

VI-157 – AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE CHUMBO E CADMIO EM ALIMENTOS VEGETAIS E GRAMÍNEAS NO MUNICÍPIO DE SANTO AMARO-BA

Gustavo Alonso Muñoz Magna⁽¹⁾

Engenheiro ambiental pela Universidad de Playa Ancha – Chile. Mestrando em Engenharia Ambiental Urbana pela UFBA/Bolsista CAPES.

Sandro Lemos Machado

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Bahia – Brasil. Doutor em Geotecnia. Professor Associado III da UFBA

Roberto Bagatinni Portella

Engenheiro Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Brasil. Doutor em Engenharia Ambiental. Professor Adjunto I do ICADS da UFBA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Aristides Novis, 02 - Federação - Salvador - BA - CEP: 40210-630 - Brasil - Tel: +55 (71) 3283-9461 - Fax: +55 (71) 3283-9461 - e-mail: ingmag@gmail.com

RESUMO

Nas últimas três décadas o município de Santo Amaro, localizado no Recôncavo Baiano, a 72 km de Salvador-BA, tem sido atingido pela contaminação remanescente causada pelo passivo ambiental da Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC). São conhecidos os impactos ambientais e suas consequências à saúde humana pelas operações da antiga metalúrgica a qual produziu e depositou aleatoriamente em quintais, ruas e no entorno da fábrica a escória resultante do processo de beneficiamento do minério. Este trabalho tem como objetivo avaliar o atual conteúdo dos metais pesados Cd (mg/kg) e Pb (mg/kg) presente em alimentos vegetais e gramíneas desenvolvidos em solos contaminados na área urbana e no entorno da cidade de Santo Amaro-BA. Doze espécies vegetais entre frutas e ervas foram escolhidas para a determinação das concentrações de Cd (mg/kg) e Pb (mg/kg), mediante os critérios de presença, abundância e consumo potencial pela população. As análises envolveram a coleta de amostras de frutas e ervas de quintais localizados na Rua Rui Barbosa, além da coleta de amostras de gramíneas em pontos no entorno da cidade. As concentrações dos metais Cd e Pb foram determinadas mediante a técnica de espectrometria de absorção atômica por chama e avaliadas através de estatísticas descritivas. Além do anterior, avaliou-se a contribuição das concentrações no solo para as plantas através da determinação dos fatores de transferência solo-planta nas espécies que apresentaram conteúdos mensuráveis dos contaminantes. Os resultados obtidos permitiram detectar a presença de Pb em ervas tais como alumiã, aroeira, cidreira e boldo do Chile com teores médios de 20,6 mg/kg, 32,8 mg/kg, 19,9 mg/kg e 16,8 mg/kg respectivamente. Não foi detectada a presença de cádmio nos alimentos vegetais analisados (valores abaixo do limite de detecção). Todos os frutos também apresentaram um conteúdo de Pb abaixo do limite de detecção do método. As gramíneas estudadas apresentaram um conteúdo máximo de chumbo e cádmio de 820 mg/kg e 7,99 mg/kg respectivamente. Os resultados obtidos para os fatores de transferência solo-planta podem ser considerados com baixos quando comparados com valores de referência apresentados na literatura e com os elevados teores dos contaminantes encontrados nos solos da área de estudo. Os valores de concentração obtidos em ervas e gramíneas variaram conforme a espécie vegetal e não se mostraram fortemente influenciados pelos valores de concentração dos metais no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Fatores de Transferência Solo-Planta, Biodisponibilidade, Metais Pesados, Contaminação do Solo, Contaminação de Vegetais, COBRAC.

INTRODUÇÃO

Segundo Adriano (2006), os metais pesados são considerados uma das maiores fontes de poluição do solo. Elementos tais como cobre (Cu), níquel (Ni), cádmio (Cd), zinco (Zn), cromo (Cr) e chumbo (Pb) desempenham um papel importante na contaminação deste compartimento ambiental (EFFRON et al. 2004). Porém vale ressaltar que, embora possam ser tóxicos em doses elevadas, elementos tais como Cu, Zn e cobalto (Co) desempenham um importante papel ecológico, sendo essenciais para o crescimento e desenvolvimento de plantas, animais e seres humanos. Ao contrário, elementos tais como Cd, Pb e arsênio (As) não tem uma função

biológica conhecida e podem exercer efeitos deletérios sobre vários componentes da biosfera quando são concentrados a valores acima de seus níveis de referência (BALDRIAN, 2010; GALÁN & ROMERO, 2008; ADRIANO, 2006; KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001).

Em contraste com os contaminantes orgânicos, os metais pesados não são degradáveis e, apesar de apresentar alguma mobilidade no meio ambiente, a contaminação por metais é relativamente estável ao longo do tempo (BALDRIAN, 2010). Segundo Galán & Romero (2008) o solo acumula e concentra os metais pesados, devido a sua capacidade de retenção principalmente nas camadas superficiais e que correspondem à parte biologicamente mais ativa do solo. Desta forma os metais presentes nestas camadas podem estar facilmente acessíveis aos vegetais cultivados em áreas contaminadas e esta disponibilidade é uma função dos próprios valores de concentração de metais no solo, além de outros fatores. Esses elementos podem expressar seu potencial poluente quando são absorvidos pelas plantas, podendo assim ser transferidos através da cadeia alimentar.

Zeng et al. (2007) reportam que o chumbo é o metal pesado poluente mais abundante no solo. No caso do cádmio, Kabata Pendias & Pendias (2001) mencionam que este corresponde a um dos metais mais tóxicos existentes, exibindo efeitos nocivos na atividade biológica do solo, no metabolismo de plantas e também na saúde humana.

Conteúdos de Pb comumente encontrados em diferentes alimentos vegetais são expostos por Kabata Pendias & Pendias (2001) com valores que variam na faixa de 0,3-3,6 mg/kg. No caso do Cd o mesmo autor apresenta teores médios de 0,017 mg/kg para frutos cultivados em quintais. Da mesma forma a Organização Mundial da Saúde (OMS) através do comitê codex alimentar estabelece limites para Cd presentes em vegetais na faixa de 0,05 – 0,2 mg/kg. No caso do Pb os valores se estabelecem na faixa de 0,1 - 0,3 mg/kg.

Por outro lado, segundo Ginocchio & Narváez (2002), todas as espécies vegetais respondem ao incremento na concentração de metais pesados no solo, sejam estes nutrientes essenciais ou não e a absorção e posterior acumulação dependem em primeira instância do movimento dos metais desde a solução no solo até as raízes das plantas (MENDEZ et al, 2009). A concentração de metais pesados nas espécies vegetais é diferente, entre outros aspectos, em função da disponibilidade do elemento no solo (biodisponibilidade), da espécie vegetal e da parte do vegetal que é analisada (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001).

Em resumo, pode-se dizer que a relação metal-solo-plantas é multifatorial e dependerá não somente da sensibilidade intrínseca das espécies vegetais, senão também de diversos fatores externos, tais como a intensidade (concentração e duração) da exposição, o tipo de metal envolvido, a forma química deste (especiação) e as características físico-químicas do solo impactado (GINOCCHIO & NARVÁEZ, 2002; ADRIANO, 2006).

ABSORÇÃO DE METAIS PESADOS PELAS PLANTAS

A absorção de metais pesados pelas plantas cultivadas em solos contaminados tem sido estudada de forma considerável. Todos os resultados têm mostrado que níveis elevados de metais no solo podem conduzir a uma maior absorção pelas plantas. Porém, necessariamente não há uma forte relação entre as concentrações no solo e nas espécies vegetais, devido ao fato de que diversos outros fatores tais como solubilidade dos metais no solo, distribuição do metal nos diferentes tecidos da planta e características específicas da espécie vegetal, além de variáveis como pH, capacidade de troca catiônica, conteúdo de matéria orgânica, etc, interferem na transmissão da contaminação solo-vegetal (INTAWONGSE & DEAN, 2005). Chopin & Alloway (2007) também apontam nesta direção e mencionam que um elevado teor de contaminantes no solo nem sempre está relacionado com um alto conteúdo nos vegetais. Chary (2007) citando Cambier (1997) expõe que a acumulação no caso específico do Pb nas plantas acontece somente com altas concentrações do metal no solo.

Segundo Alloway (1995), os fatores que afetam a quantidade de metal absorvido por uma planta estão controlados por: (i) concentrações e especiação dos metais na solução do solo; (ii) movimentos dos metais, desde a massa do solo até a superfície das raízes; (iii) transporte dos metais, desde a superfície das raízes, até o interior destas e (iv) translocação desde as raízes até outras partes da planta.

Uma vez absorvidos, os metais tendem a acumular-se nas raízes, as quais são os primeiros órgãos vegetais afetado pela contaminação (ANSELMO et al., 2005). Isto acontece porque a rizosfera (área com tamanho de 1-2 mm, localizada entre as raízes das plantas e o solo) recebe grandes quantidades de matéria orgânica que abriga uma intensa atividade microbológica e bioquímica, permitindo a mobilidade de alguns dos metais para as raízes, os quais estão adsorvidos no solo, por processos de acidificação, mudança redox ou formação de complexos orgânicos. Além da absorção pelas raízes, as plantas podem absorver os contaminantes através das folhas. Este processo corresponde à principal rota de ingresso dos contaminantes dispersos na atmosfera, tais como o cádmio.

As diferenças na captação dos íons metálicos entre as espécies de plantas e culturas é geneticamente controlada e influenciada por vários fatores, entre os quais se destacam, a área superficial das raízes; a capacidade de troca catiônica das raízes; a exsudação das raízes e a taxa de evapotranspiração (ALLOWAY, 1995).

Fatores de Transferência solo-planta

Uma aproximação empírica que permite avaliar a transferência dos metais pesados desde o solo para as espécies vegetais corresponde ao cálculo dos Fatores de Transferência ($FT_{\text{solo-planta}}$). Os $FT_{\text{solo-planta}}$ relacionam a quantidade total ou parcial de um elemento presente na espécie vegetal analisada ou parte dela com seu respectivo conteúdo total no solo (ORIHUELA et al, 2008).

Os fatores de transferência solo-planta são calculados mediante o quociente da concentração total do metal presente na espécie vegetal ou parte dela e o conteúdo total do metal no solo. Segundo Orihuela et al (2008), a anterior definição assume que a relação entre ambas variáveis é linear e constante. Porém, diversos estudos expõem que esta relação não tem porque ser linear, podendo ser pontual no tempo e espaço. Esta variabilidade é explicada por uma diversidade de fatores tais como características físico-químicas do solo avaliado, a biodisponibilidade do metal no mesmo e o genótipo da espécie vegetal, entre outros.

Estes fatores são referidos ao conteúdo total do contaminante já que segundo Gupta et al., (1996) podem se distinguir três tipos de conteúdos ou frações dos metais no solo. Por tanto os fatores $FT_{\text{solo-planta}}$ estão referidos ao conteúdo que efetivamente é absorvido e translocado para a parte avaliada na espécie vegetal, representando uma medida da biodisponibilidade do contaminante no solo.

A respeito de sua interpretação Kachenko & Singh (2006) menciona que um $FT_{\text{solo-planta}}$ elevado expõe uma débil retenção dos contaminantes no solo e a capacidade de absorção dos metais pela espécie vegetal analisada (quanto maior o valor do $FT_{\text{solo-planta}}$, mais móvel / disponível é o metal.). Alloway (1995) apresenta valores de fatores de transferência para diferentes metais pesados desenvolvidos por Kloeke et al., (1994). Os valores para cádmio encontram-se na faixa de 1-10 e no caso do chumbo entre 0,01-0,1. Intawongse & Dean (2005), expõem fatores de transferência mais atualizados e típicos para os metais Pb e Cd menores ao reportados por Alloway (1995), os quais são 0,0-0,9 e 0,0-2,7 respectivamente.

Intawongse & Dean (2005) expõem resultados em condições de laboratório, indicando valores de $FT_{\text{solo-planta}}$ decrescentes para Mn>Zn>Cd>Cu>Pb. O anterior é confirmado por estudos prévios de Sauerbeck (1991).

Da mesma forma, antecedentes apresentados por Galán & Romero (2008) expõem $FT_{\text{solo-planta}}$ máximos para os contaminantes Cd, Ti, Zn, Se e Cu, médio para Ni e mínimos para Co, Cr, Pb, As e Sn. Os mesmos autores mencionam que quanto mais persiste um contaminante no solo, mais estável este se faz, diminuindo a concentração biodisponível e sua toxicidade.

Cabe destacar o exposto por Riffat et al., (2010) segundo qual valores de fatores de transferência para metais elevados podem indicar potenciais espécies fitoextratoras dos contaminantes desde o solo ao expor a condição de biodisponibilidade dos metais.

Caso do passivo ambiental da COBRAC

Nas últimas três décadas o município de Santo Amaro, localizado no Recôncavo Baiano, a 72 km de Salvador, continua sendo atingido pela contaminação causada pelo passivo ambiental da COBRAC, condição que segundo Machado et al. (2004), começou em 1956 quando a metalúrgica foi instalada na cidade e se intensificou nas décadas de 1960 e 1970. Na figura 1, se apresentam algumas das áreas da metalúrgica desativada.



Figura 1: Instalações da antiga metalúrgica desativada

O processo de beneficiamento do chumbo baseava-se na obtenção do óxido de chumbo (PbO) por meio de ustulação oxidante da galena ou do sulfeto de chumbo (PbS), seguida das operações de sinterização e redução do óxido de chumbo a Pb metálico. O processo tem como subproduto, escórias, que são originadas da adição de fluxantes durante a etapa de redução com o objetivo de remover as impurezas do banho metálico. Escórias típicas da metalurgia do chumbo contêm até 4% em peso de PbO e traços de cádmio (Cd), antimônio (Sb) e arsênio (As), entre outros metais pesados (RIBEIRO et al. (2003).

Por falta de conhecimento, gerenciamento inadequado dos resíduos e de uma regulamentação inadequada, durante o período de funcionamento da fábrica, a escória obtida do processo de beneficiamento do chumbo foi utilizada de diversas formas pelo próprio poder público e pela população, como por exemplo, na pavimentação das ruas da cidade, terrenos públicos e aterro de quintais. O volume de escória disposto sob a pavimentação das ruas e em quintais de casas e escolas foi estimada em aproximadamente 55.000 m³ (MACHADO, 2003). Na figura 2 pode se verificar a escória, comumente encontrada na área impactada.



Figura 2: (A) Escória aterrada na Rua Rui Barbosa. (B) Escória de chumbo espalhada na área da fábrica. (C) Escória de Chumbo

Resultados apresentados por Anjos (2003) e Machado (2003), dentre outros, demonstram que a escória é um resíduo perigoso, conforme norma brasileira 10.004 (NBR 10.004). Em 2003 a situação da contaminação do sítio urbano foi reportada pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2003), que identificou o município de Santo Amaro como uma das áreas prioritárias para a vigilância ambiental relacionada com solos contaminados no Brasil.

Antecedentes atualizados referidos ao solo são apresentados por Rabelo (2010), confirmando a persistência da contaminação por metais pesados em solos de quintais do município e nos arredores da fábrica. Das análises realizadas em 223 amostras de solo superficial da Rua Rui Barbosa, próxima à fábrica, aproximadamente 80% apresentaram valores acima do limite de intervenção para chumbo (300mg/kg) para áreas residenciais e 50% apresentaram concentrações acima do limite de intervenção industrial (900 mg/kg) estabelecido pela resolução CONAMA N°420/2009. A concentração média obtida para o chumbo foi de 1316,24 mg/kg e para cádmio o valor correspondeu a 7,4 mg/kg. Ainda de acordo com Rabelo (2010), quando os resultados de concentração

de metais são comparados aos obtidos em estudos anteriores percebe-se uma persistência marcante nos valores de concentração de chumbo, enquanto que para o cádmio estes valores parecem decrescer lentamente ao longo do tempo.

Por outro lado, resultados sobre a contaminação de hortas e flora comestível, principalmente hortaliças folhosas foram apresentados em 1991, revelando um quadro preocupante em Santo Amaro nesse período (CARVALHO, 2005).

Posteriormente Cunha & Araújo (2001) apresentaram antecedentes sobre concentrações dos metais pesados chumbo e cádmio nas espécies vegetais mamão, goiaba e manga apresentando valores mínimos e máximos nas faixas de 11,9-12,6 mg/kg para Pb e 1,84-1,91 mg/kg para Cd. FUNASA (2003) apresenta resultados obtidos por Tavares e Carvalho (1992), expondo teores de Pb e Cd encontrados em alimentos vegetais cultivados dentro do raio de 1 km da fábrica. Os resultados expõem concentrações de chumbo de até 215 mg/kg e para o cádmio de até 11,8 mg/kg. As maiores concentrações foram encontradas nos vegetais folhosos e, as menores, nas frutas banana e laranja. Segundo os autores evidenciou-se uma diminuição nos níveis dos dois metais com a distância da fábrica. No caso das gramíneas o estudo pericial realizado por Cunha & Araújo (2001) na área da COBRAC apresentou concentrações de 85,0 mg/kg e de 41,3 mg/kg, para chumbo e cádmio, respectivamente. Segundo o relatório da FUNASA (2003) as concentrações encontradas por Costa (2001) foram menores, com valores de 30,2 mg/kg para Pb e 1,23 mg/kg para Cd. As espécies de gramíneas analisadas contudo não foram identificadas.

O conhecimento das concentrações dos contaminantes de interesse presentes em alimentos vegetais cultivados em solos com altos níveis de contaminação e sua variação com o tempo é de grande importância pois permitem avaliar, ainda que de forma semi-quantitativa, a persistência da contaminação no solo e a transferência dos contaminantes desde o solo até as espécies vegetais, melhor caracterizando e hierarquizando as atuais rotas de contaminação e possibilitando uma melhor avaliação do risco potencial de contaminação ao qual está submetida a população Santamarense.

Este trabalho apresenta e analisa resultados de concentrações de Pb e Cd encontrados em alimentos vegetais e gramíneas cultivados em solos presentes em áreas abrangidas pelo passivo ambiental da COBRAC.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende três subáreas, a saber: (i) os quintais com presença de hortas e plantas com frutas comestíveis da Rua Rui Barbosa, identificados no Projeto Purifica (2002) como área prioritária de investigação para mitigação do problema de contaminação do solo; (ii) a área geográfica situada no entorno da fábrica e vinculada à dispersão das emissões atmosféricas da fábrica durante o período de funcionamento da metalúrgica e (iii) a localidade de Oliveira dos Campinhos, localizada a cerca de 20 Km do centro de Santo Amaro, que foi escolhida como área de referência não atingida pelo passivo ambiental. Na figura 3 se apresenta as subáreas (i) e (ii).

ALIMENTOS VEGETAIS E GRAMÍNEAS OBJETO DE ESTUDO

Os alimentos vegetais estudados foram determinados mediante os critérios de presença e abundância nos quintais, além do potencial consumo pela população. Para esta seleção foi necessário a elaboração e aplicação de questionários padronizados como ferramenta de pesquisa, abordando dados sócio-demográficos e um inquérito de presença de espécies vegetais em quintais. Os dados obtidos foram quantificados determinando as ocorrências de cada vegetal encontrado no total dos quintais estudados. Os alimentos vegetais originalmente selecionados corresponderam às espécies acerola (*Malpichia glabral*), aroeira (*Schinus molle*), banana (*Musa paradisica*), capim santo (*Cytopogon citratus*), cana (*Arundo donax* L.), cidreira (*Lippia alba*), goiaba (*Psidium cattleianum*), limão (*Citrus limonum*), mamão (*Carica papaya*), manga (*Mangifera indica*) e pimenta (*Capsicum frutescens*).

Porém, devido a variáveis tais como disponibilidade do morador para realização das coletas, estação do ano e existência dos vegetais no local, não foi possível a coleta de todas as espécies vegetais contempladas

originalmente, em quantidade suficiente para a realização dos ensaios. Desta forma, algumas das espécies contempladas inicialmente para serem analisadas foram trocadas por outras espécies abundantes e disponíveis no momento da coleta, tais como alúma (*Veronia bahiensis* tol), boldo do Chile (*Peumus boldus* molina) e laranja (*Citrus aurantium*). Além disso, no momento da análise e apresentação dos resultados optou-se por selecionar os frutos, ervas e gramíneas com mínimo de quatro ensaios realizados. As espécies vegetais excluídas da análise segundo este critério, foram o mamão e a pimenta. Desta maneira, as espécies vegetais utilizadas nas análises foram acerola, alúma, aroeira, banana, boldo do Chile, capim santo, cana, cidreira, goiaba, laranja, limão, manga. As gramíneas objeto de estudo foram selecionadas mediante os critérios de presença e abundância nos pontos vinculados as antigas emissões atmosféricas da fábrica, estas corresponderam ao capim de burro (*Capim elieusine indica*) e capim braquiária (*Capim brachiaria decumbens*).

Na localidade de Oliveira dos Campinhos foram selecionadas para análise as espécies vegetais banana, limão, aroeira, cana, cidreira, capim santo, alúma, boldo do Chile.

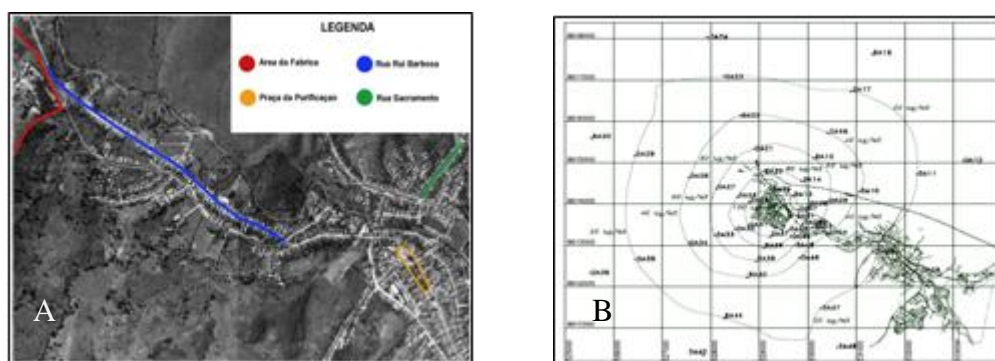


Figura 3: (A) Localização das Ruas Barbosa, Sacramento e parte da área da fábrica. (B) Área externa da fábrica vinculadas antigas emissões atmosféricas

DETERMINAÇÃO DO CONTEÚDO DE PB E CD EM VEGETAIS E SOLO

Para a determinação das concentrações dos metais pesados Cd e Pb foi necessário realizar procedimentos convencionais de acondicionamento e preparo de amostras. Posteriormente à quantificação dos contaminantes foi realizada com emprego da técnica de espectrometria de absorção atômica por chama (EAA-chama). Os ensaios foram realizados em amostras de polpa dos frutos, folhas e/ou caule segundo a espécie analisada, todas correspondendo às partes comestíveis dos vegetais.

No caso do solo, a técnica de análise empregada para a detecção dos teores de chumbo e cádmio no solo superficial para as amostras coletadas foi espectrofotometria de absorção atômica por chama, através de métodos de digestão total.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Determinaram-se as medidas estatísticas de dispersão de dados tais como média aritmética (média) e desvio padrão (SD) sempre quando fosse apropriado. Na maioria dos casos se optou pela utilização do indicador moda (moda) como medida de tendência central, devido a pouca variabilidade observada nos dados. Para a realização das análises os vegetais foram agrupados em frutos, ervas e capim. Definiu-se como quatro o valor mínimo de ensaios para a apresentação dos resultados e determinação dos dados estatísticos individuais das amostras.

DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE TRANSFERÊNCIA SOLO-PLANTA ($FT_{solo-planta}$)

Para a determinação dos $FT_{solo-planta}$ nas diferentes espécies vegetais analisadas, utilizou-se a seguinte expressão:

$$FT_{\text{solo-planta}} = C_{\text{planta}} / C_{\text{total-solo}}$$

equação (1)

Onde:

FT_{solo-planta} : Fator de Transferência solo-plantaC_{planta} : Concentração do metal na planta ou parte dela (mg/kg)C_{total-solo} : Concentração total do metal no solo (mg/kg)

Vale destacar que os conteúdos médios de solo utilizados para o cálculo dos $FT_{\text{solo-planta}}$ correspondem ao solo onde foram cultivadas as espécies vegetais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AValiação dos Conteúdos de Pb e Cd Presentes em Vegetais

Dos 65 ensaios para a determinação de Pb e Cd realizados em vegetais cultivados nos quintais da Rua Rui Barbosa, 38 (58,5%) foram feitos em frutos e o restante em ervas utilizadas pela população. Os resultados indicam que 100% dos frutos analisados apresentam um conteúdo abaixo do limite de detecção do método para chumbo e cádmio, resultado representado pela moda, indicador de tendência central com um valor de <4 mg/kg para Pb e <2 mg/kg para Cd. No caso das ervas, dos 27 ensaios realizados, 4 espécies apresentaram conteúdos mensuráveis de Pb pelo método de análise empregado, sendo que as restantes apresentaram teores abaixo do limite de detecção do método. As espécies que apresentaram conteúdo mensurável de chumbo correspondem às ervas aroeira, cidreira, boldo do Chile e alumã, com teores médios de 27,5 mg/kg; 19,9 mg/kg, 16,8 mg/kg e 20,6 mg/kg respectivamente. Para Cd presente em ervas, os teores encontram-se abaixo do limite de detecção do método (<2 mg/kg). Na Tabela 1 se apresenta um resumo dos resultados obtidos nos alimentos vegetais analisados.

Tabela 1. Conteúdo de chumbo e cádmio detectados em espécies vegetais cultivadas nos quintais da Rua Rui Barbosa

Espécies vegetais		Pb (mg/kg)							Cd (mg/kg)						
		Min	Max	Media	Moda	SD	n	n _m	Min	Max	Media	Moda	SD	n	
1	Banana	<4	<4	*	<4	*	8		<2	<2	*	<2	*	8	
2	Acerola	<4	<4	*	<4	*	4		<2	<2	*	<2	*	4	
3	Manga	<4	<10	*	<4	*	5		<2	<5	*	<2	*	5	
4	Goiaba	<4	<4	*	<4	*	4		<2	<2	*	<2	*	4	
5	Limão	<4	<4	*	<4	*	5		<2	<2	*	<2	*	5	
6	Aroeira	<10	44,8	27,5	<10	17,2	7	3	<5	<5	*	<5	*	7	
7	Cana	<4	<4	*	<4	*	6		<2	<2	*	<2	*	6	
8	Cidreira	<10	30,8	19,9	<10	10,3	5	3	<5	<5	*	<5	*	5	
9	Capim santo	<4	<10	*	<10	*	5		<2	<5	*	<2	*	5	
10	Alumã	<4	27,5	20,6	<10	7,1	6	2	<5	<5	*	<5	*	6	
11	Boldo do Chile	<10	19	16,8	<10	3,1	4	2	<5	<5	*	<5	*	4	
12	Laranja	<4	<4	*	<4	*	6		<2	<2	*	<2	*	6	
	Resumo	<4	44,8	21,2	<4	13,7	65		<2	<5	*	<2	*	65	

*Valores indeterminados por estarem abaixo do limite de detecção do método empregado. n: número de ensaios; SD: desvio padrão; n_m: número de amostras com resultados acima do limite de detecção utilizadas para o cálculo dos valores médios.

Cabe destacar que um conteúdo de Pb e Cd abaixo do limite de detecção do método, não significa a ausência dos contaminantes nos vegetais analisados. Conforme exposto por KABATA-PENDIAS & PIOTROWSKA (1998), o conteúdo de metais pesados nos vegetais decresce na seguinte ordem; raízes>caule>folhas>fruto>sementes, pelo que a análise das outras partes das plantas resulta interessante dependendo do objeto de estudo.

No presente trabalho concentrou-se apenas nas partes comestíveis dos vegetais, já que um dos objetivos principais do mesmo foi avaliar a dose de ingestão de metais pesados pela população em função do consumo de vegetais contaminados. Além disso, o Pb em algumas espécies de plantas tem a capacidade de acumular-se principalmente nas raízes, sendo mínima a presença em outras partes dos cultivos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2000).

Os resultados obtidos para as espécies de gramíneas da área de dispersão atmosférica são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Conteúdo de chumbo e cádmio encontrados em gramíneas da área de externa da fábrica

Espécies vegetais		Pb (mg/kg)							Cd (mg/kg)					
		Min	Max	Media	SD	Moda	n	n _m	Min	Max	Media	SD	Moda	n
1	Capim de burro	<10	820	253,3	332,3	<10	9	5	<5	7,9	*	*	<5	9
2	Capim braquiária	<10	18,5	15,2	3,9	<10	24	4	<5	<5	*	*	<5	24
Resumo		<10	820	134,4	168,1	<10	33	9	<5	<5	*	*	<5	33

*Valores indeterminados por estarem abaixo do limite de detecção do método empregado. n: número de ensaios; SD: desvio padrão; n_m: numero de amostras com resultados acima do limite de detecção utilizadas para o cálculo dos valores médios.

Os resultados observados indicam que as espécies capim de burro e capim braquiaria apresentaram conteúdos mensuráveis de Pb e Cd. No caso da primeira espécie o teor médio de chumbo foi de 253,3 mg/kg com um desvio padrão de 332,3 mg/kg e um conteúdo máximo de 820 mg/kg. Dos nove ensaios realizados nesta espécie, quatro apresentaram um conteúdo abaixo do limite de detecção para chumbo. No caso do cádmio observou-se somente um ensaio com conteúdo mensurável do metal com um valor de 7,9 mg/kg. Por outro lado, a espécie capim braquiaria apresentou um teor máximo de 18,5 mg/kg para chumbo e valores de concentração para o cádmio abaixo do limite de detecção do método (5 mg/kg).

Em comparação com os resultados expostos por Costa (2001) para gramíneas, pode se observar que em ambas as campanhas (2001 e 2009) se apresentam conteúdos mensuráveis de Pb e Cd em gramíneas. Estes resultados confirmam a tendência na absorção de Pb e Cd neste tipo de espécie vegetal. Os resultados dos conteúdos médios dos contaminantes de ambos os estudos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Conteúdo médio de chumbo e cádmio encontrados em gramíneas reportados por Costa (2001) e campanha (2009)

	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Costa (2001)	26,4	1,07
Campanha GEOAMB (2009)	134,4	<5

Na Tabela 3 se pode observar um aumento no teor de chumbo na ultima campanha em relação com a anterior, condição que pode ser explicada por fatores tais como proximidade da fábrica, espécie de gramínea analisada e estágio de desenvolvimento do vegetal, entre outros. Para Cd os valores se apresentaram similares com um conteúdo atual, abaixo de limite de detecção do método (<5 mg/kg).

Na Tabela 4 apresentam-se os conteúdos de alguns alimentos vegetais estudados que são cultivados na localidade de Oliveira dos Campinhos, área rural distante aproximadamente 20 km do centro da cidade de Santo Amaro. O objetivo da mensuração foi comparar as concentrações de metais em alimentos vegetais cultivados em solos de quintais com altos níveis de chumbo e cádmio e quintais com solo presumivelmente sem contaminação.

Tabela 4: Conteúdo de chumbo e cádmio encontrados em espécies vegetais cultivadas nos quintais de Oliveira dos Campinhos

Espécies vegetais		Pb (mg/kg)					Cd (mg/kg)				
		Min	Max	Mediana	Moda	n	Min	Max	Media	Moda	N
1	Banana	<4	<4	*	<4	2	<2	<2	*	<2	2
2	Limão	<4	<4	*	<4	2	<2	<2	*	<2	2
3	Aroeira	<10	<10	*	<10	3	<5	<5	*	<5	3
4	Cana	<4	<4	*	<4	2	<5	<5	*	<5	2
5	Cidreira	<10	<10	*	<10	2	<5	<5	*	<5	2
6	Capim santo	<10	<10	*	<10	2	<5	<5	*	<5	2
7	Alumã	<10	<10	*	<10	2	<5	<5	*	<5	2
8	Boldo do Chile	<10	<10	*	<10	2	<5	<5	*	<5	2
Resumo		<4	<10	*	<10	17	<2	<5	*	<5	17

*Valores indeterminados por estarem abaixo do limite de detecção do método empregado. n: número de ensaios

Todos os resultados apresentados na Tabela 4, como esperado, expõem conteúdos abaixo do limite de detecção do método tanto para o Pb como para o Cd.

Na Tabela 5 apresenta-se um comparativo entre os teores de Pb obtidos em alimentos vegetais cultivados em quintais da rua Rui Barbosa e na localidade de Oliveira dos campinhos.

Tabela 5: Comparação do conteúdo de chumbo encontrados em espécies vegetais cultivadas em quintais da Rua Rui Barbosa e Oliveira dos campinhos

Espécies vegetais		Quintais da Rua Rui Barbosa Pb (mg/kg)					Quintais de Oliveira dos campinhos Pb (mg/kg)				
		Min	Max	Media	Moda	n	Min	Max	Media	Moda	n
1	Banana	<4	<4	*	<4	8	<4	<4	*	<4	2
2	Limão	<4	<4	*	<4	5	<4	<4	*	<4	2
3	Aroeira	<10	44,8	27,5	<10	5	<10	<10	*	<10	3
4	Cana	<4	<4	*	<4	6	<4	<4	*	<4	2
5	Cidreira	<10	30,8	19,9	<10	5	<10	<10	*	<10	2
6	Capim santo	<10	<10	*	<10	6	<10	<10	*	<10	2
7	Alumã	<10	15,6	*	<10	7	<10	<10	*	<10	2
8	Boldo do Chile	<10	19	16,8	<10	4	<10	<10	*	<10	2
Resumo		<4	<10	23,2	<10	46	<4	<10	*	<4	17

*Valores indeterminados por estarem abaixo do limite de detecção do método empregado. n: numero de ensaios.

Conforme se pode observar, as concentrações de metais em banana, limão, cana e capim santo estão sempre abaixo do limite de detecção do método em ambos os casos. Porém, nas espécies aroeira, cidreira, alumã e boldo do Chile pode se observar diferenças nos teores de Pb mensurados. Como esperado, as amostras coletadas na comunidade de Oliveira dos Campinhos, ao contrário do que aconteceu nos quintais da Rua Rui Barbosa, apresentaram valores de concentração sempre abaixo do limite de detecção do método.

Na tabela 6 apresenta-se um comparativo entre os teores de Cd obtidos em alimentos vegetais cultivados em quintais da Rua Rui Barbosa e na localidade de Oliveira dos Campinhos. Para o Cd os valores de concentração obtidos estão sempre abaixo do limite de detecção do método em ambos os casos.

Tabela 6: Comparação do conteúdo de cádmio encontrados em espécies vegetais cultivadas em quintais da Rua Rui Barbosa e Oliveira dos campinhos

Espécies vegetais		Quintais da rua Rui Barbosa Cd (mg/kg)					Quintais de Oliveira dos Campinhos Cd (mg/kg)				
		Min	Max	Mediana	Moda	n	Min	Max	Media	Moda	N
1	Banana	<2	<2	*	<2	8	<2	<2	*	<2	2
2	Limão	<2	<2	*	<2	5	<2	<2	*	<2	2
3	Aroeira	<5	<5	*	<5	5	<5	<5	*	<5	3
4	Cana	<2	<2	*	<2	6	<2	<2	*	<2	2
5	Cidreira	<5	<5	*	<5	5	<5	<5	*	<5	2
6	Capim santo	<2	<5	*	<2	6	<5	<5	*	<5	2
7	Alumã	<5	<5	*	<5	7	<5	<5	*	<5	2
8	Boldo do Chile	<5	<5	*	<5	4	<5	<5	*	<5	2
Resumo		<2	<5	*	<2 - <5	46	<2	<5	*	<5	17

*Valores indeterminados por estarem abaixo do limite de detecção do método empregado. n: numero de ensaios.

FATORES DE TRANSFERÊNCIA SOLO-PLANTA

Os fatores de transferência solo-planta determinados encontram se na faixa de 0,004 - 0,015 e <0,34 - >2,2 para os contaminantes Pb e Cd respectivamente. Os valores calculados se correspondem aos valores expostos por Alloway (1995) e Intawongse & Dean (2005).

Na Tabela 07 se apresenta os valores dos Fatores de Transferência solo-planta par Pb e Cd em vegetais (aroeira, alumã, boldo do Chile e cidreira) cultivados em quintais da Rua Rui Barbosa.

Tabela 7: Fatores de transferência solo-planta para Pb e Cd de espécies vegetais cultivadas em quintais com horta da Rua Rui Barbosa

Espécies vegetais		Pb				Cd			
		C _{solo}	C _{vegetal}	n	FT _{solo-planta}	C _{solo}	C _{vegetal}	n	FT _{solo-planta}
1	Aroeira	1789,3	27,5	3	0,015	<5	7,9	3	>1,58
2	Alumã	4925,0	20,6	2	0,004	14,3	<5	2	<0,34
3	Boldo do Chile	2683,0	16,8	2	0,006	<5	11	2	>2,2
4	Cidreira	1619,6	19,9	3	0,012	11,3	<5	3	<0,44

C_{solo}: concentração media do metal no solo (mg/kg); C_{vegetal}: concentração media do metal na planta (mg/kg); n: numero de amostras; <5: Limite de detecção do método, valor considerado como 5 para o calculo dos fatores de transferência

Pode-se observar que os valores dos FT solo-planta para Pb nas ervas aroeira e cidreira são similares, entre tanto a espécie boldo do Chile e alumã apresentaram valores relativamente baixo em comparação às outras ervas analisadas mesmo em quintais com elevadas concentrações de Pb no solo.

No entanto, o comportamento observado para o Cd com relação aos fatores de transferência solo-planta foi inverso, um baixo teor de cádmio no solo (abaixo do limite de detecção do método) apresentou conteúdos mensuráveis em duas das ervas avaliadas. O anterior pode indicar que a fração disponível (biodisponível) de cádmio no solo pode corresponder a uma grande parte do conteúdo total de cádmio neste meio e/ou que estas espécies vegetais apresentam uma afinidade na absorção e acumulação deste contaminante na parte aérea, a este respeito Alloway (1995) menciona que o genótipo da planta é um dos fatores que tem maior influência na absorção de cádmio o que explicaria o fato da variabilidade entre as espécies. Além disso, o Cd apresenta uma maior mobilidade no solo quando comparado com outros metais pesados. Os resultados permitem determinar que teores elevados dos contaminantes de interesse no solo, são transferidos e absorvidos em quantidades variáveis e de maneira específica pelas diferentes espécies vegetais.

No caso das gramíneas desenvolvidas na área externa da fábrica, os valores dos fatores de transferência solo-planta para Pb se apresentam na faixa de 0,0194-0,1340 correspondendo aos apresentados por Intawongse & Dean (2005). Os valores para Cd são supostamente menores aos expostos na literatura (1-10) indicando que um alto conteúdo de cádmio no solo não se relaciona proporcionalmente com o conteúdo presente nas gramíneas avaliadas. Os resultados são expostos na Tabela 8

Tabela 8: Fatores de transferência solo-planta para Pb e Cd encontrados em gramíneas da área externa da fábrica

Espécies vegetais		Pb				Cd			
		C _{solo}	C _{vegetal}	n	FT _{solo-planta}	C _{solo}	C _{vegetal}	n	FT _{solo-planta}
1	Capim de burro	1889,5	253,3	5	0,1340	14,2	<5	5	<0,35
2	Capim braquiária	782,5	15,2	4	0,0194	11,7	<5	4	<0,43

C_{solo}: concentração média do metal no solo (mg/kg); C_{vegetal}: concentração média do metal na planta (mg/kg); n: número de amostras; <5: Limite de detecção do método, valor igual a 5 para o cálculo dos fatores de transferência solo-planta

As concentrações de Pb no solo onde são cultivadas as espécies avaliadas podem ser consideradas como elevadas utilizando como referência a Resolução CONAMA 420/2009, condição importante que segundo Chary (2007) citando Cambier (1997) permite o acúmulo do contaminante nas espécies vegetais. Vale ressaltar que mesmo existindo conteúdo (alto ou baixo) do contaminante no solo, somente uma fração do total está disponível para as plantas, condição que é exposta pelos baixos valores dos $FT_{solo-planta}$ para Pb. Mesmo os valores sendo considerados baixos, cabe destacar a parte do vegetal analisada (parte comestível e folhas), podendo existir uma importante variação nos valores dos $FT_{solo-planta}$ ao considerar outras partes das plantas tais como caule e raízes.

Na Figura 4 se expõe o diagrama de dispersão entre os conteúdos de chumbo para total das espécies vegetais avaliadas (concentrações expressadas em logaritmo natural) e o conteúdo de chumbo no solo. Expõem-se os valores do total de espécies que apresentaram conteúdos do contaminante de interesse acima do limite de detecção. Não foi possível apresentar o diagrama de dispersão para o cádmio devido a que aos valores se apresentaram abaixo o limite de detecção do método.

Pode-se observar uma associação entre as duas variáveis de estudo apresentando uma variação conjunta dos valores no gráfico. Ao aumentar o conteúdo do contaminante no solo, aumenta quantidade de Pb presente nas espécies vegetais. Apesar da existência desta associação entre ambas as variáveis, esta não pode ser considerada como forte, a razão pode ser explicada em função das diferenças entre as espécies vegetais avaliadas que gera o aumento da dispersão e prejudica a análise da relação. Desta forma, a presença de conteúdos de Pb nas espécies vegetais parece não depender única e exclusivamente do conteúdo presente no solo, indicando a multiplicidade de fatores envolvidos na relação estudada.

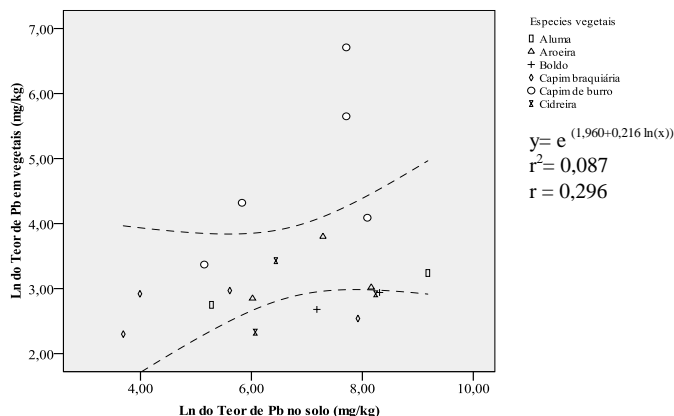


Figura 4: Conteúdo de Pb no total das espécies avaliadas frente ao conteúdo total de Pb no solo

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou e analisou resultados de concentração de Pb e Cd em amostras de vegetais coletadas em áreas com elevada concentração de chumbo no solo. No caso dos alimentos vegetais cultivados em solos da Rua Rui Barbosa, com altos níveis de contaminação por Pb e Cd, espécies tais como banana, manga e mamão correspondem às mais abundantes e representam uma fonte importante de alimentação da população. Porém, os resultados das análises realizadas nestas espécies resultaram sempre em teores abaixo do limite de detecção do método para os contaminantes de interesse.

É importante destacar, contudo, que um conteúdo de Pb e Cd abaixo do limite de detecção do método, não significa a ausência dos contaminantes nos vegetais analisados, em função do limite de detecção do método utilizado e da parte do vegetal analisada pelo que a análise das outras partes do vegetal resulta interessante dependendo do objeto de estudo.

Por outro lado, observou-se que existe uma tendência na absorção e acumulação dos contaminantes provenientes do solo em ervas, tais como aroeira, cidreira, aluma e boldo do Chile, além das gramíneas capim burro e capim braquiária, condição que é influenciada pela susceptibilidade e afinidade pelos metais específica de cada espécie.

Os teores encontrados nas ervas e gramíneas estudadas expõem a translocação do contaminante chumbo desde as raízes até as partes aéreas das espécies analisadas, indicando que uma fração do conteúdo dos metais pesados no solo da área atingida está disponível para estas espécies.

As análises realizadas em alimentos vegetais cultivados em solos de quintais de Oliveira dos Campinhos e na Rua Rui Barbosa expõem diferenças entre os conteúdos de chumbo nas espécies de ervas aroeira, cidreira, aluma e boldo do Chile, confirmando uma anormalidade no teor de Pb nestes vegetais. As espécies restantes apresentam teores abaixo do limite de detecção do método. Não se observou diferenças nas concentrações de cádmio mensuradas nos vegetais estudados em ambas as áreas.

O limite de detecção do método utilizado não permite a comparação com os limites máximos permitidos para Pb e Cd em alimentos vegetais estabelecidos pela comissão codex alimentar e outras regulamentações internacionais, mas permite uma aproximação do atual conteúdo dos contaminantes de interesse presentes em alimentos vegetais e gramíneas cultivados em solos com altos níveis de contaminação por Pb e Cd. Ao comparar os conteúdos de Pb e Cd em gramíneas reportados por Costa(2001) com os dados atuais, pode-se concluir que este tipo de espécie apresenta uma tendência na absorção especificamente de Pb. A espécie de gramínea capim de burro apresenta conteúdos de Pb em cinco dos nove ensaios realizados.

Da mesma forma, os fatores de transferência solo-planta para chumbo e cádmio determinados no total das espécies vegetais analisadas (ervas e gramíneas) podem ser considerados como baixos comparados com os valores de referência reportados por Alloway (1995) e Intawongse & Dean (2005), encontrando-se na faixa de 0,01-0,13 para Pb e <0,35->2,2 para Cd. Além disso, os valores dos $FT_{solo-planta}$ indicam que o conteúdo dos

contaminantes no solo não é a única variável que influencia a presença dos mesmos nos vegetais, condição que pode ser apreciada ao comparar os $FT_{solo-planta}$ para cádmio, que apresentaram-se maiores em comparação aos $FT_{solo-planta}$ para Pb ($Cd > Pb$) sendo o conteúdo no solo deste contaminante menor ao teor Pb.

Não foi possível a quantificação em valor absoluto e exato dos fatores de transferência para Cd nos vegetais analisados, devido ao fato de que os conteúdos do contaminante se apresentaram abaixo do limite de detecção do método no solo e nos vegetais, mesmo assim se estimaram os $FT_{solo-planta}$ como valor relativo ($>$ ou $<$), concluindo que existe uma baixa transferência deste contaminante para as plantas, condição restrita ao limite de detecção do método utilizado e aos valores reportados por Alloway (1995) e Intawongse & Dean (2005).

$FT_{solo-planta}$ baixos podem indicar a capacidade do solo na retenção e acumulação de metais pesados. Assim, uma pequena fração do conteúdo total dos contaminantes no solo pode se encontrar de forma disponível para as plantas. Além disso, $FT_{solo-planta}$ baixos expõe o possível acúmulo dos contaminantes avaliados em outras partes das espécies tais como caule ou raízes.

O diagrama dispersão do conteúdo de Pb no total das espécies avaliadas frente ao conteúdo total de Pb no solo confirma uma associação entre ambas as concentrações, porém, esta associação não explica 100% da relação, confirmando que a concentração no solo, não corresponde à única variável que influencia a presença do contaminante nas espécies vegetais.

Por último, a espécie de gramínea capim de burro apresenta conteúdos de Pb em cinco dos nove ensaios realizados. Recomenda-se que esta espécie seja estudada de maneira mais aprofundada para avaliar sua potencial utilização como fitorremediadora, ao expor características de abundância na área e possíveis características de adaptações a ambientes estressantes. Por outro lado, o consumo de gramíneas por animais na área urbana ou nas áreas próximas à fábrica deve ser evitado.

AGRADECIMENTOS

A realização do trabalho foi possível graças ao apoio das equipes do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED), Laboratório de geotecnia ambiental da UFBA (GEOAMB) e as instituições CAPES e Fundação escola politécnica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADRIANO, D. Remediation of metal-contaminated sites: concepts and applications. Trace elements in food chain, International symposium on trace elements in the food chain, Budapest. Institute of Materials and Environmental Chemistry of the HAS, Budapest, Hungary. p. 6-9, Mai. 2006.
2. ANSELMO, F. L. A E JONES, M. C. Fitorremediação de Solos Contaminados - O Estado da Arte. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, p 5273-5280, Oct/Nov. 2005.
3. ANJOS, J. A. S. A. DOS. Avaliação da Eficiência de uma Zona Alagadiça (Wetland) no Controle da Poluição por Metais Pesados: O Caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia em Minas e Petróleo São Paulo, 2003
4. ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. 2nd ed., Blackie Academic & Professional. London, UK, 386 p. 1995.
5. BALDRIAN, P. Effect of Heavy Metals on Saprotrophic Soil Fungi, Part EN: Soil heavy metals . Springer, Noida, UP, India, v. 19, p.263-279. 2010.
6. BRASIL. (2009). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N°420, de 2009: Critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antropicas.
7. CARVALHO, F. M. Resumo da palestra: Historia da poluição por chumbo e cádmio em Santo Amaro da Purificação. Câmara municipal da cidade. 2005.
8. COSTA, A.C. Avaliação da Alguns Aspectos do Passivo Ambiental de uma Metalúrgica de Chumbo em Santo Amaro da Purificação. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.

9. CHARY, N.S; KAMALA, C.T; RAJ SUMAN SAMUEL, D. Assessing Risk of Heavy Metals from Consuming Food Grow on Sewage Irrigated Soils and Food Chain Transfer. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. v. 69, p. 513-524, Abr 2008.
10. CHOPIN, E.I.B; ALLOWAY, B.J. Distribution and Mobility of Trace Elements in Soils and Vegetation Around the Mining and Smelting Areas of Tharsis, Riotinto and Huelva, Iberian Pyrite Belt, SW Spain. *Water Air Soil Pollut*, v. 182, p 245-261, Jan 2007.
11. CUNHA, P.S.P; ARAÚJO, P.S.P. Laudo Pericial de Avaliação e Quantificação da Contaminação Ambiental por Chumbo e Cádmio no Município de Santo Amaro da Purificação - Estado da Bahia. 167p. 2001
12. EFFRON, D; DE LA HORRA A.M; DEFRIERI, R.L; FONTANIVE, V; PALMA, R.M. Effect of Cadmium, Copper, and Lead on Different Enzyme Activities in a Native Forest Soil. *Commun Soil Sci Plan*. v. 35, p.1309-1321. 2004
13. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Capítulo V: Contaminantes de interesse. Avaliação de risco à saúde por exposição a metais pesados em Santo Amaro da Purificação-BA. 2003 Disponível em: http://www.acpo.org.br/saudeambiental/CGVAM/02_Avaliacao_de_Risco/05_Santo%20Amaro_BA/Parte%2001%20Ficha%20t%E9cnica%20e%20EDndice.pdf. Acesso em: 08 de maio de 2009.
14. GALAN, H.E; ROMERO, B.A. Contaminación de suelos por metales pesados. Conferencia contaminación de suelos por metales pesados. *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía, MACLA*, v. 10, p.48-60, Nov 2008.
15. GINOCCHIO, R; NARVÁEZ, J. (2002) Importancia de la Forma Química y de la Matriz del Sustrato en la Toxicidad por Cobre en *Noticastrum Sericem* (less) less.ex Phil. *Revista Chilena de Historia Natural*, v.75, p. 603-612. Mai 2002.
16. GUPTA; VOLLMER; KREBS. The importance of mobile, mobilisable and pseudo total heavy metals fractions in soils for three-level risk assessment and risk management. *The science of environmental*, v. 178, p. 11-20, 1996.
17. INTAWONGSE, M; DEAN, R.D. Uptake of Heavy Metals by Vegetables Plants Grow on Contaminated Soil and their Bioavailability in the Human Gastrointestinal Tract, *Food Additives and Contaminants*, v. 23, n.1, p. 36-48. Jan 2006.
18. KABATA-PENDIAS, A; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3rd ed., CRC press, Boca Raton, Florida, EE.UU, 432 p. 2000.
19. KABATA-PENDIAS, A; PIOTROWSKA. M. Transfer of cadmium, zinc, and lead from soils to plants. *Transport, Fate and Effects of Silver in the Environment*. 1998.
20. KACHENKO, A.G; SING, B. Heavy metals contamination in vegetables grow in urban and metal smelter contaminated sites in Austrália. *Water, air, and soils*, v. 169, p. 101-123, 2006
21. MACHADO, S. L.; RIBEIRO, L. D.; KIPERSTOK, A.; BOTELHO, M. A. B.; CARVALHO, M. DE F. Diagnóstico da Contaminação por Metais Pesados em Santo Amaro – BA. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 9, n 2, p. 140-155. Abr/jun 2004
22. MACHADO, S.L (COORD.). Projeto PURIFICA - Proposta para remediação de áreas impactadas pela atividade extrativa de chumbo em Santo Amaro-BA. 2002 Disponível em: <www.geoamb.eng.ufba.br>. Acesso em 10 de maio de 2009.
23. MACHADO, S.L. (COORD). Projeto PURIFICA - Proposta para remediação de áreas impactadas pela atividade extrativa de chumbo em Santo Amaro-BA. Relatório Síntese do Projeto Purifica, p.11 – 12. 200.
24. MENDEZ, P.J; RAMÍREZ, G.A.C; GUTIÉRREZ, R, D; GARCIA, P. F. Contaminación y Fitotoxicidad en Plantas por Metales Pesados Provenientes de Suelo y Agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v.10, p 29-44. 2009
25. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE COMITÉ CODEX ALIMENTARIO. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos (Codex Stan 193-1995). (Rev. 1-2008).
26. ORIHUELA, D, L; HERNANDEZ, J, C; WEILAND, C, M; MORENO, C, M. Factores de transferencia suelos-hojas del Ni en melocotones. Posibles alteraciones por la bajada de pH del suelo. *Agricola vergel*. v. 313, p. 35-40, 2008.
27. PERIS, M.M. Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón. Tesis Doctoral. Departamento de CIDES, Universitat de Valencia, Valencia. 2006.
28. RABELO, S. T. Estudo das rotas remanescentes de contaminação por chumbo e cádmio no município de Santo Amaro-BA. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2010.

29. RIBEIRO, L. D; MACHADO, S. L.; KIPERSTOK, A.; BAKER, F. R. Contaminação por metais pesados em Santo Amaro da Purificação - BA - Uso de técnicas de hidrometalurgia no reprocessamento de resíduos perigosos. V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental - REGEO, Porto Alegre. 2003.
30. RIFFAT, N,M; HUSAIN, Z,S; ISHFAQ, N. Heavy metal contamination and accumulation in soil and wild plant species from industrial area of Islamabad, Pakistan. [s.d]
31. ZENG L.S; LIAO, M; CHEN, C.L; HUANG, C.Y. (2007) Effects of lead contamination on soil enzymatic activities, microbial biomass, and rice physiological indices in soil-lead-rice(*Oryza sativa* L.) system. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. v. 67, p. 67–74. Mai 2007.