

Conteúdo de Cd e Pb em Alimentos Vegetais e Gramíneas no Município de Santo Amaro–BA

Gustavo Alonso Muñoz Magna

Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil, ingmag@gmail.com

Sandro Lemos Machado

Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil, smachado@ufba.br

Roberto Bagattini Portella

Universidade Federal da Bahia, Barreiras, Brasil, rportella@ufba.br

RESUMO: Nas últimas três décadas o município de Santo Amaro, localizado no Recôncavo Baiano, a 72 km de Salvador-BA, continua sendo 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 metalúrgica desativada a qual produziu e depositou aleatoriamente em quintais 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 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 e Pb, 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 nas Ruas Rui Barbosa e Sacramento, além da coleta de amostras de gramíneas em pontos no entorno da cidade. Os teores dos metais de interesse foram determinados mediante a técnica de espectrometria de absorção atômica por chama e forno de grafite e avaliadas através de estatísticas descritivas. Os resultados obtidos permitiram detectar a presença de Pb e Cd em alimentos vegetais nas faixas de 0,18 até 118,2 mg/kg e 0,04 até 7,39 mg/kg respectivamente. Todos os alimentos vegetais avaliados apresentaram conteúdos médios de Pb e Cd acima dos valores limites permitidos pela OMS. As gramíneas estudadas apresentaram um conteúdo máximo de chumbo de 820 mg/kg. Para cádmio o conteúdo máximo detectado foi de 7,99 mg/kg. Os valores de concentração obtidos nos alimentos vegetais e gramíneas variaram conforme à espécie vegetal e não se mostraram fortemente influenciados pelos valores de concentração no solo.

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

1 INTRODUÇÃO

Segundo Adriano (2006), os metais 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). Vale ressaltar, porém 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, alguns elementos tais como Cd, Pb e arsênio (As) não possuem 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 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, 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 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.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) através do comitê codex alimentar estabelece valores 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 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 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).

A absorção de metais 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, não há geralmente uma forte relação entre as concentrações no solo e nas espécies vegetais, devido ao fato de que diversos outros fatores tais como tipo de solo, a solubilidade dos metais no mesmo, a distribuição do metal nos diferentes tecidos da planta e características específicas da espécie vegetal, 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.

Segundo Alloway (1995), os fatores que afetam a quantidade de metal absorvido por uma planta estão controlados por (i) as 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 afetados 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 microbiológica 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 atmosféricos, 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, exsudação das mesmas e a taxa de evapotranspiração (ALLOWAY, 1995).

Em resumo, pode-se dizer que a relação

metal-solo-planta 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 (especificação) e as características físico-químicas do solo impactado (GINOCCHIO & NARVÁEZ, 2002; ADRIANO, 2006).

1.2 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.

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 à 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 (RIBEIRO et al., 2003).

Por falta de conhecimento, gerenciamento inadequado dos resíduos e de uma regulamentação ineficiente, 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. O volume de escória disposto sob a pavimentação das ruas e em quintais de casas e escolas foi estimada em aproximadamente 55.000 m³, para área entorno da fábrica o volume foi estimado em 180.000 m³ (Machado et al., 2003).

Resultados apresentados por Anjos (2003) e Machado et al., (2003), dentre outros, demonstram que a escória é um resíduo perigoso, conforme norma brasileira 10.004

(NBR 10.004/1987). Na Figura 1 pode se apreciar a escória encontrada na área de estudo.



Figura 1: (A) Escória aterrada na Rua Rui Barbosa. (B) Escória de Chumbo.

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 mais atualizados referidos ao solo são apresentados por Rabelo (2010), confirmando a persistência da contaminação por metais 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 investigação para chumbo (300 mg/kg) para áreas residenciais e 50% apresentaram concentrações acima do limite de investigação 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. Já na área externa da fábrica foram encontrados valores médios para Pb e Cd de 307,58 e 4,93 (mg/kg) respectivamente. Ainda de acordo com Rabelo (2010), quando os resultados de concentração de metais são comparados com aqueles 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.

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 chumbo e cádmio nas espécies vegetais mamão, goiaba e manga expondo 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), com 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 26,4 mg/kg para Pb e 1,07 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 da 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 das áreas atingidas pelo passivo ambiental da COBRAC.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende três subáreas, a saber: i) os quintais com presença de hortas e

plantas com frutas comestíveis das Ruas Rui Barbosa e Sacramento, identificadas no projeto Purifica (2002) como áreas prioritárias de investigação para mitigação do problema de contaminação do solo; ii) a área geográfica situada no entorno da fábrica e vinculada à dispersão das antigas emissões atmosféricas da fábrica e iii) a localidade de Oliveira dos Campinhos, localizada a cerca de 20 km do centro de Santo Amaro, escolhida como área de referência devido principalmente às semelhanças do tipo de solo da área e aos hábitos da população desta localidade.

2.2 Alimentos Vegetais e Gramíneas a Estudar

Os alimentos vegetais a estudar 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 frequências de ocorrência de cada vegetal encontrado no total dos quintais estudados. Os alimentos vegetais selecionados corresponderam às espécies acerola (*Malpichia glabral*), aroeira (*Schinus molle*), alumã (*Veronia bahiensis tol*), banana (*Musa paradisisca*), boldo do Chile (*Peumus boldus molina*), capim santo (*Cytopogon citratus*), cana (*Arundo donax. L*), cidreira (*Lippia alba*), goiaba (*Psidium cattleianum*), limão (*Citrus limonum*), laranja (*Citrus aurantium*) e manga (*Mangifera indica*).

Da mesma forma, as gramíneas objeto de estudo foram selecionadas mediante os critérios de presença e abundância nos pontos vinculados á dispersão das antigas emissões atmosféricas da fábrica, estas corresponderam à capim de burro (*Capim elieusine indica*) e capim braquiária (*Capim brachiaria decumbens*).

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

2.3 Determinação do Conteúdo de Pb e Cd em Alimentos Vegetais e Gramíneas

A determinação das concentrações dos metais Pb e Cd primeiramente foi realizada mediante o a técnica de espectrometria de absorção atômica por chama (EAA-chama), assumido que o limite de detecção do método permitiria mensurar as concentrações dos metais de interesse devido às elevadas concentrações dos contaminantes encontradas no solo. Já os primeiros resultados obtidos apresentaram a dificuldade ao momento de comparar os teores mensurados com os valores máximos permitidos para os contaminantes em vegetais devido ao elevado limite de detecção da técnica utilizada. Em função das limitações que impõem o elevado limite de detecção do método utilizando a EAA-chama no presente estudo, decidiu-se utilizar a técnica de espectrometria de absorção atômica por forno de grafite (EAA-grafite) com o intuito de melhorar o limite de detecção na determinação dos teores e sua posterior comparação com os valores máximos permitidos.

Os ensaios foram realizados em amostras de polpa dos frutos, folhas e/ou caule segundo a espécie analisada, todas correspondendo às partes comestíveis e folhas dos vegetais analisados.

São apresentados resultados de 103 ensaios realizados em frutas e ervas cultivadas nos quintais da Rua Rui Barbosa e Sacramento, 33 ensaios realizados em gramíneas desenvolvidas na área entorno da fábrica e 17 ensaios em frutas e ervas cultivadas em quintais da localidade de Oliveira dos Campinhos. Os resultados são apresentados em peso seco.

2.4 Estatística Descritiva

Determinaram-se as medidas estatísticas de dispersão de dados tais como média aritmética (média), moda (moda) e desvio padrão (DP) sempre quando apropriado, além dos valores mínimos e máximos detectados. Definiu-se como quatro o valor mínimo de ensaios para a apresentação dos resultados e determinação dos dados estatísticos individuais das amostras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Totalizando 103 ensaios para a determinação de Pb e Cd realizados em vegetais cultivados nos quintais da Rua Rui Barbosa e Sacramento, 61 (58,5%) foram feitos em frutos e o restante em ervas utilizadas pela população. Os resultados indicam que 100% dos frutos analisados apresentam conteúdos de Pb na faixa de 0,18 mg/kg a 118,2 mg/kg. Os maiores teores de Pb foram detectados nas frutas acerola e laranja com valores de 118,2 e 117,3 mg/kg respectivamente. Todos os frutos analisados expõem elevadas concentrações médias de Pb que superam amplamente o valor limite estabelecido pela OMS de 0,1 mg/kg para Pb em alimentos vegetais. No caso das ervas, todas as espécies apresentaram conteúdos de Pb acima do valor estabelecido pela OMS para vegetais folhosos de 0,3 mg/kg. Os teores foram detectados na faixa de 1,26 até 51,7 mg/kg. Para Cd presente nas frutas analisadas, os teores mensurados encontram-se na faixa de 0,04 mg/kg a 7,39 mg/kg. A maiores concentrações de Cd foram detectadas nas ervas alumã e capim santo. Todos os frutos analisados expõem elevadas concentrações médias de Cd superando o valor limite estabelecido pela OMS de 0,05 mg/kg para Cd em alimentos vegetais. 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 e Sacramento.

Espécies vegetais	Pb (mg/kg)					Cd (mg/kg)					n	n _m
	Mín	Max	Mediã	Moda	DP	Mín	Max	Mediã	Moda	DP		
Banana	0,18	0,24	0,20	<4	0,11	0,04	2,22	0,82	<2	1,22	9	4
Acerola	1,10	118,2	36,7	<4	42,6	0,22	0,57	0,33	<2	0,16	10	6
Manga	0,36	22,20	10,8	<4	9,8	<2	<5	0,22	<2	0,09	12	7
Goiaba	<4	27,4	*	<4	*	0,11	<2	*	<2	*	5	*
Limão	<4	32,5	21,2	<4	2,9	0,04	<2	0,06	<2	0,03	6	4
Aroeira	1,49	44,8	14,8	<10	14,0	0,46	<5	0,62	<5	0,18	11	8
Cana	1,61	<4	*	<4	*	<2	<2	*	<2	*	8	8
Cidreira	1,26	32,3	16,8	<10	12,3	0,25	<5	1,35	<5	2,01	10	8
Capim santo	13,1	23,0	16,7	<10	6,3	0,1	6,68	2,84	<2	3,42	8	4
Alumã	6,58	51,7	24,9	<10	7,1	0,75	7,39	3,21	<5	3,63	9	4
Boldo do Chile	<10	19	16,8	<10	3,1	<5	<5	*	<5	*	4	3
Laranja	0,47	117,3	39,9	<4	40,4	0,08	<2	0,12	<2	0,04	11	6
Resumo	0,18	118,2	19,8	<4	13,8	0,04	7,39	1,18	<2	1,20	103	62

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

Conforme exposto por KABATA-PENDIAS & PIOTROWSKA (1998), o conteúdo de metais nos vegetais decresce na seguinte ordem; raízes>caule>folhas>fruto>sementes, pelo que a análise de outras partes de plantas resulta interessante dependendo do objeto de estudo a ser desenvolvido. Além disso, o Pb em algumas espécies de plantas tem a capacidade de acumular-se principalmente nas raízes, sendo menor a presença em outras partes dos cultivos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2000).

No presente trabalho concentrou-se apenas nas partes comestíveis dos vegetais, já que um dos objetivos principais do mesmo foi avaliar as doses de ingestão de metais pela população em função do consumo de vegetais contaminados.

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	DP	Moda	n/n _m	Min	Max	Media	DP	Moda	n
Capim de burro	<10	820	253,3	332,3	<10	9/5	<5	7,9	*	*	<5	9
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; DP: desvio padrão; n_m: número de ensaios com resultados acima do limite de detecção utilizados para o cálculo dos valores médios.

Os resultados observados indicam que as espécies capim de burro e capim braquiária 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, foi detectada a presença de Pb em cinco. 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 braquiária 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). Vale

ressaltar que a determinação dos metais em gramíneas foi realizada mediante a técnica de EAA-chama.

Em comparação com os resultados expostos por Costa (2001) para gramíneas, pode se dizer que em ambas as campanhas (2001 e 2009) se apresentam conteúdos mensuráveis dos contaminantes de interesse em gramíneas. Estes resultados confirmam a tendência na absorção dos metais neste tipo de espécie vegetal.

Por outro lado, na Tabela 3 apresentam-se os conteúdos de alguns vegetais estudados que são cultivados na localidade de Oliveira dos Campinhos. 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 3. 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	Media	Moda	n	Min	Max	Media	Moda	n
Banana	<4	<4	*	<4	2	<2	<2	*	<2	2
Limão	<4	<4	*	<4	2	<2	<2	*	<2	2
Aroeira	<10	<10	*	<10	3	<5	<5	*	<5	3
Cana	<4	<4	*	<4	2	<5	<5	*	<5	2
Cidreira	<10	<10	*	<10	2	<5	<5	*	<5	2
Capim santo	<10	<10	*	<10	2	<5	<5	*	<5	2
Alumã	<10	<10	*	<10	2	<5	<5	*	<5	2
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 3, como esperado, expõem conteúdos abaixo do limite de detecção do método para Pb e Cd. Na Tabela 4 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.

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.

Ao comparar os teores de Cd mensurados em alimentos vegetais cultivados em quintais da Rua Rui Barbosa e na localidade de Oliveira dos Campinhos, os valores de concentração obtidos estão sempre abaixo do limite de detecção do método em ambos os casos. Cabe destacar que a análise comparativa das concentrações dos contaminantes detectadas em vegetais de ambos os locais de estudo foram prejudicadas devido ao elevado limite de detecção do método que apresenta a técnica de EAA-chama.

Tabela 4. Comparação do conteúdo de chumbo detectado 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	Mediã	Moda	n	Min	Max	Mediã	Moda	n
Banana	<4	<4	*	<4	8	<4	<4	*	<4	2
Limão	<4	<4	*	<4	5	<4	<4	*	<4	2
Aroeira	<10	44,8	27,5	<10	5	<10	<10	*	<10	3
Cana	<4	<4	*	<4	6	<4	<4	*	<4	2
Cidreira	<10	30,8	19,9	<10	5	<10	<10	*	<10	2
Capim santo	<10	<10	*	<10	6	<10	<10	*	<10	2
Alumã	<4	27,5	20,6	<10	6	<10	<10	*	<10	2
Boldo do Chile	<10	19	16,8	<10	4	<10	<10	*	<10	2
Resumo	<4	<10	23,2	<10	45	<4	<10	*	<4	17

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

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou e analisou resultados de concentração de Pb e Cd em amostras de vegetais coletadas em áreas com elevadas concentrações de chumbo e cádmio no solo. No caso dos alimentos vegetais cultivados em solos da Rua Rui Barbosa e Sacramento, espécies tais como banana, manga, laranja, alumã, cidreira entre outras, correspondem às mais abundantes e representam uma fonte importante de alimentação da população. Os resultados das análises realizadas nas mesmas resultaram em teores médios acima dos valores limites estabelecidos pela OMS para Pb e Cd em alimentos vegetais.

Observou-se que existe uma tendência na absorção e acumulação dos contaminantes provenientes do solo em ervas e frutas, além das gramíneas capim burro e capim bráquiaria, condição que é influenciada pela susceptibilidade e afinidade pelos metais específica de cada espécie.

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

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 mensuração dos teores dos contaminantes Pb e Cd utilizando a técnica de espectrometria de absorção atômica por chama impõe limitações importantes ao momento de comparar os resultados obtidos com os valores limites estabelecidos pela OMS. Recomenda-se a utilização da técnica de espectrofotometria de absorção atômica por forno de grafite quando o objetivo seja avaliar os contaminantes de interesse em alimentos vegetais.

A determinação das concentrações dos contaminantes Pb e Cd permitiram obter uma aproximação do atual conteúdo dos contaminantes de interesse presentes em alimentos vegetais e gramíneas desenvolvidas em solos com altos níveis de contaminação por Pb e Cd. Recomenda-se evitar o consumo pela população de alimentos vegetais cultivados em quintas da área impactada pela contaminação.

AGRADECIMENTOS

A realização do trabalho foi possível graças ao apoio das equipes do Centro de pesquisas e desenvolvimento (CEPED), Laboratório de geotecnia ambiental da Universidade Federal da Bahia (GEOAMB) e as instituições CAPES e Fundação Escola Politécnica.

REFERÊNCIAS

Adriano, D. (2006). *Remediation of Metal-Contaminated Sites: Concepts and Applications*. Trace Elements in

- Food Chain, Internacional Symposium on Trace Elements in the food chain, Budapest. Institute of Materials and Environmental Chemistry of the HAS, Budapest, Hungary. p. 6-9.
- Anselmo, F. L. A e Jones, M. C. (2005). *Fitorremediação de Solos Contaminados-O Estado da Arte*. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, p 5273-5280.
- Anjos, J. A. S. A. dos. (2003) *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, 301 p.
- Alloway, B.J. (1995) *Heavy Metals in Soils*. 2nd ed., Blackie Academic & Professional. London, UK, 386 p.
- Baldrian, P. (2010) *Effect of Heavy Metals on Saprotrophic Soil Fungi*, Soil Heavy Metals . Springer, Noida, UP, Índia, Vol. 19, p.263-279.
- Carvalho, F. M.(2005) *Resumo da Palestra: Historia da Poluição por Chumbo e Cádmiu em Santo Amaro da Purificação*. Câmara Municipal da Cidade.
- Costa, A.C. (2001) *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. 152 p.
- Chary, N.S; Kamala, C.T; Raj Suman Samuel, D. (2008) *Assessing Risk of Heavy Metals from Consuming Food Grow on Sewage Irrigated Soils and Food Chain Transfer*. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.69, p. 513-524.
- Chopin, E.I.B; Alloway, B.J.(2007) *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, Vol. 182, p 245-261.
- 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*.
- Cunha, P.S.P; Araújo, P.S.P. (2001) *Laudo Pericial de Avaliação e Quantificação da Contaminação Ambiental por Chumbo e Cádmiu no Município de Santo Amaro da Purificação - Estado da Bahia*.167p.
- Effron, D; de la Horra A.M; Defrieri, R.L; Fontanive, V; Palma, R.M. (2004) *Effect of Cadmium, Copper, and Lead on Different Enzyme Activities in a Native Forest Soil*. Commun Soil Sci Plan. Vol. 35, p.1309–1321.
- Fundação Nacional de Saúde (2003). *Capitulo V: Contaminantes de interesse*. Avaliação de risco à saúde por exposição a metais pesados em Santo Amaro da Purificação-BA. Disponível em:http://www.acpo.org.br/saudeambiental/CGVAM/02_Avaliacao_de_Risco/05_Santo%20Amaro_BA/Pa rte%2001%20Ficha%20t%20E9cnica%20e%20EDndi ce.pdf. Acesso em: 08 de maio de 2009.
- Machado, S. L.; Ribeiro, L. D.; Kiperstok, A.; Botelho, M. A. B.; Carvalho, M. DE F. (2004) *Diagnóstico da Contaminação por Metais Pesados em Santo Amaro – BA*. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 9, p 140-155.
- Machado, S.L. (Coord). (2003) *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).
- Organização Mundial da Saúde Comité Codex Alimentar (2008). *Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos (Codex Stan 193-1995)*. (Rev. 1-2008).
- Rabelo, S. T. (2010) *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. 154 p.
- Ribeiro, L. D; Machado, S. L.; Kiperstok, A.; Baker, F. R.(2003). *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.
- Mendez, P.J; Ramírez, G,A,C; Gutiérrez, R, D; Garcia, P. F. (2009) *Contaminación y Fitotoxicidad en Plantas por Metales Pesados Provenientes de Suelo y Agua*. Tropical and Subtropical Agroecosystems, Vol.10, p 29-44.
- Galan, H.E; Romero, B.A. (2008) *Contaminación de Suelos por Metales Pesados. Conferencia Contaminación de Suelos por Metales Pesados*. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía, MACLA, Vol. 10, p (48-60).
- 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, Vol.75, p. 603-612.
- Kabata-Pendias, A; Pendias, H. (2000). *Trace Elements in Soils and Plants*. 3Ed., CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU, 432 p.
- Kabata-Pendias, A; Piotrowska. (1998) *M. Transfer of Cadmium, Zinc, and Lead from Soils to Plants*. Transport, Fate and Effects of Silver in the Environment.
- Intawongse, M; Dean, R.D. (2005) *Uptake of Heavy Metals by Vegetables Plants Grow on Contaminated Soil and their Bioavailability in the Human Gastrointestinal Tract, Food Additives and Contaminants*, Vol. 23, p. 36-48.
- 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. Vol. 67, p. 67–74.