



**FACULDADE MARIA MILZA
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

GENIVALDO GONÇALVES MENDONÇA

**DETERMINAÇÃO DE METAIS PESADOS EM SOLO DO ENTORNO DE ÁREA DE
MINERAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MURITIBA – BA**

**GOVERNADOR MANGABEIRA – BA
2016**

GENIVALDO GONÇALVES MENDONÇA

**DETERMINAÇÃO DE METAIS PESADOS EM SOLO DO ENTORNO DE ÁREA DE
MINERAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MURITIBA – BA**

Dissertação apresentada ao colegiado de coordenação didática do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da Faculdade Maria Milza – FAMAM, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.

Professor Orientador: Drº RICARDO LOPES DE MELO

Professor Co-Orientador: Drº SÉRGIO ROBERTO LEMOS DE CARVALHO

**GOVERNADOR MANGABEIRA – BA
2016**

Dados Internacionais de Catalogação

Mendonça, Genivaldo Gonçalves

M539d Determinação de metais pesados em solo do entorno de área de mineração no município de Muritiba – Ba / Genivaldo Gonçalves Mendonça. – 2016.

48 f.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Lopes de Melo

Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio Roberto Lemos de Carvalho

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira, 2016.

1. Solo. 2. Materiais Pesados. 3. Metais no Solo. I. Melo, Ricardo Lopes de. II. Carvalho, Sérgio Roberto Lemos de. III. Título.

CDD 631.4

GENIVALDO GONÇALVES MENDONÇA

CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NO ENTORNO DE AREIA DE
MINERAÇÃO MUNICÍPIO DE MURITIBA – BA

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado Profissional em Desenvolvimento
Regional e Meio Ambiente da Faculdade Maria
Milza (FAMAM), como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre.

Linhas de Pesquisa: Políticas Públicas, Meio
Ambiente e Desenvolvimento

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Lopes de Melo
(IFBAIANO/FAMAM)

Aprovado em: 27 / Julho / 2016

BANCA EXAMINADORA

Ricardo Lopes de Melo

Prof. Dr. Ricardo Lopes de Melo
Presidente da Banca Examinadora (IFBAIANO/FAMAM)

João Victor da S. Santos

Prof. Dr. João Victor da Silva Santos
Membro Externo (IFBAIANO)

Noelma Miranda de Brito

Prof.ª Dr.ª Noelma Miranda de Brito
Membro Interno (FAMAM)

GOVERNADOR MANGABEIRA - BA
2016

Dedico a minha esposa, **Marta Maria Garcia Prado**,
pelo exemplo de garra e determinação.

Aos meus pais, **Leonor Gonçalves Mendonça**,
Gerson da Cruz Mendonça, pelo incentivo aos meus estudos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo...

A Faculdade Maria Milza por oportunizar este curso.

Ao Professor Dr^o Ricardo Lopes de Melo pela orientação, cooperação e amizade.

Ao Co-Orientador e amigo Professor Dr^o Sérgio Roberto Lemos de Carvalho, pelas sugestões e colaboração.

À Secretaria de Educação e Cultura (SEC), por conceder afastamento com ônus da carga horária total para realização deste curso.

Aos Professores do mestrado pela oportunidade e pela qualidade que disponibilizaram seus conhecimentos para a nossa formação.

Aos Professores integrantes da banca examinadora, por aceitarem participar e avaliar este trabalho.

RESUMO

A intensificação e a forma de exploração de pedreiras por ação de mineradora podem comprometer a qualidade ambiental, uma vez que os impactos ao meio ambiente são sensivelmente perceptíveis. Os metais pesados destacam-se de outros poluentes por terem complexo processo de despoluição. A concentração de um metal no solo é um importante indicativo de sua qualidade, no entanto, não reflete a disponibilidade desses elementos, assim, é necessário quantificar esses metais no solo. O objetivo deste estudo foi de determinar a concentração no solo do entorno da mineradora instalada no município de Muritiba – BA, dos metais pesados Ni, Cd, Cr e Pb. Para tanto, foram demarcados dez pontos com profundidades 0.0 a 0.1m e 0.2 a 0.3 m, distantes 50 m entre si no entorno da referida mineradora, onde foram retiradas de cada profundidade três amostras simples para compor uma amostra composta, totalizando noventa amostras simples e trinta amostras compostas do solo, em três etapas. As amostras obtidas foram encaminhadas para os laboratórios da Universidade Federal de Viçosa - MG (UFV). Os teores dos metais analisados foram obtidos através do extrator Mehlich 1 e posterior análise em espectrometria de absorção atômica. Em média, a concentração dos metais pesados nas profundidades avaliadas foi respectivamente: Na profundidade de 0.0 a 0.1 m [Cr (0,079 a 1,385 mg Kg⁻¹); [Ni (2,24 a 2,103 mg Kg⁻¹); [Cd (0,007 a 0,436 mg Kg⁻¹); [Pb (0,52 a 3,238 mg Kg⁻¹)] e na profundidade de 0.2 a 0.3 m [Cr (0,083 a 0,902 mg Kg⁻¹); [Ni (1,093 a 2,814 mg Kg⁻¹); [Cd (0.00 a 0.367 mg Kg⁻¹)] e [Pb (0,493 a 3.404 mg Kg⁻¹)]. Considerando as maiores médias obtidas é possível perceber que estes metais se encontram dentro de padrões limites de segurança, não oferecendo riscos de contaminação acentuados. Contudo, os elementos cádmio e níquel, por terem alta mobilidade no solo, podem comprometer os corpos d'água próximos da região. A partir das análises dos resultados obtidos e comparando com os resultados de outros autores, conclui-se que o solo analisado em parte do entorno da mineradora, não se encontra com elevados índices de concentração dos metais avaliados.

Palavras-Chave: Toxicidade, Solos, Pedreiras.

ABSTRACT

The intensification and form of quarrying by mining action can compromise environmental quality, since the environmental impacts are significantly noticeable. Heavy metals stand out from other pollutants to have complex process of remediation. The concentration of a metal in the soil is an important indicator of its quality, however, does not reflect the availability of these elements is thus necessary to quantify these metals in the soil. The aim of this study was to determine the concentration in the soil surrounding the mining installed in the municipality of Muritiba. - BA, heavy metals Ni, Cd, Cr and Pb Therefore, were marked ten points with depths 0.0 to 0.2 to 0.3 0.1me m, 50 m distant from each other in the vicinity of that mining, which were taken from three single samples depth to form a composite sample totaling ninety single samples and thirty composite soil samples, in three stages. The samples obtained were sent to the laboratories of the Federal University of Viçosa - MG (UFV). The levels of metals analyzed were obtained through the Mehlich 1 extractor and subsequent analysis by atomic absorption spectrometry. On average, the concentration of heavy metals in the depths was assessed respectively: In the depth of 0.0 to 0.1 m [Cr (0.079 to 1.385 mg kg⁻¹); [Ni (2.24 to 2.103 mg kg⁻¹); [Cd (0.007 to 0.436 mg kg⁻¹); [Pb (0.52 to 3.238 mg kg⁻¹)] and the depth of 0.2 m to 0.3 [Cr (0.083 to 0.902 mg kg⁻¹); [Ni (1.093 to 2.814 mg kg⁻¹); [Cd (0.00 to 0.367 mg kg⁻¹)] and [Pb (0.493 to 3404 mg kg⁻¹)]. Considering the major averages you can see that these metals are within safe limits standards, not offering steep contamination risks. However, cadmium and nickel elements, have high mobility in soil, can compromise the bodies of water near the area. From the analysis of the results and comparing with the results of other authors, it is concluded that the soil analyzed in part surrounding the mining company, does not meet high levels of concentration of the assessed metals.

Key- words: Toxicity, soils, Quarries.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Detalhe do processo de mineração para a extração de britas, próximo à lagoa. Muritiba – BA, 2015.	29
Figura 2 –	Abertura da trincheira para identificação e classificação do solo no entorno da mineradora situada no município de Muritiba-BA, 2016	30
Figura 3 –	Abertura da trincheira para identificação e classificação do solo no entorno da mineradora situada no município de Muritiba-BA, 2016	30
Figura 4 –	Detalhe do entorno da mineradora, onde foram realizadas as coletas das amostras. As margens da Avenida Paulo Souto. Muritiba-BA, 2015	33
Figura 5–	Detalhe da medição e da retirada de amostras no entorno da mineradora na profundidade de 0.0 a 0.1 m e 0,2 a 0,3m.	34
Figura 6 –	Detalhe da medição e da retirada de amostras no entorno da mineradora na profundidade de 0,2 a 0,3m.	34
Figura 7 –	Detalhe das amostras embaladas e identificadas em recipientes de polipropileno.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Metais pesados em alguns tipos de rochas	22
Tabela 2 – Teores de metais pesados em solos brasileiros	22
Tabela 3 – Valores orientadores para metais pesados em solos segundo Cetesp (2014) e Resolução Conama nº 420/2009 (BRASIL, 2009).	36
Tabela 4 – Concentração (Média ± EP) de metais pesados presentes em solos em faixa do entorno de mineradora situada no município de Muritiba – BA, em profundidade de 0.0 a 0.1 m	37
Tabela 5 – Concentração (Média ± EP) de metais pesados presentes no solo em faixa do entorno de mineradora situada no município de Muritiba – BA, em profundidade de 0.2 a 0.3m	39
Tabela 6 – Concentração (Média ± EP) de metais pesados presentes em solos em faixa do entorno de mineradora situada no município de Muritiba – BA, em profundidade de 0.0 a 0.1 m e 0.2 a 0.3m	40
Tabela 7 – Coordenadas geográficas dos pontos de coleta	48

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** – Composição granulométrica do solo (Cambissolo Háplico) coletado no entorno da área de mineração no município de Muritiba – BA, 2016 (dispersão com NaOH) 33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	CARACTERIZAÇÃO DE METAIS PESADOS	15
2.1.2	Chumbo	17
2.1.3	Cádmio	18
2.1.4	Crômo	19
2.1.5	Níquel	21
2.1.6	Teores de Cd, Cr, Ni e Pb em alguns tipos de rochas	23
2.1.7	Concentração média de metais pesados em solos brasileiros	23
2.2	PRINCIPAIS FORMAS DE AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS NO SOLO	23
2.3	PARTICIPAÇÃO DA MINERAÇÃO NO AUMENTO DAS CONCENTRAÇÕES DOS METAIS PESADOS NO SOLO	24
2.4	POLUIÇÃO DO SOLO	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	ÁREA DE ESTUDO	29
3.2	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	30
3.3	SOLO UTILIZADO	30
3.4	COLETA DAS AMOSTRAS	31
3.4.1	Amostragem	31
3.4.2	Extração de metais pesados	32
3.5	METODOLOGIA UTILIZADA	33
3.6	ANÁLISE FÍSICA DO SOLO	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1	Levantamento climatológico	36
4.2	Estudo e correlação dos dados	37
4.2.1	Análise estatística	37
5	CONCLUSÃO	41
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICE	47

1 INTRODUÇÃO

A intensificação e a forma de exploração de pedreiras por ação mineradora podem comprometer a qualidade ambiental, uma vez que os impactos ao meio são sensivelmente perceptíveis, podendo gerar danos à população residente e ao espaço onde está inserida (BARRETO, 2001). Considerando-se que geralmente, as atividades mineradoras são efetuadas de forma predatória, destrutiva e agressiva ao meio, deteriorando progressivamente a qualidade de vida da população local (BITAR, 1997).

A intensa atividade industrial, agrícola e a urbanização têm aumentado os riscos de poluição dos solos, lençóis freáticos e rios por metais pesados. Dentre as atividades industriais, merece atenção a de mineração, que fornece ao meio ambiente quantidades desses rejeitos suficientes para contaminar todo ecossistema (GOMES, 2005). As mineradoras diminuem acentuadamente a permanência desses metais nos minérios. A alteração e a desintegração dos minerais das rochas resultam na formação de minérios secundários e na liberação de íons. A água é o agente fundamental de intemperização, sendo as principais reações: hidratação, dissolução, redução, oxidação e hidrólise (FARIAS, 2002).

A distribuição de metais pesados nos solos, sob condições naturais, ocorre de forma generalizada. Entretanto, as atividades antrópicas, podem adicionar materiais que contêm esses elementos no solo, os quais podem atingir concentrações muito altas, que comprometem a qualidade dos ecossistemas (ZANCHETA, 2010).

Os metais pesados são elementos encontrados naturalmente no solo; dentre estes, alguns são classificados como essenciais para inúmeras funções vitais nos seres vivos, como o Cu, Ni, Cr, Fe, Mn e Zn. Porém, quando ocorrem em altas concentrações, podem provocar malefícios ao meio ambiente e toda cadeia alimentar (BARRETO, 2001). O aumento da concentração de metais no solo, via de regra, ocorre por fontes antropogênicas e são provenientes de: resíduos de indústrias, as de mineração, metalurgia, eletro-eletrônicas, de baterias, tintas e pigmentos, e indústria de plástico. Resíduos urbanos, como o lixo doméstico, lodo de esgoto, e águas residuárias. Além de pesticidas, fertilizantes e queima de combustíveis fósseis (GOMES, 2005). Estes contaminantes se concentram no ar, nas águas superficiais, no solo, nos sedimentos, ou no lençol freático; modificando suas características e das áreas circunvizinhas (MATA, 2001).

A contaminação do solo por metais advém, principalmente, da disposição de resíduos urbanos domiciliares e industriais, da deposição atmosférica proveniente de emissões de veículos automotivos e das indústrias e também das práticas agrícolas, pelo uso cada vez mais intensivo de fertilizantes, corretivos, pesticidas e resíduos urbanos e industriais nas lavouras (ALLOWAY, 1995). O potencial de dano destes elementos agrava-se quando os mesmos são absorvidos pelas plantas e quando sua quantidade excede a máxima capacidade de retenção do solo, tornando-se facilmente lixiviáveis, com conseqüente aporte em águas subterrâneas (Stigliani, 1988).

Há uma grande preocupação no que diz respeito à presença de metais pesados no ambiente. Esta preocupação vem tomando dimensões cada vez maiores pelos pesquisadores, pois a concentração desses metais tem aumentado consideravelmente por efeito das atividades antrópicas. Pesquisas têm possibilitado avaliar a concentração, comportamento e qual o destino desses metais no solo após sua introdução. Tais estudos apontaram que, uma vez presente no solo, à maioria desses elementos reagem com a matéria orgânica ou precipitados formando complexos (GONÇALVES, 2008).

Os metais pesados, tóxicos em determinadas concentrações, são contaminantes importantes. Estudos em ecossistemas têm indicado que áreas muitas próximas a complexos urbanos, a zonas de mineração ou a sistemas rodoviários principais, contêm concentrações anormalmente altas destes elementos (NASCENTES, 2006). Nas Pedreiras, a alteração e a desintegração dos minérios das rochas resultam na formação de minerais secundários e na libertação de íons que, a depender das propriedades físico-químicas do solo pode elevar a concentração dos metais na solução do solo (NASCENTES, 2006).

Estando presentes na solução do solo, os metais podem ser absorvidos e acumulados nos tecidos vegetais. Pesquisas indicam que os teores desses elementos nas raízes e partes aéreas das plantas crescem com o aumento da concentração na solução do solo (MEURRER, 2006).

A compreensão da problemática em relação aos solos contaminados, foi decisiva para a criação de políticas e legislações para nortear as empresas em relação aos níveis permitidos de contaminação para cada área a partir da década de 70. Isto não ocorria anteriormente, pois o mesmo era considerado um receptor ilimitado de resíduos domésticos e industriais (ZEITOUNI, 2003).

O presente trabalho teve como objetivo geral determinar a concentração dos metais pesados no perfil do solo situado no entorno (lado sul) da mineradora localizada no Município de Muritiba – BA. E como objetivos específicos avaliar as concentrações de cromo, cádmio, níquel e chumbo com os valores de referência estabelecidos pela legislação.

A hipótese que permeia o presente estudo é de que as atividades de mineração (pedreira) executadas no Município de Muritiba-BA podem contribuir para aumentar a concentração de metais pesados no entorno da pedreira acima dos valores limites, considerados como referência de qualidade para os elementos da pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DE METAIS PESADOS

O termo metal pesado apresenta controvérsia em seu conceito, pois está sempre relacionado a efeitos ambientais maléficos. Existem várias definições diferentes considerando a densidade, massa atômica, número atômico, e outras características físico-químicas dos elementos e seus compostos, ou simplesmente baseadas na associação destas características citadas (DOMINGUES, 2009). Duffus (2002) considera este conceito tomando como referência apenas a massa específica do elemento. Além disso, o autor cita outras referências aos valores mínimos de densidade que definem um metal como sendo pesado: $3,5 \text{ g cm}^{-3}$ (DUFFUS, 2002); $4,5 \text{ g cm}^{-3}$ (CONNEL, 1997); $5,0 \text{ g cm}^{-3}$ (BOTKIN, 1998) e $6,0 \text{ g cm}^{-3}$ (MAGNUS, 1994). Para efeito deste estudo, foi adotada a caracterização de metal pesado como sendo o elemento metálico da tabela periódica que possui densidade maior ou igual a $6,0 \text{ g cm}^{-3}$ (THORNTON, 1995).

Segundo Simão; Siqueira (2001), os metais pesados mais pesquisados são: elementos classificados como não essenciais para os vegetais, o chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo (Cr) e mercúrio (Hg); e os micronutrientes cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) e molibdênio (Mo). Além destes metais, também é citado o Co, considerado benéfico ao desenvolvimento vegetal.

Os metais pesados são encontrados espontaneamente no meio ambiente (fonte litogênica). Em virtude de sua presença nos materiais de origem dos solos, a determinação da concentração dos elementos na solução do solo, é imprescindível (GONÇALVES, 2008). A quantidade natural de metais pesados no solo varia com o tempo de intemperismo e com a constituição química do material originário. A composição básica total do solo tem sua utilidade limitada, porém é necessário conhecê-la para que se faça um diagnóstico do nível de contaminação e poluição (CAMARGO et al., 2001).

Os metais pesados intercorrem naturalmente: compõem menos de 1% das rochas da crosta terrestre. E podem ser provenientes de fontes geológicas como resíduos de rocha ou liberados pelo intemperismo (litogênicos), ou antropogênicos, quando adicionados ao solo pela atividade humana como a indústria de mineração e aplicação de agroquímicos e fertilizantes (ALLOWAY, 1997).

Alguns pesquisadores diferenciam contaminação de poluição. A contaminação ocorre quando um composto químico perigoso é introduzido ou está presente no ambiente, porém não está causando aparentemente qualquer dano, enquanto que poluição acontece em casos onde a introdução de substâncias poluentes origina efeitos danosos visíveis, como o desgaste do solo e do ambiente, porém, alguns tipos de poluição são de origem natural(ZEITOUNI, 2003). Com métodos mais desenvolvidos de análise e diagnose, pode-se tornar aparente que situações inicialmente descritas como contaminação podem ter sido na realidade poluição (ALLOWAY; AYRES, 1997; MATTIAZZO-PREZOTTO, 1992; BOTKIN e KELLER, 1998; TAN, 2000).O acúmulo de elementos essenciais às plantas e animais, em concentrações abaixo do limite de toxicidade, caracteriza a contaminação. Quando acumulados ao nível ou acima do nível de toxidez, caracterizam a poluição. (TAN, 2000).

Segundo Adriano (1986); Kabata-Pendias; (1992), as formas que os metais pesados podem ocorrer no solo são diversas, destacando: iônica ou formando complexos na solução do solo, na forma de íons trocáveis na matéria orgânica ou inorgânica de troca ativa, como cátions presos aos complexos de troca.

A distribuição desses elementos tem influência das características do solo: potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxidação e redução, textura, composição mineralógica(tipos de argilas e de óxidos de Al, Mn e Fe), peculiaridades do perfil, capacidade de troca catiônica, concentração e tipo de componentes orgânicos no solo e na solução, existência de outros metais pesados, temperatura do solo, nível de água e outros fatores. Estes fatores afetam a distribuição dos metais pesados na solução do solo controlam sua solubilidade, mobilidade no meio e disponibilidade às plantas.

Os metais pesados, em excessiva concentração, requerem maior precaução por não serem degradáveis, permanecendo por longos períodos no ambiente, principalmente nos sedimentos onde manifestam sua toxicidade (BAIRD, 2002). Isto determina que permaneçam em ciclos biogeoquímicos globais nos quais as águas naturais são seus principais meios de condução, podendo-se acumular na biota em níveis elevados (COTTA et al., 2006).

2.1.2 - CHUMBO

Segundo Smith et. al. (1995), o chumbo (Pb) é um metal que possui densidade igual a $11,35 \text{ g.cm}^{-3}$. É o menos móvel dos metais pesados, encontrado normalmente em todos os tipos de solos e sua concentração varia entre 1 a 200 mg kg^{-1} , sendo geralmente detectado nos solos menos que 20 mg kg^{-1} de chumbo extraído por DTPA-TEA (WALLACE; WALLACE, 1994). O Pb geralmente ocorre como íon Pb^{2+} (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992). Formam complexos estabilizados com ligantes inorgânicos (Cl^- , CO_3^{2-}) e orgânicos (ácidos húmicos e fúlvicos) presentes em solos e sistemas aquáticos. Na forma solúvel, o Pb reage com carbonatos (CO_3^{2-}), sulfetos (S^{2-}), sulfatos (SO_4^{2-}), e fosfatos (PO_4^{3-}) para formar compostos de baixa solubilidade (SMITH et al., 1995). Está associado a minerais de argila, óxidos de manganês e hidróxidos de ferro e alumínio. A calagem faz com que sua solubilidade diminua, precipitando o Pb na forma de hidróxido, fosfato, ou carbonato, originando complexos orgânicos. Quando há formação de complexos quelatos solúveis com a matéria orgânica, o metal se torna móvel (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992). O Pb, em solos com elevado teor de matéria orgânica e pH variando de 6 a 8, pode originar complexos praticamente insolúveis, com menos matéria orgânica na mesma faixa de pH, pode-se formar precipitados de óxidos, carbonatos ou fosfatos de chumbo. Com pH variando na faixa de 4 a 6, os complexos orgânicos de Pb adquirem maior solubilidade podendo lixiviar (SMITH et al., 1995).

Segundo Melo (1997), parte do chumbo que está contido nos alimentos que tenham incorporado ao chumbo; o óxido de chumbo transportado pelo ar acaba por se depositar no solo, na água, nas frutas, ou nos vegetais folhosos, podendo então, entrar na cadeia alimentar, já que o chumbo solúvel é adsorvido pelas plantas. A contaminação do meio ambiente por chumbo se dá através das indústrias química, automotiva, construção civil e mineração. Os gases industriais expelidos com chumbo são precipitados a poucos quilômetros do local de origem e contaminam ar, solo e água (POMBO, 1995).

2.1.3 CÁDMIO

O CádmiO (Cd) é encontrado em rochas magmáticas e sedimentares, tem densidade de $8,65 \text{ g cm}^{-3}$ (SOUZA et al., 1998). Uma vez mineralizado, passa para a solução do solo na forma de Cd^{2+} e outros íons complexadosse quelatos orgânicos (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992). São solúveis em água o cloreto, o nitrato e o sulfato de Cd, e o sulfeto praticamente insolúvel (SOUZA et al., 1998).

O Cd é encontrado impuro em minérios de zinco, chumbo e cobre. É usado como revestimento de superfícies metálicas, banho eletrolítico, produção de ligas, fusíveis, soldas, pigmentos de tintas, baterias, fungicidas e na indústria de plástico. A contaminação do solo se dá através de resíduos de metais fundidos com zn, restos de pneus, óleos combustíveis, fertilizantes fosfatados, baterias de níquel e cádmio, lodo de esgoto, resíduos industriais e lixo urbano (CASAGRANDE, 1997a; BERTON, 1992; MAGNUS, 1994). O Cd é cancerígeno para o ser humano, e apresenta efeitos tóxicos nos rins, pulmões e sistema reprodutor (SOUZA et al., 1998), além de se acumular no fígado dos mamíferos (ALLOWAY, 1997).

O cádmio é encontrado na natureza quase sempre junto com o zinco, em proporções que variam de 1:100 a 1:1000, na maioria dos minérios e solos. É um metal que pode ser dissolvido por soluções ácidas e pelo nitrato de amônio. Quando queimado ou aquecido, produz o óxido de cádmio, pó branco e amorfo ou na forma de cristais de cor vermelha ou marrom (CASAGRANDE, 1997).

O homem expõe-se ocupacionalmente na fabricação de ligas, varetas para soldagens, varetas de reatores, fabricação de tubos para TV, pigmentos, esmaltes e tinturas têxteis, fotografia, litografia e pirotecnia, estabilizador plástico, fabricação de semicondutores, células solares (MELO, 1997).

O cádmio existente na atmosfera é precipitado e depositado no solo agrícola na relação aproximada de 3 g/hectares/ano. Rejeitos não-ferrosos e artigos que contêm cádmio contribuem significativamente para a poluição ambiental. Outras formas de contaminação do solo são através dos resíduos da fabricação de cimento, da queima de combustíveis fósseis e lixo urbano (FONTES et al., 1996).

Na agricultura, uma fonte direta de contaminação pelo cádmio é a utilização de fertilizantes fosfatados. Sabe-se que a captação de cádmio pelas plantas é maior quanto menor o pH do solo. Nesse aspecto, as chuvas ácidas representam um fator determinante no aumento da concentração do metal nos produtos agrícolas

(ZEITOUNI, 2003). De acordo com Melo (1995), a água é outra fonte de contaminação e deve ser considerada não somente pelo seu consumo como água potável, mas também pelo seu uso na fabricação de bebidas e no preparo de alimentos. Sabe-se que a água potável possui baixos teores de cádmio, cerca de $1\mu\text{g/L}$, o que é representativo para cada localidade (MELO, 1995).

Para Pombo (1995), um uso importante do cádmio é como um dos eletrodos das baterias similares, e cada bateria contém cerca de 5 gramas de cádmio, sendo grande parte volatilizada e emitida para o ambiente quando as baterias gastas são incineradas como um composto de lixo. O cádmio é emitido para o ambiente mediante a incineração dos plásticos e outros materiais que o utilize como pigmento ou estabilizante e também ocorre a emissão para a atmosfera quando o aço laminado com o cádmio é reciclado (GASAGRANDE, 1997).

2.1.4 CRÔMO

O cromo (Cr) é um elemento que pertence à família dos metais de transição, duro, frágil, coloração cinza similar ao aço, inodoro, apresenta forma cúbica cristalina, altamente resistente ao processo corrosivo. O cromo metálico não ocorre livremente na natureza, apenas na forma de seus compostos. Sua obtenção se dá a partir da cromita (FeCr_2O_4) submetendo-a a pirólise em presença de alumínio ou silício (RIBEIRINHO, 2015).

Segundo Gonçalves (2008), o cromo possui propriedade de ser essencial e tóxico ao homem, conforme seja seu estado de oxidação: cromo (zero), cromo (III) e cromo (VI). As principais formas encontradas são: O Cr^{3+} é detectado naturalmente no meio ambiente, o Cr^{6+} e Cr^0 são largamente produzidos nas indústrias, particularmente na produção de ligas metálicas. O cromo metálico e seus compostos que formam ligas metálicas são detectados em muitos ambientes de trabalho que mantêm a produção industrial, dentre as quais galvanoplastia, soldagens, curtimentos de peles e o principal uso do cromo é na metalurgia para aumentar a resistência à corrosão (RIBEIRINHO, 2015).

O cromo é encontrado em todas as rochas da crosta terrestre, daí estar difundido no solo, na água e nos materiais biológicos (MELO et al., 2006). Nas rochas eruptivas ácidas (granito), a concentração de Cr é de 20 a 40 mg kg^{-1} ,

atingindo valores de 2000-3000 mg kg⁻¹ em rochas ultrabásicas (diurito, peridotito) e rochas derivadas de seu metamorfismo (serpentina), como se pode observar em Silva (2013). O conteúdo total e solúvel de Cr no solo reflete a natureza do material de origem e a participação antrópica (ZEITOUNI, 2003).

O Cr ocorre em estados de oxidação muito variáveis (de +2 a +6). Também forma complexos aniônicos e catiônicos (Cr(OH)²⁺, CrO₄²⁻, CrO₃³⁻). Normalmente, os compostos de Cr têm valência +3 e +6. Formas altamente oxidadas do metal são mais estáveis que Cr³⁺ (ZANCHETA, 2010). O comportamento do Cr no solo vem sendo amplamente estudado e os resultados têm mostrado que a forma predominante é o Cr³⁺, que se encontra participando da estrutura de um mineral ou na forma de óxidos de Fe³⁺ e Cr³⁺ (ZEITOUNI, 2003).

O óxido de cromo é tão estável, que o mesmo tem sido usado em metodologia para avaliação da digestibilidade de alimentos em animais, tendo em vista que passa intacto pelo trato digestivo, de tal forma que o efeito concentração nas fezes permite a estimativa do grau de digestibilidade do alimento com o qual o mesmo foi misturado na dieta (SILVA, 2013).

As atividades que mais contribuem para que haja contaminação por cromo são as indústrias e a mineração. A obtenção da cromita é a principal fonte de cromo e é a que provoca a contaminação do ambiente. Dentre as atividades industriais que mais se destacam no contexto contaminante ambiental são: indústria de cimento, corantes, construção, curtimento, pinturas e material fotográfico (DOMINGUES, 2009).

O sistema respiratório destaca-se como principal via de absorção de cromo e seus compostos. Sendo assim, os vapores, fumos e poeiras do Cr no estado de oxidação +6 e +3, são absorvidos com velocidade consideravelmente alta. A absorção cutânea ocorre com menos intensidade, pois depende das características físico-químicas do composto, do meio de contaminação e conservação da pele (GONÇALVES, 2008).

2.1.5 NÍQUEL

O níquel (Ni) ocorre naturalmente nos solos como desgaste da rocha-mãe. As maiores concentrações deste metal são encontradas em rochas ígneas com concentrações mais baixas em rochas sedimentares, incluindo xistos, argilas,

calcários e arenitos (McGRATH, 1995). A geologia do solo nas camadas subjacentes e os processos de formação do solo influenciam fortemente a concentração de Ni nos solos. Estes apresentam maiores concentrações de Ni em argilas e siltes comparativamente a areias e turfas (McGRATH, 1995).

A atividade antropogênica a partir da queima de petróleo e de carvão influencia a dispersão do Ni na atmosfera (McGRATH, 1995). As atividades industriais de fundição de metais, a atividade mineira e a utilização abusiva de fertilizantes fosfatados são, muitas vezes, responsáveis por casos de contaminação de solos por níquel (ATSDR, 2015).

O níquel é um elemento que se apresenta associado a carbonatos, fosfatos e silicatos, adquirindo estabilidade em solução e tem capacidade de migrar por longas distâncias (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992). Segundo Berton (1992), sua distribuição está associada à matéria orgânica e frações de argila, porém a matéria orgânica tem capacidade de absorver Ni e deixa-lo imóvel. A disponibilidade do metal é influenciada diretamente pelo potencial hidrogeniônico (pH) do solo, quanto maior o pH, menor a forma disponível do metal. O Ni é um ponderoso poluente produzido durante a preparação de metais e a queima de óleo e carvão. A utilização de lodo de esgoto e de fertilizantes fosfatados são outras fontes importantes de níquel para o solo. (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992; BERTON, 1992).

As principais vias de exposição ao níquel são as aéreas e a cutânea, ingestão de alimentos e água potável (ATSDR, 2015). O consumo em baixas quantidades é benéfico aos seres humanos e outros animais, entretanto sendo tóxico e cumulativo quando atinge determinado limite, tornando-se sério problema de saúde pública (SILVA, 2013). O contágio com níquel pode causar dermatite e má formação de fetos (exposição elevada). Outro risco de contaminação é através dos cigarros que possuem níquel suficiente para ameaçar a saúde humana (ATSDR, 2015).

Pertencente ao grupo 1 de agentes carcinogênicos (Agencia Internacional de Pesquisa em Câncer), ele é capaz de causar câncer nos pulmões e estudos revelam que as mulheres têm maior sensibilidade ao níquel que os homens, certamente devido a maior exposição delas as joias e acessórios que possuem níquel (ATSDR, 2015).

Nas indústrias de extração e mineração do níquel ocorrem degradação e degeneração no meio ambiente e em razão disso, há projetos que pretendem

recuperar a área degradada no entorno das minas de níquel com o reflorestamento (SILVA, 2013).

2.1.6 TEORES DE CÁDMIO, CRÔMO, NÍQUEL E CHUMBO EM ALGUNS TIPOS DE ROCHAS

Tabela 1. Metais pesados em alguns tipos de rochas.

Metal	Rochas Ígneas			Rochas Sedimentares	
	Ultrabásica	Básica	Granito	Arenito	Calcário
..... mg Kg ⁻¹					
Cádmio	0.12	0.1– 0.2	0.09–0.2	0.05	0.03 – 0.1
Crômo	2500	200	4	35	10 - 11
Níquel	2000	150	0,5	2 – 9	7 – 12
Chumbo	0.1 - 15	3 - 5	20 - 24	9	5 - 7

Fonte: Malavolta, 1994 (adaptada).

2.1.7 CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE METAIS PESADOS EM SOLOS BRASILEIROS

Tabela 2. Teores de metais pesados em solos brasileiros

Metal	Concentração (mg kg ⁻¹)
Cádmio	0.66 ± 0.19
Crômo	35 ± 8
Níquel	18 ± 12
Chumbo	22 ± 9

Fonte: Campos et al., 2003.

2.2 PRINCIPAIS FORMAS DE AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS METAIS PESADOS NO SOLO

Os meios naturais que fornecem metais pesados para águas superficiais e subterrâneas são o intemperismo das rochas e a lixiviação no perfil do solo, enquanto que a contribuição resultante das atividades humanas está relacionada principalmente com as atividades de mineração (carvão e jazidas minerais), indústrias e origem de efluentes domésticos. As fontes antropogênicas têm

contribuído com cerca de 11% (Mn) e 96% (Pb) das emissões, sendo responsáveis pela adição de 1,16 milhões de toneladas de chumbo por ano nos biossistemas terrestres e aquáticos (MELO et al. 2004).

A contaminação e a poluição são oriundas de atividades antrópicas ou de acumulações resultantes de processos biogeoquímicos ocorridos na natureza (SALT, 1999). As principais fontes de contaminação do solo por metais pesados são: indústrias de fertilizantes, lodo de esgoto, combustíveis fósseis, indústrias metalúrgicas, de eletroeletrônicos, mineração, química e descarte de resíduos (ALLOWAY, 1995; COSTA et al., 2006). Em 2007 foram registradas 2.272 áreas contaminadas no estado de São Paulo, devido à prática de descarte de resíduos no solo, realizadas de forma inadequada (CETESB, 2008).

Segundo Tsutiya (1997), outras fontes de metais pesados adicionadas ao solo são: precipitação atmosférica, cinzas, calcário, fertilizantes químicos e adubos orgânicos (estercos de animais, lixo domiciliar e biossólidos).

As cinzas provenientes da queima de carvão e o descarte de rejeitos industriais são as principais fontes de metais pesados para os solos, enquanto que os efluentes domésticos (especialmente para As, Cr, Cu, Mn e Ni), a queima de carvão para geração de energia (principalmente para As, Hg e Se), a fundição de metais não ferrosos (Cd, Ni, Pb e Se), a fabricação de ferro e aço (Cr, Mo, Sb e Zn), o descarte do lodo de esgoto (As, Mn e Pb) e a deposição atmosférica (Pb e V) são as principais fontes para os sistemas aquáticos (CASAGRANDE, 1997).

Alguns insumos agrícolas e subprodutos usados como fertilizantes e corretivos (fertilizantes, calcários, escórias, estercos, lodo de esgoto) podem contribuir para o aumento da concentração de metais pesados no solo e na água, mas sua participação é bem menor e o efeito poderá demorar décadas para se manifestar (FONTES et al., 1996).

Os metais pesados possuem como principais propriedades, alta reatividade química e bioacumulação, isto é, desencadeiam inúmeras reações químicas não metabolizadas pelos organismos vivos e conseqüentemente vão se acumulando por toda a extensão da cadeia alimentar (GONÇALVES, 2008).

Ao entrar em contato com o ser humano, os metais pesados, apresentam variados riscos à saúde, que tem efeitos nocivos imediatos, a médio ou em longo prazo, uma vez que a contaminação é sucessiva e cumulativa (SANTOS, 2014).

Uma vez presente no solo, no ar ou na água, seja por ocorrência natural ou por ação antrópica, o metal pesado pode adentrar a cadeia alimentar e, ao atingir concentrações elevadas nas plantas, animais e homens, causar problemas de toxicidade, diminuindo a produtividade no caso de plantas e animais e vindo a causar doenças nos humanos, que podem culminar com a morte. (MELO, 2004)

3.3 PARTICIPAÇÃO DA MINERAÇÃO NO AUMENTO DAS CONCENTRAÇÕES DOS METAIS NO SOLO

Para Mechi (2010), é indispensável à atividade de mineração na sociedade atual, haja vista sua grande importância em várias atividades do mundo atual como construção civil, saneamento básico, agricultura, medicina, dentre outros. A mineração mundial enfrenta desafios constantes quando se considera o conceito de desenvolvimento sustentável, uma vez que se sustenta na retirada de recursos não renováveis (MECHI; SANCHES 2010). Além disso, é considerada como uma das que mais trazem impactos ao meio ambiente, principalmente a paisagem (solo, relevo, vegetação e recursos hídricos), e também provoca mudanças na qualidade do solo, da água e do ar, ocasionando problemas de saúde aos funcionários da empresa extratora e das comunidades circunvizinhas as jazidas (MELO, 2004)

Segundo Farias (2002), a atividade mineradora apresenta como principais impactos ambientais: destruição da paisagem nativa, degradação de ecossistemas locais, poluição sonora, do ar e das águas superficiais e subterrâneas. Deve-se ainda ressaltar a necessidade de utilização de grandes áreas para a disposição dos rejeitos (filamentos e partículas de rochas). Dependendo do tipo de rocha a ser extraída, pode-se ainda utilizar grandes quantidades de água para sua separação.

A exploração de pedreiras é uma das atividades do setor mineral que mais provoca danos ambientais, notadamente quando executada sem planejamento, desrespeitando os limites da natureza (MECHI; SANCHES, 2010). Tais danos tornaram-se mais incidentes em decorrência do aumento populacional, e dos avanços tecnológicos, o que levou a grandes investimentos no setor, conduzindo-o ao status de atividade industrial, por consequência a ação humana sobre os recursos naturais ganhou maior intensidade (FARIAS, 2002).

A extração e beneficiamento de minérios utilizados na indústria de construção civil, a saber: areia, arenoso, granito, calcário, argila, ardósia, retirados

preferencialmente dentro dos limites das regiões metropolitanas ou nas suas proximidades, devido à boa incidência de transportes e, ao mesmo tempo, ao baixo custo do frete, traz sérios problemas de impacto ambiental, dentre outros, por detonações e processo de britagem resultando no lançamento de partículas na atmosfera, vibração, ruído, além de desmatamento, alteração da topografia original, gerando poluição visual, assoreamento de rios e exposição do lençol freático (BITTAR, 1997; MATTA, 2001; GOMES, 2005).

De acordo com Mechi; Sanches (2010), praticamente, toda atividade de mineração implica supressão de vegetação ou impedimento de sua regeneração. Em muitas situações, o solo superficial de maior fertilidade é também removido, e os solos remanescentes ficam expostos aos processos erosivos que podem resultar em assoreamento dos corpos d'água do entorno. A qualidade das águas dos rios e reservatórios da mesma bacia, a jusante do empreendimento, pode ser prejudicada em razão da turbidez provocada pelos sedimentos finos em suspensão, assim como pela poluição causada por substâncias lixiviadas e carreadas ou contidas nos efluentes das áreas de mineração, tais como óleos, graxa, metais pesados (MECHI; SANCHES 2010). Estes últimos podem também atingir as águas subterrâneas. Com frequência, a mineração provoca a poluição do ar por particulados suspensos pela atividade de lavra, beneficiamento e transporte, ou por gases emitidos da queima de combustível e outros impactos ao meio ambiente estão associados a ruídos, sobre pressão acústica e vibrações no solo associados à operação de equipamentos e explosões (MECHI; SANCHES, 2010).

Segundo IBAMA (2006), a mineração em áreas urbanas e periurbanas é um dos fatores responsáveis pela degradação do solo. Atualmente, junto às grandes metrópoles brasileiras, é comum a existência de enormes áreas degradadas, resultante das atividades de extração de argila, areia, saibro e brita. A proximidade de pedreiras de centros habitados é uma decorrência natural da forte influência do custo dos transportes no preço final do produto. Isso ocorre, principalmente, com os agregados, devido ao seu baixo valor unitário (BITTAR, 1997).

Para Mechi; Sanches (2010), a exploração mineral pode comprometer o equilíbrio ambiental, uma vez que a mesma é exercida numa região de Mata Atlântica, que figura como um dos biomas mais ameaçados do planeta, sendo que os processos de extração, beneficiamento e deslocamento do produto final podem trazer uma série de conflitos adversos, dentre os quais se destacam: degradação

visual da paisagem; ruídos e vibrações devido às explosões e atividades das máquinas; tráfego intenso de veículos pesados pela rodovia carregados de minério; poluição do ar por poeira e gases; erosão do solo; assoreamento dos recursos hídricos; contaminação do solo e da água; redução da fauna e da flora.

A avaliação das propriedades do solo parece ser a forma mais adequada de medir ou monitorar sua conservação ou qualquer processo de degradação (SANCHES, 2010). É muito comum, próximo às grandes cidades brasileiras, a existência de extensas áreas degradadas devido à intensa atividade de mineração e que ocorre a céu aberto, propiciando a contaminação atmosférica, do solo, do subsolo, do ecossistema e contribui no processo de erosão, já que essa atividade é feita sem um planejamento de lavra adequado. A intensidade do impacto ambiental produzido pelas mineradoras depende do volume, do tipo de mineração e dos rejeitos produzidos (BRASIL, 2002).

Periodicamente são adicionados nos ecossistemas terrestres e aquáticos, cerca de 1,16 milhões de toneladas de metais pesados no mundo todo (NRIAGU; PACYNA, 2004). No Brasil, os rejeitos provenientes das mineradoras têm contribuído como uma das principais fontes de contaminação do solo e da água por metais pesados. Nas áreas próximas as zonas de mineração, as elevações nas concentrações desses rejeitos estão associadas aos processos químicos e a mobilidade desses metais (COSTA, 2005). Os metais pesados constituem um dos principais poluentes que oferece risco eminente de intoxicação ao homem e consequências irreversíveis (SANTOS, 2014). Os metais pesados possuem alta toxicidade, ou seja, mesmo em baixa concentração têm grande capacidade para causar efeitos adversos sobre os organismos vivos, podendo causar a morte do indivíduo e o fator preponderante é o grau de exposição que o organismo é submetido (DOMINGUES, 2009). A exposição está associada tanto com a quantidade envolvida como com o tempo de exposição e os efeitos tóxicos dos metais pesados e dos compostos de metais são determinados pelo índice e o alcance com que os metais ou compostos se convertem em uma forma biodisponível (SILVA, 2013). Ao ingressar no ambiente, os íons livres do metal podem ligar-se com matéria orgânica, reduzindo à quantidade que está biodisponível (GOYER, 1996).

2.4 POLUIÇÃO DO SOLO

Solo é um sistema constituído de vários componentes (material orgânico, minerais, gasosos, líquidos e uma vasta quantidade de microrganismos) que catalisam várias reações. A matéria orgânica é composta por material vegetal em decomposição e substâncias húmicas sintetizadas pelos microrganismos (ZEUTOUNI, 2003). Os componentes dos minerais do solo compreendem fragmentos de rochas, argila, calcita, óxidos e hidróxidos metálicos de Fe, Al e Mn (SANCHES, 2010).

Os solos possuem propriedades peculiares e importantes, uma delas é agir como filtro natural para proteger o lençol freático e como um reator biológico decompondo muitos poluentes orgânicos. Contudo, a maior parte dos solos do mundo é poluída, pelo menos em alguma dimensão, por substâncias poluidoras depositadas da atmosfera, adubos, agrotóxicos, entre outros. (SANCHES, 2010). Os impactos causados pela poluição podem ter consequências em curto prazo, em razão da emissão de uma elevada quantidade de poluentes no ambiente. Os solos tendem a ser um depósito para a maior parte dos poluentes e a sua recuperação é lenta e gradual, ou resultante da acumulação de substâncias poluentes depositados durante anos ou até décadas (ASHMORE, 2000).

Segundo Carvalho (2009), grande parte dos solos derivados dos sedimentos da Formação Barreiras é caracterizada por um horizonte de acumulação resultante da eluviação da fração argila proveniente de horizontes superiores. Existe dessa maneira, uma migração que resulta não só na formação desse horizonte argílico como também na de um horizonte imediatamente superior, de eluviação, cor clara e textura mais leve pouco discernível (SANTOS, 2014). Nestes solos dos “Tabuleiros Costeiros” e dos “Tabuleiros Interioranos” localizados no Recôncavo, na faixa costeira do Extremo Sul e no Litoral Norte do Estado da Bahia predominam os tipos latossólicos e argissólicos e foram classificados pela EMBRAPA (2006).

Nos Tabuleiros Costeiros, sob condições locais que favorecem a retenção de umidade (ação da Formação Barreiras sobre o Cristalino quando presente em espessura de até 2m), percebe-se uma descontinuidade litológica com formação do horizonte A a partir do material da Formação Barreiras e do horizonte B a partir do cristalino. Devido a lixiviação das camadas superiores que vão enriquecer as de origem cristalina, torna-se difícil perceber claramente a presença desta

descontinuidade (RIBEIRO, 1998). Este fato toma uma importância muito grande na atenuação da migração de contaminantes orgânicos e inorgânicos para camadas inferiores até atingir o lençol freático (CARVALHO, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Muritiba possui cerca de 30.691 habitantes e está situado no recôncavo sul da Bahia, nos Tabuleiros Pré-Litorâneos. Está localizado na Zona Fisiográfica do recôncavo, ocupando um espaço de 110.562 Km², de acordo com a Resolução nº 05 de 10/10/2002 do IBGE, entre as coordenadas geográficas de 12° 37'35" de latitude Sul e 38°59'24" de longitude Oeste de Greenwich, a uma altitude de 208 m em relação ao nível do mar. Dista 114 Km de Salvador e 45 Km de Feira de Santana por via rodoviária, através da Conexão BA – 492/BR 101. O clima da cidade é do tipo sub-úmido a seco, apresenta temperatura média anual de 24,1 °C, oscilando entre a máxima de 29,2° C e a mínima de 20,4° C e a pluviosidade média anual entre 864 a 1546 mm, com um período chuvoso entre os meses de abril a junho. A vegetação varia entre floresta estacional e floresta ombrófila densa, com domínios de pastagens e culturas temporárias (IBGE, 2014).

A área de estudo situa-se no entorno de uma pedreira, situada na Avenida Paulo Souto, as margens da BR 101, Km 204, no entroncamento com o município de Muritiba – BA. Fundada em 2010, a mineradora encontra-se em uma área de aproximadamente 42 hectares da Fazenda Palmeiras onde é realizada a exploração dos minerais. Os produtos são derivados da extração e britamento de pedras e outros materiais para construção e beneficiamento associado (brita, cascalho, pó de pedra e pedregulho) (FIEB, 2014).

3.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia característica da área é do tipo Planalto Cristalino Rebaixado, com altitudes entre 100 e 208 m, apresentando relevo bastante uniforme, com vertentes convexo-côncavas e com topos abaulados (CAR – BA, 2000); o solo encontrado no município é do tipo cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2002). As principais ocorrências são a argila, pedra para construção, além da grafita. E estão correlacionadas com as regiões geomorfologicamente denominadas Tabuleiros Costeiros e geologicamente sobre o Terciário da Formação Barreiras (RIBEIRO, 1998).

3.3 SOLO UTILIZADO

Para realizar o estudo, foram utilizadas amostras de solo do tipo cambissolo Háplico, localizado no horizonte A encontrado no entorno da referida Pedreira (Avenida Paulo Souto). O solo foi coletado em áreas sob forte atividade antrópica. A figura 1 mostra parte da atividade desenvolvida pela pedreira na exploração de pedras, britas e pó de pedras destinada a construção civil.



Figura1. Detalhe do processo de mineração para a extração de britas, próximo à lagoa. Muritiba – BA, 2015.

Para identificar e classificar o solo estudado foi realizada a abertura da trincheira (figuras 2 e 3) no local de coleta das amostras com dimensões de 1m de profundidade e 1 m de diâmetro. A identificação do solo foi realizada pelo professor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) Drº Oldair Del Arco Vinhas Costa.



Figuras 2 e 3: Abertura da trincheira para identificação e classificação do solo no entorno da mineradora. Muritiba-Ba, 2016.

3.4 COLETA DAS AMOSTRAS

3.4.1 AMOSTRAGEM

Foram demarcados 10 pontos na lateral sul da referida Mineradora, distantes entre si aproximadamente 50 m. As coletas das amostras foram realizadas em três repetições: primeira coleta no dia 21 de agosto de 2015, segunda coleta, no dia 28 de setembro de 2015 e a terceira coleta no dia 10 de fevereiro de 2016. As aberturas no solo tiveram profundidades de 0,0 - 0,1m e 0,2 - 0,3m. Foram retiradas três amostras simples, para cada profundidade e obtenção de duas amostras compostas, em um total de 90 amostras simples e 30 amostras compostas em cada profundidade. Objetivou-se, assim, obter uma ideia preliminar sobre as concentrações de metais no solo, incluindo as variações decorrentes das alterações das características do solo em superfície (CETESB, 2001).

Após a coleta das amostras, o material foi acondicionado em recipientes de polipropileno lacrados com filme plástico e transportados para o laboratório. O material foi submetido à secagem a temperatura ambiente (25 a 30°C), quarteados, sendo duas partes separadas para as análises químicas, uma parte para a avaliação granulométrica e a outra estocada como contraprova.

Os procedimentos analíticos foram realizados nos laboratórios da Universidade Federal de Viçosa - MG (Laboratório de Química do Solo e Física do Solo) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa – Cruz das Almas Ba).

As amostras foram destorroadas, secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm de diâmetro de malha para análise química e trituradas em almofariz de porcelana, para determinação de metais pesados. Em seguida, as amostras foram caracterizadas física e quimicamente.

3.4.2EXTRAÇÃO DOS METAIS PESADOS

A determinação dos teores de metais pesados (**Cd, Cr, Ni, Pb**) no solo foi feita em triplicata, tomando-se cerca de 250 mg de terra fina seca ao ar (TFSA) de cada amostra, triturada em gral até pó fino e passada em peneira número 100 (145µm). Em seguida, procedeu-se a extração com abertura ácida para dissolução

com extrator Mehlich 1 (H_2SO_4 0,025 M e HCl 0,05 M). Os valores de concentração dos metais foram expressos em peso seco (105°C).

Foram colocados 10 cm^3 de terra fina seca ao ar (TFSA) num frasco de 50 mL e adicionou-se 25,0 mL de H_2O . Agitou-se a amostra com bastão de vidro por 1,0 min ou usar o agitador horizontal por 5,0 min a 200 rpm (rotações por minuto). Deixou-se a amostra em repouso por 30 a 60 min.

A dosagem foi realizada pipetando-se $\pm 10\text{ mL}$ do sobrenadante e realizou-se a leitura diretamente no extrato, utilizando um espectrofotômetro de absorção atômica.

3.5 METODOLOGIA UTILIZADA

Neste estudo foi utilizado a solução extratora de Mehlich 1, também chamada de solução duplo-ácida ou de Carolina do Norte, é constituída por uma mistura de HCl 0,05 M + H_2SO_4 0,0125 M. O emprego dessa solução como extratora de cromo, níquel, cádmio e chumbo baseia-se na solubilização desses elementos pelo efeito de pH, entre 2 e 3 (EMBRAPA, 2008).

3.6. ANÁLISE FÍSICA

As amostras de solo (quadro 1) foram caracterizadas quanto aos teores de areia, silte, argila, classe textural e densidade do solo e das partículas (método da pipeta).

Composição granulométrica	Amostra 1 0,0 – 0,1 m	Amostra 2 0,2 – 0,3 m
Areia muito grossa (g/Kg)	88	60
Areia grossa (g/Kg)	201	181
Areia média (g/Kg)	212	224
Areia fina (g/Kg)	136	152
Areia muito fina (g/Kg)	70	83
Areia total (g/Kg)	707	700
Silte (g/Kg)	170	178
Argila (g/Kg)	123	122
Classe textural	Franco arenoso	Franco arenoso
Densidade do solo (g/cm^3) ³	136	137
Densidade das partículas (Kg/dm^3)	2,52	2,62

Quadro1: Composição granulométrica do solo (Cambissolo Háplico) coletado no entorno da área de mineração no município de Muritiba – BA, 2016 (dispersão com NaOH).

A figura 4 mostra a área do local escolhida como pontos de coletas no entorno Sul externo da Mineradora, as margens da rodovia que liga o município de Muritiba-Ba a BR -101.



Figura 4. Detalhe do entorno da mineradora, onde foram realizadas as coletas das amostras. As margens da Avenida Paulo Souto. Muritiba-BA, 2015

Local de coleta das amostras no entorno da Mineradora (figura 5), em formato triangular e identificado com GPS.



Figura 5. Detalhe do ponto de coleta no entorno da mineradora: retirada de amostras 0,0 a 0,1m e 0,2 a 0,3m.

Após a abertura dos pontos de coletas procedeu-se com a medição da profundidade (0,2 a 0,3 m) do local de retirada da amostra do solo (Figura 6), para ser embalada e enviada ao laboratório.



Figura 6. Detalhe da medição e da retirada de amostras no entorno da mineradora na profundidade de 0,2 a 0,3m.

Após a coleta, as amostras foram embaladas, identificadas e lacradas para serem enviadas ao laboratório da Universidade federal de Viçosa – MG (Figura 7).



Figura 7. Detalhe das amostras embaladas e identificadas em recipientes de polipropileno.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 LEVANTAMENTO CLIMATOLÓGICO

O clima da cidade é do tipo sub-úmido a seco, apresenta temperatura média anual de 24,1 °C, oscilando entre a máxima de 29,2° C e a mínima de 20,4° C e a pluviosidade média anual entre 864 a 1546 mm, com um período chuvoso entre os meses de abril a junho.

A primeira coleta (21/08/2015) das amostras foi realizada sob uma temperatura mínima de 18 °C e máxima de 24 °C (28 °C) com precipitação de 70 mm, parcialmente nublado com 5% de chance de chuva.

A segunda coleta (28/09/2015) das amostras foi realizada sob uma temperatura mínima de 19 °C e máxima de 28 °C (23 °C) com precipitação de 98 mm, nublado com 80% de chance de chuva.

A terceira coleta (03/02/2016) das amostras foi realizada sob uma temperatura mínima de 19 °C e máxima de 28 °C (27 °C) com precipitação de 65 mm, nublado com 5% de chance de chuva.

Os valores das concentrações encontradas para os metais Crômio, Níquel, Cádmio e Chumbo foram comparados com os valores de referência de acordo com o CETESP (2014) e a Resolução CONAMA nº 420/2009 (tabela 3).

Tabela 3. Valores de referência para metais pesados em solos segundo Cetesp (2014) e Resolução Conama nº 420/2009 (BRASIL, 2009)

Metal	Referência de Qualidade*	Prevenção	Investigação/ Prevenção		
			Agrícola	Residencial	Industrial
mg Kg ⁻¹					
Cromo	40	75	150	300	400
Níquel	13	30	190	480	3800
Cádmio	<0,5	1,3	3,6	14	160
Chumbo	17	72	150	240	4400

4.2 ESTUDO E CORRELAÇÃO DOS DADOS

4.2.1 Análise Estatística

Os resultados analíticos foram avaliados por análise de correlação de Pearson e análise descritiva, considerando os parâmetros de posição, a média e de dispersão, erro padrão e desvio padrão e análise de regressão. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o programa estatístico BioEstat 5.3.

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida de associação bivariada (força) do grau de relacionamento entre duas variáveis”. Para Moore (2007), “A correlação mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas”. O coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre variáveis. Sua fórmula é a seguinte:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum (x_i - \bar{x})^2)(\sum (y_i - \bar{y})^2)}}$$

Se:

$r = 0.9$ para mais ou para menos indica uma correlação muito forte.

$r = 0.7$ a 0.9 positivo ou negativo indica uma correlação forte.

$r = 0.5$ a 0.7 positivo ou negativo indica uma correlação moderada.

$r = 0.3$ a 0.5 positivo ou negativo indica uma correlação fraca.

$r = 0$ a 0.3 positivo ou negativo indica uma correlação desprezível.

A análise foi realizada para verificar o grau de similaridade entre as concentrações dos metais pesados nos pontos amostrais na profundidade de 0.0 a 0.1 m (tabela 4)...

Tabela 4. Concentração (Média ± EP) de metais pesados presentes no solo em faixa do entorno sul da mineradora situada no município de Muritiba – BA, em profundidade de 0.0 a 0.1m.

Metais	Concentrações (mg Kg ⁻¹)		
	21/08/15	28/09/15	03/02/16
Crômio	0.14±0.061b*	0.78±0.122a	0.96±0.425a[RV1]
Níquel	1.75±0.127b	1.21±0.159b	2.45±0.210a
Cádmio	0.37±0.066a	0.04±0.033b	0.36±0.017a
Chumbo	1.90±1.380a	2.22±1.018a	2.21±0.129a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que em média a concentração do Crômio aumentou significativamente na segunda avaliação (variando em média de 0.14 mg Kg⁻¹ para 0.78 mg Kg⁻¹) e mantendo-se estável na terceira (em média 0.96 mg Kg⁻¹) que pode ser explicada pela fraca correlação ($r^2 = 0.03$, $Y = 0.29 + 0.0042x$, $p = 0.8891$) com a pluviosidade e baixa mobilidade no solo concordando com Biddappa et al., 1982; Khan e Frankland, 1983; Williams et al., 1985; Welch e Lund, 1989; Richards et al., 1998, que afirmam em seus estudos que o Cr possui baixa mobilidade. E, segundo Ribeiro (2013), Compostos de Cr como óxidos e fosfatos de Cr são praticamente insolúveis a valores de pH superiores a 4 e não têm tendência para serem lixiviados da matriz do solo para as águas subterrâneas. O crômio constitui uma pequena percentagem do total de Cr que pode ser encontrado nas águas subterrâneas, tanto contaminadas como “limpas”.

A redução significativa das concentrações de cádmio na segunda avaliação na porção mais superficial do solo pode ser explicada pela forte correlação apresentada com a pluviosidade ($r^2 = 0.94$; $Y=1.06 - 0.0104x$, $p = 0.1167$) e sua forte mobilidade nos solos, atestada pelos autores Kabata-Pendias; Pendias (1992), que relatam ainda, que as condições do solo podem influenciar fortemente nesta mobilidade. A adsorção do Cd no solo depende fortemente do valor de pH, sendo que a mobilidade deste metal diminui com o aumento da alcalinidade (Alloway, 1995b). A quantidade de matéria orgânica do solo também influencia a mobilidade do Cd no solo. Por ser um solo classificado como Franco arenoso, com baixa concentração de argilas, que poderiam adsorver e reter este cátion, as suas variações acentuadas podem ser também explicadas por esta condição. Além disso, O Cd tem uma fraca abundância na crosta terrestre com concentrações médias de

0,1 mg kg⁻¹; embora possa ser encontrado naturalmente em alguns minerais, em combinação com outros elementos (European Chemical Bureau [ECB], 2007).

O aumento acentuado na concentração média do níquel na terceira avaliação é explicado pela forte correlação inversa ($r^2 = 0.80$, $Y = 4.25 - 0.0316x$, $p = 0.2931$) com a pluviosidade. E ainda, a solubilidade do Ni no solo é influenciada pelo pH, pela presença de matéria orgânica e argilas e íons de manganês e ferro no solo, sendo que a mobilidade do níquel no solo aumenta com a diminuição do pH (ATSDR, 2005). Grande parte dos compostos de Ni são solúveis para valores de pH inferiores a 6,5. Comparativamente a outros metais pesados como o Cd e o Zn, o Ni apresenta maior mobilidade nos solos (ATSDR, 2005).

E o chumbo manteve-se com concentração média estável em todas as avaliações, por ser pouco móvel, acumula-se na superfície do solo e possui baixa solubilidade.

Concentrações médias dos metais pesados nos pontos amostrais na profundidade de 0.0 a 0.1 m em cada tratamento (tabela 5).

Tabela 5. Concentração (Média \pm EP) de metais pesados presentes no solo em faixa do entorno de mineradora situada no município de Muritiba – BA, em profundidade de 0.2 a 0.3m.

Metais	Concentrações (mg Kg ⁻¹)		
	21/08/15	28/09/15	03/02/16
Crômio	0.14 \pm 0.057b	0.7 \pm 0.058a	0.51 \pm 0.048[RV2]a
Níquel	1.84 \pm 0.263b	1.26 \pm 0.167b	2.6 \pm 0.214a
Cádmio	0.29 \pm 0.046a	0.001 \pm 0.001b	0.35 \pm 0.017a
Chumbo	0.91\pm0.417a	2.33\pm1.074a	2.17\pm0.145a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os resultados obtidos para análise de correlação entre as concentrações dos metais pesados no solo e pH (pH médio de 6.54), demonstraram que apenas o níquel apresentou correlação fraca com pH nas duas profundidades avaliadas ($r^2 = 0.13$), sendo para os demais metais, de baixa significância.

Ao correlacionar concentração dos metais pesados no solo com a pluviosidade local, observa-se que o níquel ($r^2 = 0.80$) e o cádmio ($r^2 = 0.96$)

apresentaram forte correlação nas duas profundidades avaliadas, sendo para o cromo e chumbo de baixa importância.

Os resultados obtidos das concentrações médias para a segunda profundidade avaliada para os metais pesados demonstram que somente a concentração do chumbo manteve-se estável, que pode ser explicada pela sua fraca correlação ($r^2 = 0,25$, $Y = 0.11 + 0.0216X$, $p = 0.5012$) com a pluviosidade.

Considerando as maiores médias obtidas é possível perceber que este metal encontra-se dentro de padrões limites de segurança, não oferecendo riscos de contaminação acentuados. Contudo, a sua mobilidade pode ser importante no comprometimento de corpos d'água próximos da região.

Tabela 6. Concentração (Média \pm EP) de metais pesados presentes em solos em faixa do entorno de mineradora situada no município de Muritiba – BA, em profundidade de 0.0 a 0.1 m e 0.2 a 0.3m.

Tratamento	Profundidade	Metal (mg Kg ⁻¹)			
		Crômio	Níquel	Cádmio	Chumbo
21/08/2015	0.0 – 0.1m e	0.14 \pm 0.061a	1.75 \pm 0.127a	0.37 \pm 0.066a	1.90 \pm 1.380a
	0.2 – 0.3m	0.14 \pm 0.057a	1.84 \pm 0.263a	0.29 \pm 0.046a	0.91 \pm 0.417a
28/09/2015	0.0 – 0.1m e	0.78 \pm 0.122a	1.21 \pm 0.159a	0.04 \pm 0.033a	2.22 \pm 1.018a
	0.2 – 0.3m	0.70 \pm 0.058a	1.26 \pm 0.167a	0.001 \pm 0.001b	2.33 \pm 1.074a
03/02/2016	0.0 – 0.1m e	0.96 \pm 0.425a	2.45 \pm 0.210a	0.36 \pm 0.017a	2.21 \pm 0.129a
	0.2 – 0.3m	0.51 \pm 0.048b	2.60 \pm 0.214a	0.35 \pm 0.017a	2.17 \pm 0.145a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os resultados obtidos na tabela 3 demonstram que, ao correlacionar as concentrações médias dos metais pesados com as profundidades avaliadas (tabela 4), o cromo e o cádmio apresentaram variações significativas e para os demais metais de baixa significância. A redução observada do Cr na porção mais profunda do solo no terceiro tratamento pode ser descrita pela forte correlação com a pluviosidade ($r = -0.895$) e por sua baixa mobilidade concentrando-se na superfície do solo, concordando com Biddappa et al., 1982; Khan e Frankland, 1983; Williams et al., 1985; Welch e Lund, 1989; Richards et al., 1998, que afirmam em seus

estudos que o Cr apresenta baixa mobilidade e atestam ainda, que o comportamento do Cr no solo é determinado pelo pH, pelos teores de fosfatos de Fe, Mn e Al. A adsorção do cromo no solo aumenta com o aumento do pH.

A concentração dos metais pesados encontrados no solo do entorno sul da mineradora nas profundidades avaliadas (0.0 a 0.1 m e 0.2 a 0.3 m) foi, respectivamente: Cr (0.624 mg Kg^{-1} e 0.438 mg Kg^{-1}), Ni (1.802 mg Kg^{-1} e 1.899 mg Kg^{-1}), Cd (0.255 mg Kg^{-1} e 0.214 mg Kg^{-1}) e Pb (2.117 mg Kg^{-1} e 1.787 mg Kg^{-1}), demonstra que, para os elementos cromo, níquel e chumbo as concentrações estão abaixo dos teores encontrados na rocha que predomina na mineradora; sedimentar arenito (BRASIL, 2005); atestado por Malavolta (1994) e também abaixo das concentrações proposta por Campos et al (2003), para solos brasileiros. Entretanto, para o metal cádmio, o teor obtido foi aproximadamente cinco vezes maior que o encontrado no tipo rocha existente na área de atuação da pedreira, porém abaixo dos valores propostos por Campos et al (2003).

5 CONCLUSÃO

Nas condições em que esta pesquisa foi realizada, os resultados obtidos permitem concluir que:

- Em alguns pontos amostrais há uma elevada concentração dos metais pesados chumbo e cádmio, influenciados por sua localização, no entorno da pedreira e próximo à rodovia;
- O comportamento irregular das concentrações médias dos metais pesados em alguns tratamentos foi influenciado provavelmente pelo intenso tráfego de veículos e máquinas próximos aos pontos amostrais.
- As concentrações médias dos metais pesados analisados no solo do entorno da pedreira, não caracterizam a ocorrência de contaminação destes por crômio, níquel, cádmio e chumbo, pois estão abaixo dos valores de referência propostos pela legislação.
- O solo analisado no entorno da Mineradora instalada no município de Muritiba – BA não se encontra contaminado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo é de grande relevância por ser pioneiro em determinar concentração de metais pesados próximo de área de mineração (pedreira) utilizando como extrator o Mehlich 1.

REFERÊNCIAS

- ACCIOLY, A.M.A.; SIQUEIRA, J.O. **Contaminação química e biorremediação do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.
- ADRIANO, D.C. **Trace elements in the terrestrial environment**. New York, Springer-Verlag, 1986. 147p.
- ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. Glasgow, Blackie & Son, 1995. p. 107-108.
- ALLOWAY, B.J. The origins of heavy metals in soils. In: **Heavy Metals in Soils**. New York: Blackie Academic & Professional, 1990. p. 29-39.
- AUBERT, H. & PINTA, M. **Trace elements in soils**. Amsterdam, Elsevier Scientific Publ., Co., 1977. 395p.
- ASHMORE, M. Plants and pollution. In: CRAWLEY, M.J. (Ed.) **Plant Ecology**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science Ltd., 2000. p.568-581.
- ATDSR. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Toxicological profile for cobalt**. Atlanta. 2005.
- ATSDR. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Metales pesados**. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfqs/es_ttfascts2.html>. Acesso em 10 jul 2015.
- BAIRD, C., 2002, **Química Ambiental**. 2ed. Porto Alegre. Bookman, 622p.
- BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil/ CETEM/MCT**, Rio de Janeiro (2001).
- BERGMANN, W. **Nutrition disorders of plants-development, visual and analytical diagnosis**. Stuttgart: Gustaf Fischer Verlag Jena, 1992. 741p.
- BERTON, R. S. Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O. A. (eds). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 1992. p. 260.
- BERTON, R.S. Fertilizantes e poluição. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20**. 1992, Piracicaba.
- BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. Tese de Doutorado em Engenharia Mineral. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997, p.184.
- BOTKIN, D.D.; KELLER, E.A. **Environmental science: Earth as a living planet**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons Inc., 1998.

BOWEN, H.J.M. **Environmental chemistry of the elements**. London: Academic Press, 1979.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Anuário Mineral Brasileiro 2005. Brasília: DNPM, 2005.

CAMARGO, O.A., ROVERS, H., VALADARES, J.M.A.S. **Adsorção de níquel em Latossolos paulistas**. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, **13**:125-129. 2006

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: Legis Summa, 2006. p. 89-124.

CARVALHO, S.R.L de. **Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de metais pesados em solos derivados de sedimentos da Formação Barreiras**. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências – Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2009.

CASAGRANDE, J.C. Influência da matéria orgânica e do pH sobre a disponibilidade de cádmio em solo ácido. In: **ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 2.**, 1997a . São Carlos.

CASAGRANDE, J.C. Influência da matéria orgânica e do pH sobre a disponibilidade de chumbo em solo ácido. In: **ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 2.**, 1997b. São Carlos.

CETESB – Companhia de tecnologia de saneamento ambiental – Relação de áreas contaminadas, <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solos/areascontaminadas/relacaoareas.a.sp> (17 de abril de 2016).

CONNELL, D.W. **Basic concepts of environmental chemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1997.

COSTA, C.N. **Biodisponibilidade de metais pesados em solos do RIO Grande do Sul**. 2005. 110f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O. O.; PIOVANI, M. R. **Avaliação do teor de metais em sedimentos do rio Betari no parque estadual turístico do Alto Ribeira - PETAR**, Sao Paulo, Brasil. *Química Nova*, 29(1):40-45, 2006.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E AÇÃO REGIONAL – CAR(BA). Recôncavo Sul: perfil regional; Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável – PDRS; Salvador, 2000. (Série cadernos CAR, 25)

CPRM-Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, IBGE, Goiânia, – Folha SE.22-X-B. Texto explicativo e mapa, escala 1:250.000. Brasília: CPRM, 2001.

DOMINGUES, Thabata Costa de Godoy. **Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação**. 2009. 75fls. Dissertação (Mestrado) em Agricultura Tropical e Subtropical, Área de Concentração em Gestão dos Recursos Agroambientais - Instituto Agronômico, Campinas, SP.

DUFFUS, J. H.—**Heavy MetalsII— A meaningless term**. Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 5, pp. 793–807, 2002.

DUMAT, C.; QUENEA, K.; BERMOND, A. et al. Study of the trace metal ion influence on the turnover of soil organic matter in **cultivated contaminated soils**. Environmental Pollution, Amsterdam, v.142, p.521-529, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306 p.

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. il.(EMBRAPA-CNPS. Documento, 1). SNCLS, 1979, 1v.

_____. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Avaliação da fertilidade dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1980. 11p. (Boletim Técnico, 14).

FARIAS, C. E. G. **A mineração e o meio ambiente no Brasil** –Relatório Preparado para Centro de Gestão e Estudos Estratégicos- CGEE - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, 2002, p.42.

FONTES, R.L.F.; SOUSA, C.R.F. **Toxidez de cádmio em plantas de soja crescidas em diferentes concentrações de enxofre**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus.

GACEK, F., FALEIROS, R.R.S., MELO, W.J. **Determinação do valor calórico dos alimentos- método químico**. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1976. 2p.

GOMES, R.C. **Caracterização Tecnológica e Sistemas de Disposição de Resíduos de Mineração. Aula 1**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Geotécnica – Departamento de Engenharia Civil – UFOP. Ouro Preto, 2005.

GONÇALVES, F. A. **Fertilidade e fitodisponibilidade de metais pesados em solo com resíduo de sucata automobilística**. 2008. 89fls. Dissertação (Mestrado) em Agricultura Tropical e Subtropical, Área de Concentração em Gestão dos Recursos Agroambientais - Instituto Agronômico, Campinas, SP.

GRAY, C.W., McLAREN, R.G., ROBERTS, A.H.C., CONDRON, L.M. **Sorption of cadmium from some New Zealand soils: effect of pH and contact time**. Aust. J. Soil Res.,36(2):199-216, 1998.

HEITZMANN JUNIOR, J.F. **Alterações na composição do solo nas proximidades de resíduos domésticos na bacia do Rio Piracicaba, São Paulo, Brasil**.

Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, 1999. p. 35052. (síntese de tese n. 9).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/defaulttab.shtm> [2014].

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Flórida: CRC Press, 1992. 365p.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants**. 4a ed., Boca Raton, CRC Press, 2000. 331p.

KER, J. C. **Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços em latossolos do Brasil**. Viçosa: UFV, 1995. 181p. (Thesis PhD).

LINDSAY, W.L. & NORVELL, W.A. **Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper**. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:421-428, 1978.

MAGNUS, F.B. **Toxic substances in the environment**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1994.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos**. São Paulo, Produquímica, 1994. p. 40-62.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2a ed., Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.

MARCHIORI JÚNIOR, M. **Impacto ambiental da citricultura nos teores de metais pesados em solos do Estado de São Paulo**. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 2002. 83p. (tese de doutorado).

MATA, P. M. **Reflexos da mineração na qualidade ambiental das cidades**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana, Universidade Federal da Bahia, 2001, p.17.

MATTIAZZO-PREZOTTO, M.E. **Comportamento de cobre, cádmio, crômio, níquel e zinco adicionados a solos de clima tropical em diferentes valores de pH**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1992. 197p. (tese de livre docência).

MECHI, A.; SANCHES, D. L. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo**. Estudos Avançados, São Paulo, 24, 2010, p.209-220.
McGRATH, S. P. **Chromium and nickel**. In: ALLOWAY, B. J. (Ed). **Heavy metals in soil**. 2. ed. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 152-178.

MELO, W.J. & MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A. (eds.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 1997. p. 109-142.

MELO, G.M.P. **Desempenho e parâmetros sanguíneos de bezerros submetidos a estresse, suplementados com crômio orgânico.** Jaboticabal, FCAV/UNESP, 2002. 207p. (tese de doutorado).

MELO, V.P. **Propriedades químicas e disponibilidade de metais pesados para a cultura de milho em dois latossolos que receberam adição de lodo de esgoto.**Jaboticabal, FCAV/UNESP, 2002b. 134p. (dissertação de mestrado).

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**, Porto Alegre: Evangraf, 2006, 285 p.

NASCENTES, R. **Estudo da mobilidade de metais pesados em um solo residual compactado.**2006. 175p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil. UFV, Viçosa – MG, 2003.

NRIAGU, J.O. & PACYNA, J.P. **Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals.** *Nature*, 333:34-139, 2004.

POMBO, L.C.A. **Absorção de metais pesados pelo azevém (*Lolium multiflorum*) em dois solos do Estado do Rio Grande do Sul.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.10, p.1217-1224, 1995.

RIBEIRINHO, Victor Sanches. **Metais pesados e matéria orgânica do solo oito anos após a última aplicação de lodo de esgoto.**2015. 121 fls. Campinas, SP. SALT, D.E. Progress towards a molecular understanding of metal hyperaccumulation in plants. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE BIOGEOCHEMISTRY OF TRACE ELEMENTS**, 5., 1999, Vienna - Austria: s.n., 1999. p.26-27.

SILVA, E.B. **Teores de elementos potencialmente tóxicos em solos de uma bacia hidrográfica e avaliação de risco à saúde humana.** 2013. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo (USP). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Piracicaba.

SIMÃO, J.B.P.; SIQUEIRA, J.O. **Solos contaminados por metais pesados: características, implicações e remediação.***Informe Agropecuário*, v.22, n. 210, p. 18 – 26, 2001.

SMITH, L.A.; MEANS, J.L.; CHEN, A.; ALLEMAN, B.; CHAPMAN, C.C.; TIXIER, J.S.; BRAUNING, S.E.; GAVASKAR, A.R.; ROYER, M.D. **Remedial options for metals-contaminated sites.**Boca Raton: CRC Press, 1995.

SOUZA, S.N.; SILVA, M.S.; LENZI, E.; LUCHESE, E.B. **Avaliação de parâmetros referentes ao cádmio como contaminante do lodo de esgoto aplicado num Latossolo Vermelho Escuro.** In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BÍOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba.

SIMONETE, M.A. & KIEHL, J.C. **Extração e fitodisponibilidade de metais em resposta à adição de lodo de esgoto no solo.***Scientia Agriocla*, 59(3):555,563, 2002.

TAN, K.H. **Environmental soil science**. 2.ed. New York: Marcel Dekker Inc., 2000. 452p.

THORNTON, I., RANSEY, M., ATKISON, N. **Metals in the global environment: facts and misconceptions**. Ontario, ICM, 1995

TSUTYIA, M.T. et al. (eds). **Lodo de esgoto na Agricultura**. Capítulo 11. São Paulo, SABESP, 1997. p. 365-404.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). **The method for evaluating solid waste**. Report Number SW-840, Washington, DC, 1986.

USEPA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). EPA/832-B- 93-005. **A guide to the biosolids risk assessments for the EPA Part 503 rule**. Fed. Reg. 1995.143 p.

ZANCHETA, A. C. F. **Seleção de plantas em solução nutritiva para fitoextração de cádmio, cobre e zinco**. 2010. 75 p. Dissertação (Mestrado) em Agricultura Tropical e Subtropical - Instituto Agronômico, Campinas, SP.

ZEITOUNI, C.F., 2003, **Eficiência de espécies vegetais como fioextratoras de cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico**. Dissertação de Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical / Gestão de Recursos Agroambientais. Instituto Agronômico de Campinas – IAC. Campinas, SP, Brasil, 91pp

WALLACE, G.A.; WALLACE, A. **Lead and other potentially toxic heavy metals in soil**. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.25, p.137-141, 1994

APÊNDICE

Tabela 7. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta no entorno da área da pedreira.

Pontos	COORDENADAS		ELEVAÇÃO
Ponto 01	12°37'32.6"S	39°00'29,4"W	138m
Ponto 02	12°36'43.8"S	39°00'44.0" W	118m
Ponto 03	12° 36' 21.8" S	39°00'51,3" W	120m
Ponto 04	12° 36' 20.8" S	39°00'51.7" W	118m
Ponto 05	12° 36' 19.7" S	39°00'52,1" W	122m
Ponto 06	12° 36' 18.5" S	39°00'52,5" W	128m
Ponto 07	12° 36' 17.2" S	39°00'52,8" W	130m
Ponto 08	12° 36' 15.9" S	39°00'53,0" W	131m
Ponto 09	12° 36' 14.7" S	39°00'53,2" W	134m
Ponto 10	12° 36' 11.2" S	39°00'52,0" W	138m