". 1998. 215: 113-122.

Dent, B.B. "Decay products in cemetery ground waters". *Geology and Sustainable Development: Challenges for the Third Millennium*. 31st International Geological Congress,Rio de Janeiro, 2000. pp. 67.

Dumčius, A., Paliulis, D., Kozlovska, Kędziora, J. "Selection of investigation methods for heavy metal pollution on soil and sediments of water basins and river bottoms: a review". *Ekologija*. 2011, 57(1).

Ebong, G.A., Etuk, H.S.,Johnson, A.S. "Heavy Metals Accumlation by Talinum".Triangulare Grown on waster Dumpsites in Uyo Metropolis Akwa Ibom State, Nigieria. *Journal of Applied Sciences*. 2007, 7(10): 1404 -1409.

Ebong, G. A., Akpan, M. M., Mkpennie, V.N. "Heavy metal contents of municipal and rural dumpsite soils and rate of accumulation by Carica papaya and Talinum triangulare in Uyo", *Nigeria. Journal of Chemistry*, 2008, 5(2), 281-290.



Engelbrecht, J.F.P. "Groundwater pollution from cemeteries". The Water Institute of Southern Africa, Biennial Conference and Exhibition. 1998. 1: 1-8.

Fogli, D. "Techniques of decomposition of Bodies Adopted in Cemeteries and Their Relations with the Environment", available at <http://www.docstoc.com/docs/5177995/decomposition-dead-bodies>

Facchinelli, E. Sacchi, and L. Mallen, "Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils," *Environmental Pollution*, vol. 114, no. 3, pp. 313-324, 2001.

Garcia, I. Maiz, and E. Millan, "Heavy metal contamination analysis of roadsoils and grasses from Gipuzkoa (Spain)," *Environmental Technology*, vol. 17, no. 7, pp. 763-770, 1996.

Hao, G., Lok, T.M.H. "Study of Shear Wave Velocity of Macao Marine Clay under Anisotropic Stress Condition". The 14 World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.

Hacker-Norton, D., Trinkley, M. "Remember Man Thou Art Dust": Coffin Hardware of the Early Twentieth Century. Hiscox, Gardner D., 1985. Henley's Twentieth Century Book of Formulas, Processes and Trade Secrets. Books, Inc., New York.

Hani and E. Pazira, "Heavy metals assessment and identification of their sources in agricultural soils of Southern Tehran, Iran," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 176, no. 1-4, pp. 677-691, 2011.

Huang, Q. L. Liao, M. Hua *et al.*, "Survey of heavy metal pollution and assessment of agricultural soil in Yangzhong district, Jiangsu Province, China," *Chemosphere*, vol. 67, no. 11, pp. 2148-2155, 2007.

Huang, R. Campredon, J. J. Abrao, M. Bernat, and C. Latouche, "Variation of heavy metals in recent sediments from Piratininga Lagoon (Brazil): interpretation of geochemical data with the aid of multivariate analysis," *Environmental Geology*, vol. 23, no. 4, pp. 241-247, 1994.

Huggins, H. A. "It's All in Your Head": The Link Between Mercury Amalgams and Illness Jonker. Paragon Press. Jonker, 1993.

Kemerich, P., Silva, R.F. "Valores anômalos de metais pesados em solo de cemitério". *Ambi-Agua*, Taubaté, 2007, 7:140-156.

Kouame, I.K., Dibi, B., Koffi, K., Savane, I., Sandu, I. "Statistical Approach of Assessing Horizontal Mobility of Heavy Metals in the Soil of Akouedo Landfill

Nearby Ebrie Lagoon (Abidjan Cote d'Ivoire)". *International Journal of Conservation Science*, 2010, 1(3), 149-160.

Li, X.D., Lee, S.L., Wong, S.C., Shi, W.Z., Thornton, I.. "The study of metal contamination in urban soils of Hong Kong using a GIS-based approach". *Environmental Pollution*. 2004, 129:113-124.

Lindsay, R., Ride, M. "An East India Company Cemetery": Protestant Burials in Macao, Morton-Bermea, 1996.

Micó, L. Recatalá, M. Peris, and J. Sánchez, "Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis," *Chemosphere*, vol. 65, no. 5, pp. 863-872, 2006.

Nicholson, S. R. Smith, B. J. Alloway, C. Carlton-Smith, and B. J. Chambers, "An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales," *Science of the Total Environment*, vol. 311, no. 1-3, pp. 205-219, 2003. .

Muller, G.. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal*. 2008. 2: 108.

Nikolaidis, C., Zafiriadis, I., Mathioudakis, V., Constantinidis, T. Heavy metal pollution associated with an abandoned lead-zinc mine in the Kiriki region NE Greece. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2010. 85(3):307-312.

Ohio Environmental Protection Agency (2010). Available at [http://www.epa.ohio.gov/portals/41/p2/mercury\\_pbt/mercur.pdf](http://www.epa.ohio.gov/portals/41/p2/mercury_pbt/mercur.pdf)

Pacheco, A., Mendes, J.M.B., Martins, T., Hassuda, S., Kimmelman, A.A.. Cemeteries - A Potential Risk to Ground water. 2001. *Water Science & Technology* 24(11): 97-104.

Singh S, Raju NJ. "Risco ambiental de poluição e contaminação de fontes de metais pesados utilizando análise multivariada nos solos do entorno Varanasi", na Índia. 2015 Jun; 187 (6): 4577. doi: 10.1007 / s10661-015-4577-4. Epub 2015 12 de maio.

Song, J. F. Ji, Z. F. Yang *et al.*, "Geochemical behavior assessment and apportionment of heavy metal contaminants in the bottom sediments of lower reach of Changjiang River," *Catena*, vol. 85, no. 1, pp. 73-81, 2011.

Spongberg A.L., Becks P.M. "Inorganic soil contamination from cemetery leachate". *Water Air Soil Pollut*. 2000;117:313-327.

Zhao, B. C. Xia, C. Fan, P. Zhao, and S. Shen, “Human health risk from soil heavy metal contamination under different land uses near Dabaoshan Mine, Southern China,” *Science of the Total Environment*, vol. 417-418, pp. 45-54, 2012.

Yang, M. Yang, and H. Shao, “Magnetic susceptibility and heavy metals distribution from risk-cultivated soil around iron-steel plant, China,” *Clean-Soil, Air, Water*, vol. 40, no. 6, pp. 615-618, 2012.

Wu, H. B. Kang, X. Zhang, H. B. Shao, L. Y. Chu, and C. Ruan, “A critical review on the bio-removal of hazardous heavy metals from contaminated soils: issues, progress, eco-environmental concerns and opportunities,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 174, no. 1-3, pp. 1-8, 2010.