

AVALIAÇÃO DE SOLOS SUSCEPTÍVEIS A CONTAMINAÇÃO POR METAIS NO PÓLO INDUSTRIAL DE FUNDIÇÃO EM LOANDA, PR- BRASIL.

Luciana da Conceição Pavanelli, Marycel Elena Barbosa Cotrim, Maria Aparecida Faustino Pires¹
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN
Av. Prof. Lineu Prestes, 2.242. Cidade Universitária.
CEP 05508-000. São Paulo, SP, Brasil.
e-mail: mapires@ipen.br

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi estudar a variação da concentração de metais em solos susceptíveis a contaminação devido à deposição atmosférica das atividades geradas pelo pólo industrial de fundição, localizado no município de Loanda (PR). Foram avaliadas as concentrações de macro-elementos (Al, Ca, Fe, Mg, Mn) e micro-elementos (Ag, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, V, Zn). A determinação dos metais mostrou incremento dos metais Cu, Zn, Cr, Ni e Pb apenas nos pontos adjacentes à área. Isso evidencia a necessidade urgente de melhorias no processo produtivo.

Palavras chave: Metais; Solo; Indústria de fundição.

INTRODUÇÃO

Na década de 90, o ambiente industrial brasileiro passou a incorporar os procedimentos de reciclagem, prevenção de poluição e outras preocupações com os passivos ambientais, dentro do modelo de comando e controle. No entanto, os serviços públicos de segurança e medicina do trabalho e as agências de proteção ambiental vêm, cada vez mais, se deparando com situações críticas em relação a processos produtivos de metais sanitários artesanais. Há inúmeros processos industriais, em que os metais e seus compostos, têm um papel fundamental, como nos processos de fundição, siderurgia, de tratamento de superfície, metalurgia, tintas e pigmentos envolvidos nesses processos industriais. Apesar de todo o avanço tecnológico, ainda é preocupante a contaminação ao meio ambiente, água, ar, solo, bem como dos trabalhadores, sendo a razão de discussão de inúmeros trabalhos

ABSTRACT

The aim of this work is to study metal concentrations in soil due to ash deposition from a foundry plant at Loanda (PR), evaluating the macroelement (Al, Ca, Fe, Mg, Mn) and microelement (Ag, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, V, Zn) concentrations in the soil around the foundry plant. The higher extractable toxic metals concentrations were found for Cu, Zn, Cr, Ni and Pb in the boundary of the industrial plant and their vicinity. Production process must be improved in order to avoid further contamination.

Key words: Metals, Soil, Foundry.

científicos [1]. A preocupação com a qualidade ambiental aumentou significativamente nos últimos anos, evidenciada pela legislação ambiental cada vez mais rígida e pela mudança de comportamento pela sociedade.

Dentro desse contexto, a contaminação do solo também é foco de atenção, pois o solo funciona como um filtro e tem a capacidade de depuração e imobilização de grande parte das impurezas nele depositadas. No entanto, essa capacidade é limitada, podendo ocorrer alterações da qualidade do solo, devido ao efeito cumulativo da deposição de poluentes atmosféricos, à aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e à disposição de resíduos sólidos industriais, urbanos, materiais tóxicos e radioativos [2]. A migração dos poluentes através do solo para as águas subterrâneas e superficiais constitui uma ameaça para a qualidade dos recursos hídricos principalmente os utilizados para

abastecimento público.

Segundo Singh [3] e Steinnes [4], os metais em solos são derivados tanto do intemperismo que age sobre o material parental, como de fontes externas naturais (erupção vulcânica) ou antrópicas (indústrias, agricultura).

O solo é uma mistura heterogênea formado por substâncias orgânicas e organominerais, minerais argilosos, óxidos de ferro, alumínio e manganês, bem como diversas partículas minerais e uma variedade de substâncias solúveis, matéria orgânica além de água, ar e organismos vivos.

Dentre as propriedades do solo que afetam a retenção e mobilidade de metais, estão o pH, a capacidade de troca catiônica (CTC), quantidade de matéria orgânica, quantidade e tipo de fração argila (argilas silicatadas e óxidos) e competição iônica [5].

Segundo Matos [6], os solos podem apresentar uma grande variedade de sítios de adsorção, com diferentes propriedades de ligações e grande quantidade de complexos aquoso-iônicos e não iônicos capazes de participarem da adsorção e possivelmente dos processos de precipitação de metais.

Os metais podem, ainda, ser retidos no solo por complexação e quelação pela matéria orgânica, por adsorção específica em óxidos de ferro, alumínio e manganês e oclusão em carbonatos. O mecanismo de ligação dos metais tóxicos no solo é variável e depende da composição do solo, das reações do solo, do pH e condições de oxidação-redução. Desta forma, os metais estão associados ao solo por meio de ligações mais fortes ou mais fracas conforme a fração em que eles se encontram [7].

As frações do solo compreendem: fração solúvel; fração trocável; fração ligada aos carbonatos; fração ligada à matéria orgânica; fração ligada aos óxidos de Al, Fe e Mn e fração residual, ligada aos silicatos [8].

A poluição de solos por metais tóxicos tem sido reconhecida, principalmente, como um problema associado com indústrias de metais.

A literatura tem mostrado que a concentração de metais tóxicos tem aumentado nos solos devido à deposição atmosférica causada pela queima de combustíveis fósseis, à operação de

termoelétricas a carvão e pela aplicação de lodos e agrotóxicos [9-14]. Existem alguns trabalhos brasileiros sobre contaminação de metais em águas superficiais e sedimentos [15-17] e solos [7,18-21], devido à mineração de carvão e impacto de termoelétrica, respectivamente, mas poucos são os dados publicados sobre a contaminação de solos devido à operação e impacto de fundições.

O Setor de fundição é caracterizado principalmente pelo uso intensivo de mão-de-obra e matérias-primas de origem nacional, empregando cerca de 50.000 trabalhadores e faturando 2,5 bilhões de dólares por ano, lhe conferindo uma independência do mercado externo. Portanto, gera um número significativo de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva, além de movimentar a economia brasileira [22].

O mercado de metais sanitários está inserido no setor de construção civil e movimenta cerca de 600 milhões de reais, segundo estimativas de representante do SIAMFESP - Sindicato das Indústrias de Artefatos de Metais Não Ferrosos, que congrega as empresas do setor. Os produtos que se destacam neste mercado são as torneiras, misturadores, registros e válvulas, sendo também considerados os acessórios para banheiros como complementares das linhas de produtos [23].

Cabe salientar que essas atividades muitas vezes se concentram em pequenos pólos industriais, como é o caso do município de Loanda, extremo oeste do Paraná, que possui um pólo de fabricação de peças de torneiras e registros.

O objetivo deste trabalho foi estudar a variação da concentração dos metais no solo, devido à deposição atmosférica das atividades geradas pelo pólo industrial de Loanda, (PR), avaliando a concentração dos macroelementos (Al, Ca, Fe, Mg, Mn) e microelementos (Ag, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, V, Zn) no solo ao redor de uma fundição.

PARTE EXPERIMENTAL

ÁREA DE ESTUDO

Foi escolhida como área de estudo o município de Loanda, situado a noroeste do estado do Paraná, entre as latitudes de 22° 55' 00" S e longitude 58° 19' 00" W – GR devido a

uma grande concentração de indústrias metalúrgicas (fundição e galvanoplastia) Em um reconhecimento preliminar realizado em 2003, com a FUNDACENTRO, foram encontradas 23 empresas com esse perfil. Como área piloto para o estudo foi eleita uma das maiores empresas do ramo, com aproximadamente 400 funcionários.

Através do processo de fundição é possível a obtenção de objetos metálicos na forma desejada [24].

Na primeira etapa do processo, denominada macharia, é preparado o molde interno da peça, fundindo areia e resina fenólica a 180°C. Em seguida, o molde interno é levado para a etapa de vazamento e colocado dentro da forma, onde o metal fundido (liga de latão) a 960-980°C é derramado sobre o molde. Após resfriamento, a peça é levada para o tamboreamento para retirar o molde interno, seguindo para usinagem (confecção de rosca), afinação (retirar rebarbas) e polimento (lixar e lustrar as peças): Para conferir acabamento final e proteção, realiza-se o tratamento da superfície no setor de galvanoplastia (cobreamento, niquelação, cromação e douração) e seus efluentes gerados são tratados na estação de tratamento [25].

Nas fases de fusão e vazamento são gerados alguns fatores de risco para saúde humana, em função da necessidade do trabalho ser realizado em elevadas temperaturas e resfriamentos bastante agressivos [26].

Aliga de latão é composta por Cu e Zn, e contém várias impurezas distribuídas entre metais, não metais e semi-metais. A porcentagem de zinco varia de 5 a 50%, de acordo com a resistência mecânica requerida pelo processo [25]. O resultado de uma análise feita na composição de ligas usadas nessa fábrica mostrou uma composição média de 30% de Zn e 65% de Cu, o restante é denominado de impurezas [27]. A tabela 1 apresenta a composição média das ligas de latão.

Tabela 1: Composição média de diferentes lingotes de latão (Zn-Cu) [27].

Elemento	Composição média (%)		
	Lingote 1	Lingote 2	Lingote 3
Zinco	29,03	30,27	26,81
Cobre	63,72	61,91	65,92
Chumbo	2,65	3,52	2,95
Estanho	1,46	1,79	1,26
Ferro	1,31	0,753	1
Alumínio	1,09	1,16	1,39
Níquel	0,658	0,52	0,498
Silício	0,048	0,045	0,109
Magnésio	0,071	0,019	0,02
Arsênio	0,046	0,043	0,022
Fósforo	0,0012	0,0051	0,012
Manganês	0,0017	0,017	0,031
Antimônio	0,0051	0,051	0,051
Enxofre	0,0045	0,029	0,0009

Coleta das amostras de solo

O programa de amostragem de solo foi baseado nos procedimentos adotados pela CETESB [27] e utilizado para indicar a direção da dispersão do poluente e a extensão da dispersão. Foram coletadas 30 amostras de solo, distribuídas em três direções a partir de 1 metro da fonte de contaminação, variando-se de 50 em 50 m até uma distância total de 200m. Em cada ponto foram coletadas duas amostras em duas profundidades distintas, de 0-30 cm, denominada fração A e 30-60 cm, denominada fração B [19].

A figura 1 apresenta a representação esquemática (*lay-out*) de uma indústria de fundição, fonte pontual de poluição, com a racionalização da direção das amostragens utilizadas e os pontos coletados, denominados de SE(NE); M, (SE) e DV (SO). Foi definido também um ponto de coleta dentro da fábrica (DF). Cabe destacar que a fábrica está localizada nos limites da área urbana da cidade de Loanda, tendo cerca de ¼ de sua área de divisa com uma fazenda de gado. A frente da Fábrica e demais laterais fazem divisa com área urbana cujas ruas são totalmente asfaltadas. Foi observado que a distribuição dos setores produtivos não favorece um fluxo contínuo de produção, além disso, as principais fontes suspeitas de gerar contaminação estão voltadas para a área rural.

A linha denominada "DV(SO)" significa direção dos ventos onde a provável contaminação ambiental ocorre pela dispersão dos ventos e é depositada no solo ao longo da distância da fonte contaminadora (forno de fundição). A linha denominada "M(SE)" significa linha de direção do meio da fábrica onde há um cano de drenagem (saída) de água da chuva e de lavagem da fábrica. A linha denominada "SE(NE)" significa saída de efluente onde ocorre o escoamento direto sobre o solo da água resultante do tratamento de efluentes da galvanica.

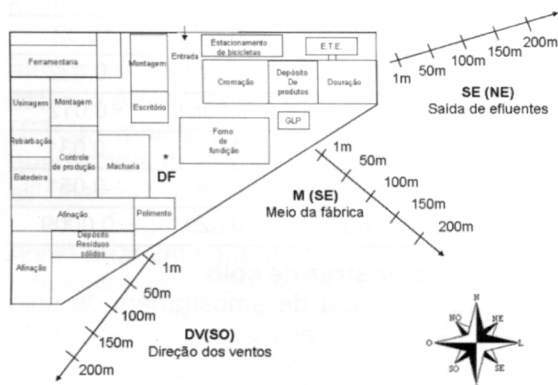


Figura 1: Representação esquemática da fonte pontual de poluição, e a direção das amostragens utilizadas.

Em cada ponto foi amostrado aproximadamente 2 kg de solo com um trado de aço inoxidável, estocado em saco de polietileno, e devidamente identificadas conforme a distância da fonte.

Todas as amostras de solo foram secas à temperatura ambiente, destorroadas manualmente em almofariz e peneiradas para 2 mm. Posteriormente as amostras foram quarteadas manualmente para a obtenção de uma alíquota representativa para os ensaios de caracterização do solo ou para a determinação dos elementos químicos nas amostras de solo.

Caracterização do solo

Os ensaios de caracterização físico-química realizados em todas as amostras de solo foram: granulometria (densímetro de Boyocos) [19], pH (em meio KCl 1 mol L⁻¹ com proporção solo: solução 1:2,5) [29], carbono total e matéria orgânica (oxidação com K₂Cr₂O₇

em meio H₂SO₄ e titulação com Fe(NH₄)₂(SO₄)₂) [29] e capacidade de troca catiônica (CTC) (saturação do solo com BaCl₂, troca do Ba por MgSO₄ e titulação com EDTA) [30]. Todos os ensaios foram feitos em duplicata.

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS NO SOLO

Os metais determinados foram os elementos majoritários Al, Ca, Fe, Mg, Mn e microelementos Ag, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, V, Zn do solo.

A determinação da concentração parcial dos elementos químicos no solo foi realizada em duplicata por digestão ácida. A metodologia adotada, com base no método EPA-3051 [31] da Environmental Protection Agency, foi digerir 500 mg de amostra de solo com 10 mL de ácido nítrico no forno de microondas. Diluir para 50 mL, centrifugar, filtrar e transferir as amostras para frascos de polietileno. A medida dos elementos químicos foi obtida por espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma induzido, ICP-OES SpectroFlame M120 E da Spectro Analytical Instruments, com tocha axial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do solo

O estudo da caracterização do solo (Tabela 2; Figura 2,) mostrou que o solo de Loanda apresentou característica ácida, variando de 4,5 a 6,0 que, de modo geral, favorece a lixiviação dos metais do solo para a solução do solo. Não foram observadas grandes variações nos valores de pH em função da distância da fonte de contaminação, nem entre as diferentes direções avaliadas.

Tabela 2: Características físico-químicas das amostras de solo na fração A do solo amostrado ao redor da Fundição.

Características do solo	Média	Intervalo
pH	5,42	4,5 - 7,2
CTC(cmol _c Kg ⁻¹)	5,33	2 - 7,6
MO (%)	0,2	0,7 - 0,95
Argila (%)	8	3 - 13
Silte (%)	2,5	1 - 8
Areia (%)	89,5	85 - 95

CTC:capacidade de troca catiônica; MO: matéria Orgânica

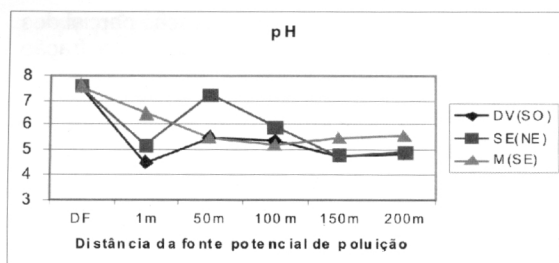


Figura 2: Variação dos valores de pH das amostras de solo, em função da distância da fonte pontual de poluição.

A CTC (Figura 3), que relaciona a capacidade de troca de cátions nos sítios de adsorção do solo de forma reversível, apresentou uma média de 5,33 cmolc kg⁻¹, semelhante à caulinita (4 cmolc Kg⁻¹) e óxidos de ferro e alumínio (2 cmolc Kg⁻¹) [32,33].

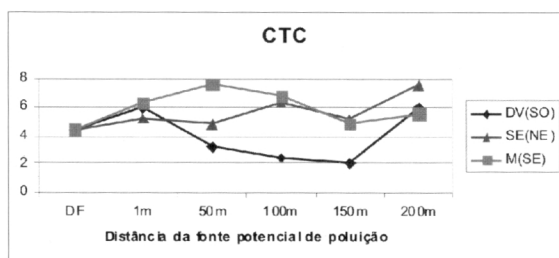


Figura 3: Variação dos valores de CTC obtidos para as amostras de solo (no eixo das Abscissas) em função da distância da fonte pontual de poluição (no eixo da Ordenada).

O solo apresentou uma média de 0,2% para a matéria orgânica, que o caracteriza como solo mineral, e apresentou uma predominância da fração areia, com uma variação entre 85% e 95%, que caracteriza o solo como arenoso segundo o triângulo americano das classes textuais adotado pela USDA [33] (Figura 4), fato que facilita a infiltração dos possíveis contaminantes.

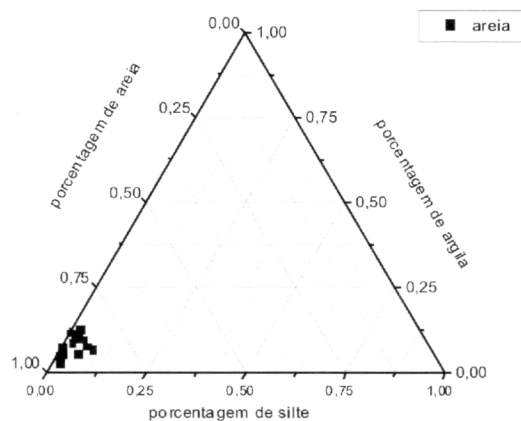


Figura 4: Classificação textual do solo de Loanda.

AVALIAÇÃO DOS PROVÁVEIS ELEMENTOS QUÍMICOS CONTAMINANTES.

Para avaliar a contaminação do solo de Loanda tomaram-se como base as seguintes formas de análise: fonte contaminadora dos metais no solo; concentração dos metais versus distância da indústria; comparação da contaminação do metal com valores mundiais de solo ou estabelecidos por agências ambientais e dispersão da concentração do metal ao redor da indústria.

Os resultados da concentração parcial das amostragens na fração A e B, nos 15 pontos amostrados para os macro e microelementos são apresentados na Tabela 3.

Observa-se nesse trabalho a presença de Cu, Zn, Cr, Ni e Pb em níveis maiores do que as concentrações geralmente encontradas em solo natural da região.

As características físico-químicas do solo mostraram que a região apresenta um solo ácido, arenoso, como baixa capacidade para troca catiônica e pouca matéria orgânica. Esses fatos colaboram para a dispersão e mobilidade dos metais no perfil do solo. Os metais contaminantes do solo na direção dos ventos, denominada neste estudo de DV (SN), foram Cu, Zn, mostrando-se dispersos ao longo da distância, porém, somente na fração A. Os metais Cr, Ni e Pb também apresentam concentrações altas no ponto mais próximo da fábrica. Podemos concluir que os contaminantes são transportados pelo vento.

Tabela 3: Intervalo de concentração parcial obtido a partir das análises das amostras de solo, valores orientadores para solos estabelecidos pela CETESB [34] (referência e intervenção) e valores naturais mundiais.

	Concentração (mol.kg ⁻¹)				
	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb
A	0,30- 133,12	0,58- 119,27	0,20- 167,15	0,43- 81,12	0,57- 141,66
VR	40	13	35	60	17
VP	75	30	60	300	72
VI	150	70	200	450	180
VM	7-221	4-55	6-80	17-125	10-84

A: Amostras de solo | **VR:** Valor de referência de qualidade CETESB [34] | **VP:** Valor de prevenção CETESB [34] | **VI:** Valor de interferência CETESB [34] | **VM:** valores naturais mundiais

Na direção denominada M (N), os metais contaminantes observados foram Cu, Zn, Pb, Ni e Cr, somente no fração A do primeiro ponto da amostragem, a 1 metro da fonte de poluição. Os contaminantes são transportados pelo vento e pela água de escoamento (chuva).

Na direção da saída de efluentes, denominada neste estudo de SE (NE) os principais contaminantes foram o Cr e o Ni, destacando-se também o Cu e Zn, no primeiro ponto da amostragem. Há infiltração desses metais para a fração B. Os contaminantes são transportados pela água de chuva e de escoamento.

Os mesmos parâmetros utilizados para avaliação por dispersão foram submetidos à análise estatística multivariada por dendogramas (Statistic 5.1 – Edição 98). Apesar da aplicação de dendogramas apontar para a mesma conclusão daquela obtida quando se utiliza o método de dispersão, seu uso possibilita evidenciar a similaridade entre a origem dos metais.

Conforme mostrado na figura 5, observa-se que o primeiro agrupamento correlacionando os metais Mg, Cu, Zn e Pb evidencia a contaminação advinda da liga de latão usada como matéria prima do processo de fundição, em que o Cu e o Zn são a base da liga e o Mg e Pb são contaminantes da liga. O segundo agrupamento correlacionando Cr e Ni mostra a contaminação advinda dos banhos galvânicos utilizados no processo de niquelação e cromação. Esses dois grupos apresentam similaridade, pois são contaminantes do solo provenientes da fábrica. O terceiro agrupamento que correlaciona Al, Mn e Fe e não apresenta similaridade com os demais grupos, aponta a composição natural do solo.

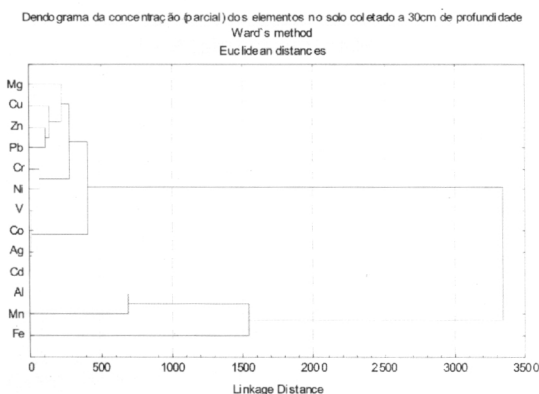


Figura 5: Dendograma da concentração parcial dos metais em amostras de solo coletadas na fração A (0 – 30 cm de profundidade)

Os demais elementos analisados, Mg, Al, V, Mn, Fe, Co, Ag e Cd, apresentaram concentrações mais elevadas somente no ponto coletado dentro da fábrica, em que há derramamento do metal fundido e liberação da borra do forno diretamente no solo interno.

Nas demais amostras coletadas neste estudo, ao longo das distâncias, as concentrações dos metais avaliados apresentaram-se dentro do intervalo de concentração do solo natural.

Apesar de algumas das amostras apresentarem concentrações dos metais acima dos valores de interferência da CETESB, a contaminação está restrita aos arredores da fonte de contaminação e em pontos isolados, não necessitando de remediação. Devemos ressaltar que existe uma grande preocupação com relação à contaminação do lençol freático na região devido à alta mobilidade desses metais, necessitando serem realizados estudos complementares.

CONCLUSÃO

As atividades do pólo industrial de fundição de Loanda causaram um pequeno incremento na concentração dos metais Cr, Ni, Cu e Zn e este incremento está localizado no solo superficial e próximo a fonte de poluição estudada. Este incremento ficou restrito a uma distância aproximada de 1 m da indústria, com um aumento preferencialmente na direção predominante dos ventos (NW). Os metais considerados contaminantes do solo foram Cr, Ni, Cu, Zn e Pb. Embora ainda não haja necessidade de remediação do solo, a alteração da concentração natural dos metais no solo poderá contribuir em longo prazo em risco ao ecossistema e à saúde humana. Portanto há necessidade de mudanças no processo produtivo a fim de favorecer o trabalhador e conseqüentemente o meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

FUNDACENTRO

REFERÊNCIAS

- [1] CARDOSO, M. L.; SILVA, C. S. Relatório de visita para Levantamento Preliminar de Riscos Físicos e Químicos, FUNDACENTRO, 2000.
- [2] CASARINI, D. C. P.; DIAS, C. L.; LEMOS, M. M. G. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2001.
- [3] SINGH, S.P.; TACK, F.M.G.; VERLOO, M.G. Extractability and bioavailability of heavy metals in surface soils derived from dredged sediments. **Chem. Speciation Bioavailability**, v. 8, n. 3-4, p. 105-110, 1996.
- [4] STEINNES, E.; SINGH, B.R. Soil and water contamination by heavy metals. In: LAI, R.; STEWART, B. A. (Eds.) *Advances in soil science: soil process and water quality*. USA: Lewis, 1994.
- [5] MATOS, A. T. Fatores de retardamento e coeficientes de dispersão-difusão dos metais zinco, cádmio, cobre e chumbo em solos do município de Viçosa – MG. Viçosa, MG, 1995. 110p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- [6] [1] MATOS, A. T.; COSTA, L. M.; FONTES, M. P. F.; MARTINEZ, J. A.; FERREIRA, P. A. Fatores de retardamento e coeficientes de dispersão-difusão dos metais zinco, cádmio, cobre e chumbo em solos do município de Viçosa – MG: I. Curvas de eluição dos metais; II. Correlação com algumas propriedades físicas do solo In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. 25, Viçosa, MG, 23-29/07/1995. Resumos expandidos. Viçosa: SBCS, 1995. p. 2333-2338.
- [7] FLUES, M.; SATO I. M.; COTRIM M. B.; FIGUEIREDO P. M.; CAMARGO I. M. C. Avaliação da influência da operação da termoelétrica a carvão na concentração dos metais e As no solo de Figueira, PR – Brasil. *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 1, 25-30, 2008
- [8] McBRIDE, M. B.; *Environmental Chemistry of Soils*, Oxford University Press: New York, 1994.
- [9] MEHRA, A.; FARAGO, M. E.; BANERJEE, D. K.; *Environ. Monit. Assessment* 1998, 50, 15.
- [10] ROMER, W.; JANK, H. J.; DEMELE, H.; *Agribiological Research-Zeitschrift für Agrarbiologie Agrykulturchemie Okologie* 1992, 45, 137.
- [11] CARLSON, C. L.; ADRIANO, D. C.; *J. Environ. Qual.* 1993, 22, 227.
- [12] DUDKA, S.; ADRIANO, D. C.; *J. Environ. Qual.* 1997, 26, 590.
- [13] KAMINSKI, M. D.; LANDBERGER, S.; *J. Air e Waste Manag. Assoc.* 2000, 50, 1667.
- [14] PRAHARAJ, T.; TRIPATHY, S.; Powell, M. A.; Hart, B. R.; *Environ. Geol.* 2003, 45, 86.
- [15] TEIXEIRA, E. C.; STRECK, C. D.; BRAGA, C. F.; YONEAMA, M. L.; DIAS, J. F.; *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect B* 2004, 215, 203.
- [16] TEIXEIRA, E. C.; SANCHEZ, J. D.; FERNADES, I. D.; FORMOSO, M. L. L.; PEGORINI, J.; PESTANA, M. H. D.; *Environ. Technol.* 1997, 18, 581.
- [17] TEIXEIRA, E. C.; ORTIZ, L.; ALVES, M.; SANCHEZ, J.; *Environ. Geol.* 2001, 41, 145.
- [18] MORCH, V. M.; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil, 1991.
- [19] SZELES, M. S. M. F. Avaliação da contaminação radiológica de um solo agrícola nas proximidades de uma mina de urânio. 1994. Tese (Doutorado) - IPEN/CNEN-SP - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
- [20] FLUES, M.; MORAES, V.; MAZZILLI, B. P.; *J. Environ. Radioact.* 2002, 63, 285.
- [21] BRASIL. MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Ações setoriais para o aumento da competitividade da indústria brasileira. Capítulo VIII – Fundação. Brasília, 2001.
- [22] [1] SP DESING. Caracterização do setor de metais sanitários. Disponível em: <<http://www.spdesing.sp.gov.br/sanita/sanita1.htm>> Acesso em: janeiro/2005

Biblioteca

Terezine Arantes Ferraz

- [23] ESBRIGUE, P. R. Higiene e Segurança do trabalho com ênfase nos aerodispersóides: um estudo de caso em uma empresa fabricante de torneiras na cidade de Loanda. Monografia. Loanda, PR, 2003.
- [24] SENAI – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL Apostila de Materiais Metálicos e Não Metálicos. São Paulo, 2004
- [25] MESQUITA, M. E.; SILVA, J. M. V.; BRANCO, M. A. C.; SEQUEIRA, E. M. Copper and zinc competitive adsorption: desorption in calcareous soils. *Arid Soil Res. Rehabil.* v. 14, p. 27-41, 2000.
- [26] CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Compilação de técnicas de prevenção à poluição para a indústria de galvanoplastia: projeto piloto de prevenção à poluição em indústrias de bijuterias no município de Limeira. GTZ. 4ª ed. São Paulo, 2002.
- [27] PAVANELLI, L. C. Diagnóstico ambiental das áreas susceptíveis a contaminação por metais no pólo industrial de fundição em Loanda, Paraná. 2007. Dissertação (Mestrado) - IPEN/CNEN-SP - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
- [28] EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; Manual de métodos de análise de solo, 2ª ed, Centro Nacional de Pesquisas de Solos: Rio de Janeiro, 1997.
- [29] GILLMAN, G. P.; *Aust. J. Soil Res.* 1979, 17, 129.
- [30] EPA - Environmental Protection Agency; <http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3051.pdf>. Acessado em: Janeiro 2003.
- [31] PETRONI, S. L. G. Avaliação cinética e de equilíbrio do processo de adsorção dos íons dos metais cádmio, cobre e níquel em turfa. 2004. Tese (Doutorado) - IPEN/CNEN-SP - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
- [32] BRADY, N. C.; BUCKMAN, H. O. Natureza e propriedades do solo. 7ª ed., Livraria Freitas Bastos S.A.: São Paulo, 1989.
- [33] USDA - United State Department of Agriculture Soil Staff, 1975.
- [34] CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo, 2001.