QUANTIFICAÇÃO DOS TEORES TOTAIS DE CÁDMIO, CHUMBO E MERCÚRIO, EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Bianca Pietsch Cunha Bendito¹, Cassyo Bandeira Coelho², Cleyton William Rodrigues Ferreira³, Iracy Coelho de Menezes Martins⁴

¹Engenheira Ambiental, Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins, Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental, Palmas, Tocantins, Brasil. (biancapcb.engamb@gmail.com)

²Engenheiro Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, Brasil.

³Engenheiro Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, Brasil.

⁴Professora Doutora, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, Brasil.

Recebido em: 02/10/2017 – Aprovado em: 21/11/2017 – Publicado em: 05/12/2017
DOI: 10.18677/EnciBio_2017B120

RESUMO

Muitos municípios no Brasil ainda destinam os resíduos sólidos para lixões. Estes locais, segundo a Lei nº 12.305/2010, devem ser desativados e rehabilitados. Diversos resíduos descartados nos lixões possuem metais pesados, que não são biodegradáveis e possuem comportamentos cumulativos. Objetivou-se então, a quantificação de cádmio, chumbo e mercúrio no lixão próximo ao município de Porto Nacional (TO), a fim de auxiliar nas tomadas de decisão quanta à recuperação da área. Realizou-se coleta de 10 amostras de solo de acordo com o conhecimento prévio de fontes verificadas através de visita *in loco*. Os pontos P4, P7 e P9 tiveram valores acima do estabelecido pela resolução CONAMA 420/2009. Isso evidencia alteração da qualidade do solo local e a necessidade de estudos mais aprofundados para a quantificação e qualificação dessa contaminação, a fim de que medidas de recuperação e monitoramento sejam tomadas para mitigação dos danos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: conama 420, contaminação, lixão, metais pesados.

QUANTIFICATION OF TOTAL CADMIUM, LEAD AND MERCURY, IN AREA OF INADEQUATE DISPOSAL OF SOLID WASTE

ABSTRACT

Many municipalities in Brazil still discard their solid waste in landfills. These sites according to Law 12305/2010 must be deactivated and rehabilitated. Most waste discarded in dumps contain heavy metals, which are not biodegradable and have cumulative behaviors. The quantification of cadmium, lead and mercury in the dump next to the municipality of Porto Nacional (TO), was aimed to foster the decision-making process for the recovery of the area. A total of 10 soil samples were collected according to the previous knowledge regarding the sources verified at an on-site visit. The points P4, P7 and P9 showed values above those established by the resolution CONAMA 420/2009. Evidencing alteration of the quality of the local soil and the need for more in-depth studies for the quantification and qualification of this contamination, in order that recovery and monitoring measures are taken to mitigate environmental damage.

KEYWORDS: conama 420, contamination, dump, heavy metals

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o intenso processo de urbanização, aliados ao consumo exagerado dos recursos naturais formam a combinação ideal para o desequilíbrio ambiental. As mudanças de comportamento do homem para reverter este quadro ainda são tímidas, principalmente na solução dos problemas causados pela má condução do gerenciamento dos resíduos sólidos. O Brasil não foge à regra, pois o que predomina na maioria das áreas urbanas é a disposição final inadequada dos resíduos sólidos urbanos no meio ambiente, interferindo na qualidade do solo, do ar e das águas (ALMEIDA et al., 2016).

Segundo o Panorama Nacional de Resíduos Sólidos Urbanos 2015, 58% dos resíduos sólidos coletados tiveram destinação final adequada. Porém, a quantidade de RSU descartada inadequadamente, no mesmo ano, totalizou 23,7 milhões de toneladas que seguiram para lixões ou aterros controlados, os quais, do ponto de vista ambiental, pouco se diferenciam, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (ABRELPE, 2015).

Os lixões, apesar de ser a alternativa escolhida pela maioria dos municípios brasileiros, são considerados inadequados e ilegais, segundo a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A lei estabelece a proibição de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos, o lançamento “in natura” a céu aberto, ou seja, na forma de lixão (BRASIL, 2010). Estas áreas de lixão devem ser desativadas e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, na forma de aterro sanitário, deve ser instalada.

A desativação de áreas, ocupadas por esta forma de descarte, é feita muitas vezes sem critérios técnicos, com apenas o encerramento da disposição de resíduos, o fechamento e o abandono dessas áreas (LANZA, 2009). Nesse caso, a atuação dos catadores cessa, mas enquanto houver atividade biológica, continua a poluição do ar, do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

Entre os resíduos descartados nos lixões, existem produtos que contêm metais pesados potencialmente perigosos à saúde. Estes são descartados de forma incorreta por falta de conhecimento dos riscos que representam à saúde humana e ao ambiente, ou por carência de outra alternativa de descarte (LYRIO; CHAVES, 2015). Entre esses resíduos estão os eletrônicos, como baterias, pilhas, circuitos elétricos, etc.

As principais propriedades dos metais pesados são os elevados níveis de reatividade, a não biodegradabilidade e os comportamentos cumulativos (ALMEIDA et al., 2015). Isto quer dizer que tais elementos, além de serem capazes de desencadear diversas reações químicas, não metabolizáveis por organismos vivos, permanecem em caráter cumulativo ao longo da cadeia alimentar (SILVA et al., 2015). Entre os poluentes não biodegradáveis bioacumulativos, merecem destaque os metais pesados, como Mercúrio (Hg), Chumbo (Pb) e o Cádmio (Cd), devido às frequentes presenças nos resíduos urbanos e os potenciais de toxicidade para o ser humano (CESAR et al., 2010).

Entre os metais pesados existentes, alguns, incluindo ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), níquel (Ni), molibdênio (Mo) e manganês (Mn) são micronutrientes essenciais para as plantas. O vanádio (V), cobalto (Co) e cromo (Cr) não exercem funções vitais nas plantas, mas podem ser importantes para certas espécies vegetais. Já o cádmio (Cd), mercúrio (Hg), chumbo (Pb), além de não serem essenciais e/ou benéficos às plantas, podem ser extremamente tóxicos em baixas

concentrações (VIEIRA et al., 2015).

Portanto, pesquisas, que objetivem a verificação de quais metais pesados podem contribuir para a contaminação em áreas de lixão, se fazem necessárias, pois poderão auxiliar no processo de gerenciamento e de controle das contaminações, bem como na aplicação de alternativas auxiliares de remediação (ISMAEL et al., 2013).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo obter informações que subsidiem ações de melhoria das práticas de gerenciamento de resíduos sólidos no município e a escolha de técnicas de recuperação, necessárias para o cumprimento dos ditames da PNRS, através da realização da quantificação dos metais pesados: Cádmio, Chumbo e Mercúrio, no solo de uma área de descarte inadequado de resíduos sólidos no município de Porto Nacional (TO).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo se localiza numa área periférica da cidade de Porto Nacional (TO) (Figura 1) e se caracteriza como um lixão, pois não possui um sistema adequado de disposição de resíduos sólidos. Os resíduos são depositados a céu aberto, consequentemente, representam um risco, dentre outros, de contaminação do solo. O local está sendo utilizado há aproximadamente 14 anos, recebe cerca de 20 toneladas de resíduos diários recolhidos em caminhões basculantes ou compactadores, sem nenhum tipo de seleção.

O município possui população de 52.510 habitantes (IBGE, 2016) e uma área de 4.449,917 km² (IBGE, 2015). O clima da região é tropical úmido, geralmente quente, com verões chuvosos e invernos secos. No local predominam os solos da classe Latossolos, ao longo dos terrenos planos. O cerrado é a vegetação dominante com ocorrências de matas ripárias nas margens do lago e afluentes. O principal recurso hídrico é o lago da Usina do Lajeado, que tem papel importante na economia da região, principalmente em relação à exportação e ao turismo (TOCANTINS, 2013).

FIGURA 1: localização da área de estudo e dos pontos amostrados.

Fonte: Google maps.

Metodologia

Avaliação Preliminar – AV:

Foi realizado um diagnóstico da área, através do levantamento de informações existentes no site da prefeitura do município e na literatura disponível. Posteriormente realizou-se o reconhecimento da área por meio de observações *in loco*, o que possibilitou a verificação do estado geral da instalação, das fontes geradoras de contaminação do solo, do uso do solo na área e vizinhanças.

Durante a visita houve a tentativa de localizar resíduos com potencial para contaminação do solo por metais pesados como: pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, circuitos elétricos, resíduos de equipamentos eletrônicos (REEE), tintas, solventes entre outros.

Investigação Confirmatória – IC:

Esta etapa teve como objetivo confirmar ou não a existência de contaminação na área suspeita, que se deu primeiramente pela tomada de amostras de solo, seguindo o proposto no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001).

O esquema utilizado para a marcação dos pontos amostrais foi baseado na distribuição direcionada dos pontos de amostragem de acordo com a norma ISO/DIS (International Harmonized Stage Codes/Draft International Standard) 10381-1/2002 ou seja, a locação dos pontos de amostragem foi realizada de acordo com o conhecimento prévio a respeito das fontes e vias de disseminação da contaminação. No caso deste estudo, foram consideradas evidências visuais de contaminação do solo identificadas na avaliação preliminar. Com objetivo comparativo, também foram realizadas coletas de solo em locais onde não foram encontradas visualmente fontes de contaminação, mas que se localizavam dentro da área de estudo.

Foram coletadas 10 amostras, sendo que sete em locais com contaminação visível e três em locais distantes das fontes contaminantes (Figura). A profundidade amostrada dos solos foi realizada entre 0 – 0,3 metros, de acordo com a ISO/DIS 10381-1. O volume coletado em cada ponto de amostragem foi de cerca de 500 gramas de solo (CETESB, 2001) com trado holandês e colocado em saco de polietileno e identificado com etiqueta (P1 a P10)

As amostras foram enviadas ao Laboratório Ambiental da IBRA (Instituto Brasileiro de Análises Químicas, Físicas e Biológicas, SP) para quantificação dos teores totais de Cádmio, Chumbo e Mercúrio a partir do método da USEPA 3051A (USEPA, 1998), da Agência Ambiental dos EUA. As concentrações dos metais pesados foram determinadas em Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma Induzido (ICP-OES), modelo OPTIMA 3000- Perkin-Elmer. A interpretação dos resultados das análises foi realizada pela comparação dos valores obtidos com os valores estabelecidos em listas de padrões, definidas na Resolução CONAMA 420 (BRASIL, 2009), com base nos valores orientadores estabelecidos para o solo pela Decisão da Diretoria nº 195/2005 (CETESB, 2005).

A resolução CONAMA 420/2009 estabelece três valores orientadores de qualidade (Tabela 1): (a) Valor de Referência de Qualidade - VRQ é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea (b) Valor de Prevenção - VP é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais a qualidade do solo e da água subterrânea (c) Valor de Intervenção - VI é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou

indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico. Para o solo, foram estabelecidos valores de intervenção para cenários de: exposição Agrícola, Residencial e Industrial.

TABELA 1: Lista de valores orientados de Cádmio, Chumbo e Mercúrio para o solo (mg/kg de peso seco):

Substância	VRQ	VP	VI		
			Agrícola	Residencial	Industrial
Cádmio (Cd)	<0,5	1,3	3	8	20
Chumbo (Pb)	17	72	180	300	900
Mercúrio (Hg)	0,05	0,5	12	36	70

Legenda: VRQ: valores de referência de qualidade, VP: valores de prevenção, VI: valores de intervenção. Fonte: Resolução CONAMA 420 (BRASIL, 2009) e Decisão da Diretoria nº 195/2005 (CETESB, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na visita *in loco*, pôde ser verificado que somente parte da área estava sendo ocupada com o depósito de RSU e que estes resíduos eram destinados para locais conforme a origem. Havia pilhas específicas para resíduos: hospitalar, doméstico, construção civil, resíduos de varrição e resíduos orgânicos. Apenas as valas que recebiam os resíduos orgânicos recebiam cobertura de solo a cada descarte, as outras ficavam com os resíduos expostos.

Através da identificação das valas, foi possível verificar onde haviam resíduos com potencial para contaminar o solo com metais pesados. Os resíduos identificados foram: eletrônicos (pilhas, baterias, televisões, circuitos-elétricos), restos de tintas, lixo hospitalar e resíduos agrícolas (Figura 2). Nesses locais foram feitas as coletas de solo.

FIGURA 2: resíduos sólidos com potencial para contaminar o solo com metais pesados encontrados na área de estudo. A: lâmpadas fluorescentes, B: circuitos elétricos, C: produtos agrícolas, D: Televisores. Fonte: Autores

Na Figura 3 observa-se que todos os valores de Cd encontrados são superiores aos valores de referência de qualidade ($<0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) definido pela decisão da diretoria nº 195/2005 (CETESB, 2005). (Tabela 1) e superiores aos valores de cádmio encontrados como naturais para áreas de latossolo segundo Carvalho et al. (2010) ($0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) e Lazarini (2011) ($1,85 \text{ mg.kg}^{-1}$).

FIGURA 3: Concentração de Cádmio encontrada nas amostras em comparação com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 420 (BRASIL, 2009). VRQ: valor de referência de qualidade, VP: Valor de Prevenção, Ia: Valor de investigação agrícola, Ir: Valor de intervenção residencial, Ii: Valor de intervenção industrial.

Observa-se que as amostras P1, P2, P4, P5, P6, P7 e P9 possuem a concentrações de Cádmio acima de $1,3 \text{ mg/kg}$, valor de prevenção estabelecido pela Resolução CONAMA (BRASIL, 2009). Segundo o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001), esse resultado evidencia que já ocorrem alterações prejudiciais ao solo, sendo necessário o controle da fonte e o monitoramento dos impactos, pois os receptores ecológicos do local não estão resguardados dos efeitos nocivos do excesso de cádmio.

Um dos fatores que pode ter contribuído para os baixos valores superficiais na maioria dos pontos, são as próprias características do solo local, o qual, de modo geral, apresenta propensão ao deslocamento do Cádmio no solo (DIAS et al., 2003). Afirmativa essa demonstrada por Kemerich et al. (2014) em um estudo em que coletaram amostras de 0 a 300 cm, observaram que as concentrações mais altas ocorreram nas maiores profundidades: em 100 cm (57238 mg.kg^{-1}) e em 300 cm (36319 mg.kg^{-1}). Por ser facilmente absorvido e translocado nas plantas, o Cd pode entrar na cadeia alimentar humana e causar sérios problemas de saúde, como anemia, hipertensão, enfisema pulmonar, disfunções gástricas e intestinais (DIAS et al., 2003).

Valores semelhantes aos de Porto Nacional foram encontrados em outros lixões. Biondi (2012), em um lixão na Zona da Mata, Pernambuco, observou teores de Cádmio variável entre $0,56\text{--}1,90 \text{ mg/kg}$. Gazano et al. (2013), em São Paulo encontraram valores de Cádmio entre $1\text{--}10 \text{ mg/kg}$ no solo.

O Ponto P4 (8 mg.kg^{-1}) (Figura 3) apresentou a maior concentração de Cd, valor este igual ao de intervenção agrícola (Tabela 1), indicando solo inadequado

para essa atividade. Além disso, existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana (CETESB, 2005), o que indica necessidade de ações para resguardar os receptores de risco.

Segundo o Manual de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB, 2001), quando são encontrados valores de Cd como o de P4 (8 mg.kg^{-1}), deve-se seguir os procedimentos de gerenciamento, caracterizados por uma investigação detalhada da contaminação na área a fim de verificar a real magnitude do problema e tomar as atitudes cabíveis. Valores superiores a VP são indicativos de contaminação.

O teor encontrado em P4, é superior à concentração que o solo é capaz de reter, causando a contaminação do solo por esse metal. Logo, uma vez presente na forma solúvel, no solo, o Cd poderá ser absorvido pelas plantas ou lixiviado para camadas mais profundas, colocando em risco a qualidade de águas subterrâneas e consequentemente toda a cadeia alimentar. (SIQUEIRA; APRILE, 2013). Os resíduos contendo cádmio possuem alto poder de contaminação e, com facilidade, atingem os lençóis freáticos ou mesmo reservatórios e rios, que são as fontes de abastecimento de água das cidades (JIMENEZ et al., 2004).

De modo geral, a exposição das plantas a concentrações elevadas de cádmio causa alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas e, resulta em rápido declínio da capacidade de absorção e acúmulo deste elemento pelas raízes principalmente em função da redução generalizada do metabolismo (VIEIRA et al., 2015). Lindino et al. (2012) observaram que, após 90 dias, indivíduos da espécie *Crotalaria spectabilis* não sobreviveram a concentrações de Cd $1,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e de Cd $3,0 \text{ mg kg}^{-1}$, apresentando reduções no crescimento e na produção de biomassa seca.

Na Figura 4 abaixo, a maioria dos pontos coletados (P1, P2, P3, P5, P6, P8, P10) apresentaram valores que ficaram abaixo do valor de referência de qualidade para o Chumbo (17 mg.kg^{-1}) estabelecido pela decisão da diretoria nº 195/2005 (CETESB, 2005).

FIGURA 4: Concentração de Chumbo encontrada nas amostras em comparação com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 420 (BRASIL, 2009). VRQ: valor de referência de qualidade, VP: Valor de Prevenção, Ia: Valor de investigação agrícola, Ir: Valor de intervenção residencial, Ii: Valor de intervenção industrial.

Esse quadro demonstra que esses locais não possuíam resíduos sólidos com chumbo ou que esse metal não foi transferido para o solo em quantidade suficiente para alterar o sistema biológico do solo. Os teores encontrados são característicos do solo local ou são resultantes de um processo de resiliência. Resultados semelhantes foram encontrados por Alcântara et al. (2011) em estudos sobre os valores naturais de Pb em latossolos brasileiros, nos quais os teores oscilaram entre 10 a 17 mg.kg⁻¹. Assim também Marques et al. (2002), avaliaram o teor de Pb natural em 45 solos brasileiros sob condições de cerrado e o valor médio encontrado foi de 10g mg.kg⁻¹. Segundo Poletti et al. (2014) a presença natural de Chumbo está relacionada ao material de origem do solo.

Os pontos P7 (17,99 mg.kg⁻¹) e P9 (23,18 mg.kg⁻¹) apresentaram teores acima do valor de referência de qualidade (17 mg.kg⁻¹) (Figura 4). Valores estes semelhantes aos encontrados por Cavallet et al. (2013) em um lixão em Taubaté, SP, (37 mg.kg⁻¹, 24 mg.kg⁻¹, 21 mg.kg⁻¹) e por Machado et al. (2011) em um antigo aterro de resíduos sólidos urbanos no Rio Grande do Sul (32,3 mg.kg⁻¹, 25,4 mg.kg⁻¹, 21,3 mg.kg⁻¹).

Os valores de Pb acima de VRQ demonstram que podem existir valores acima dos teores naturais do local, os quais podem chegar a uma situação de contaminação e causar danos aos elementos e aos micro-organismos do solo. A contaminação do solo por metais pesados acontece quando a quantidade do metal exposto ao ambiente supera a capacidade na qual o solo consegue retê-lo (SIQUEIRA; APRILE, 2013). Nesse tipo de situação indica-se uma investigação mais detalhada do local (CETESB, 2001).

Foi encontrada 109,46 mg.kg⁻¹ de chumbo no P4, entre o valor de prevenção e o valor de intervenção agrícola para Chumbo (72 mg.kg⁻¹) (Figura 4). Segundo o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001), uma situação assim gera alterações prejudiciais à qualidade do solo e pode chegar a contaminar as águas subterrâneas do local, sendo necessário proceder ao controle da fonte e ao monitoramento dos impactos.

O chumbo existe naturalmente em plantas, resultando de processos de captação e incorporação, logo as plantas são mais afetadas em locais onde a concentração ambiental é mais elevada (SCHIFER et al., 2005). Segundo Oliveira (2008) os valores de chumbo no solo que geram toxidez nas plantas variam entre 30-300 mg.kg⁻¹, o que inclui o valor encontrado em P4. Pelo fato dessa concentração estar na camada superficial e ainda devido às propriedades acumulativas do chumbo no solo (SILVA et al., 2015), facilmente entrará em contato com as raízes das plantas ainda existentes no lixão de Porto Nacional e provocará danos ao desenvolvimento das mesmas.

Plantas cultivadas em ambientes com excesso de chumbo têm o crescimento e desenvolvimento afetados (SOUZA et al., 2011), o que ocasiona consequências negativas relacionadas ao crescimento do vegetal e para a germinação de sementes, restringe a produtividade de clorofila e por consequência afeta a fotossíntese e o metabolismo da planta. As plantas apresentam também efeitos fisiológicos como clorose foliar, modificação de características anatômicas e até escurecimento do sistema radicular (SILVA et al., 2015).

Hu et al. (2012) observaram que o cultivo de *Salsola passerina* e *Chenopodium album* L em solo com 50 mg/L a 150 mg/L, respectivamente, resultou na queda do percentual de germinação, energia de germinação e IVG. O teor de chumbo absorvido e acumulado nos tecidos das plantas é muito variável entre as

espécies e suas variedades, por depender de propriedades fisiológicas da cultura e de fatores ambientais como o pH, tamanho das partículas do solo, capacidade de troca de cátions, matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes (LIMA, 2010).

Um dos cuidados que deve-se ter em relação ao chumbo, é devido a característica de baixa mobilidade, fator este que condiciona o acúmulo deste metal em locais de deposição (FERNANDES et al., 2011). Se as medidas necessárias não forem executadas, pode-se encontrar futuramente valores bem maiores na área de estudo, como os encontrados por Aniceto e Horbe (2012), em um lixão em Manaus, AM, onde foram observados teores de 187 mg.kg^{-1} , 200 mg.kg^{-1} e 470 mg.kg^{-1} .

Em relação ao Mercúrio, todos os pontos coletados apresentaram valores menores que o limite de quantificação (LQ) do aparelho ($0,2 \mu\text{g/L}$). Resultados semelhantes foram encontrados em um estudo de Muñoz (2002) no lixão de Porto Velho, RO, em que todas as mostras apresentaram valores menores que o limite de quantificação. Contudo Rossetti (2013) encontrou concentrações entre $0,038$ e $2,550 \text{ mg.kg}^{-1}$ em amostras de solo do lixão inativo do município de Ji-Paraná, o que demonstra ser válida a tentativa de quantificação desse metal para áreas de lixão.

Quantidades muito pequenas de mercúrio são encontradas em lâmpadas fluorescentes e em alguns termômetros. Quando quebrados, o mercúrio pode ser liberado (BURINI JUNIOR et al., 2012). Essas pequenas concentrações podem ser lixiviadas ou até levadas pelos movimentos eólicos, podendo chegar até os recursos hídricos mais próximos e se acumular no fundo dos mesmos (PALETTI, 1999). Na água, o metilmercúrio, uma forma orgânica de mercúrio produzida por bactérias, pode se acumular em peixes ao longo do tempo (BURINI JUNIOR et al., 2012).

Existem dois motivos pelos quais a análise não identificou o mercúrio. O primeiro é a ausência do metal na profundidade estudada. E o segundo foi a técnica para determinação de mercúrio, espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Induzido (ICP-OES). As técnicas mais utilizadas, que apresentam maior sensibilidade para detecção dos baixos teores encontrados nos diversos compartimentos ambientais na atualidade são a espectrometria de absorção atômica do vapor frio, a espectrometria de fluorescência do vapor frio e a análise por ativação de nêutrons (MICARONI et al., 2000).

Observou-se que a maioria dos pontos não tiveram valores preocupantes de Cd e Pb, porém nos pontos P4, P7 e P9 os valores foram acima dos estabelecido pela resolução CONAMA, o que indica o potencial da área estar seriamente contaminada. Esses resultados demonstram a necessidade de estudos confirmatórios, a fim de verificar até que profundidade existe a presença desses metais e qual magnitude se encontra a contaminação. Com resultados confirmatórios terá subsídio para se propor um método de reabilitação da área.

O Manual de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB, 2001) prevê que diagnósticos preliminares como a executada neste estudo são de fundamental execução para o planejamento de análises confirmatórias para análise e avaliação da magnitude do problema.

A deposição de resíduos no solo contendo metais com alto potencial tóxico, aumenta as concentrações biodisponíveis no ambiente, podendo causar sérios danos ambientais devido ao alto poder de toxicidade desses poluentes. Além disso, o solo contaminado é uma ameaça à biodiversidade, pois, este é essencial para o crescimento das plantas e a degradação de matéria morta, necessária para que haja a ciclagem de nutrientes (SILVA, 2015).

CONCLUSÃO

A área possui vários focos de contaminação por metais pesados devido à presença de pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, resíduos de equipamentos eletrônicos (REEE), tintas, solventes, etc.

Foi possível quantificar os valores de chumbo e cádmio. Os teores de mercúrio deram abaixo do limite de detecção do aparelho utilizado para leitura (0,2 µg/L).

Foram encontrados valores preocupantes de Cádmio (P4 = 8 mg.kg⁻¹) e Chumbo (P7 = 17,99 mg.kg⁻¹, P9 = 23,18 mg.kg⁻¹ e P9 = 109,46 mg.kg⁻¹), o que indica um processo de degradação do solo local.

Necessita-se de mais investigações, para compreensão da magnitude do problema e aplicação de medidas mitigatórias.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama Nacional dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 91 p. 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2016.

ALCÂNTARA, A. J. de O.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, C. A. de; SOUZA, J. B. de. Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geociências**, [s.l.], v. 41, n. 3, p.539-548, set. 2011. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7849/7276>>. Acesso em: 05 maio 2016.

ALMEIDA, M. A. de; PAPANDREA, P. J.; CARNEVALI, M.; ANDRADE, A. X.; CORREA, F. P. VI.; ANDRADE, M. R. M. Destinação do lixo eletrônico: impactos ambientais causados pelos resíduos tecnológicos. **E-locução, Revista Científica da Faex**, [s.l.], v. 07, n. 04, p.56-72, jan. 2015. Disponível em: <<http://periodicos.faex.edu.br/index.php/e-locucao/article/view/65/66>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

ALMEIDA, V. G.; ZANETI, I. C. B. B.; FILHO, S. P. R.; MOTA, J. A. Meio Ambiente, População e Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU): Estudo de Caso de Perus/SP. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.186-212, 28 jun. 2016. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*. <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2016v5i1>. Disponível em: <<http://revistas.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/1725/1576>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

ANICETO, K. C. P.; HORBE, A. M. C. Solos urbanos formados pelo acúmulo de resíduos em Manaus, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, [s.l.], v. 42, n. 1, p.135-148, mar. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0044-59672012000100016>. Disponível em: <<https://acta.inpa.gov.br/fasciculos/42-1/PDF/v42n1a16.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

BIONDI, C. M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco. Recife**, 2012. 58 p. Tese (Doutorado em Doctor Scientiae). Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Disponível em: <http://200.17.137.108/tde_arquivos/4/TDE-2002-01-17T011808Z883/Publico/Caroline%20Miranda%20Biondi.pdf>. Acesso em: 17 de janeiro de 2014

BURINI JUNIOR, E. C.; MANZANO, E. R.; SANTOS, E. R.; RAITELLI, M. R.; ASSAF, L. O.; ANDRADE, A. M. de. Destino e gestão aos resíduos de lâmpadas elétricas a descarga. **Anais do Congresso de meio ambiente**, 2., 2012, La Plata, Argentina. Anais., La Plata, Argentina: Augm, 2012. p. 1-15. Disponível em: <[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26498/Documento_completo.pdf?s](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26498/Documento_completo.pdf?squence=1) equence=1>. Acesso em: 05 dez. 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 420**, de 28 de dezembro de 2009.

CARVALHO, S.R.L. DE; VILAS-BOAS, G. DA S.; FADIGAS, F.S. Estimativa da concentração de metais pesados em solos dos tabuleiros do recôncavo da Bahia. **Cadernos de Geociências**, [s.i.], v. 7, n. 7, p.1-11, maio 2010. Disponível em: <<file:///C:/Users/b/Downloads/4080-10125-1-PB.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2016

CAVALLET, L.; CARVALHO, S. G. de; FORTES NETO, P.; Heavy metals in the waste and in the water discharge area of municipal solid waste. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.i.], v. 8, n. 3, p.229-238, 20 dez. 2013. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1155>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n3/v8n3a19.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2016.

CESAR, R.; COLONESE, J.; SILVA, M.; BERTOLINO, L. C.; CASTILHOS, Z.; EGLER, S.; POLIVANOV, H.; BIDONE, E.; PEREZ, D. Avaliação da ecotoxicidade de mercúrio em três tipos de solos utilizando ensaios ecotoxicológicos com oligoquetas. **Geochimica Brasiliensis: Sociedade Brasileira de Geoquímica**, [s.i.], v. 24, n. 1, p.03-12, jan. 2010. Disponível em: <<http://geobrasiliensis.org.br/ojs/index.php/geobrasiliensis/article/view/316/pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

CETESB – Companhia Ambiental do estado de São Paulo. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas** / CETESB, GTZ. - -2.ed. - - São Paulo : CETESB, 2001.[389] p. Disponível em: < www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 08 ago. 2016.

CETESB – Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. 2005. **Decisão da Diretoria nº 195/2005**. Valores orientadores para solos e águas subterrâneas do estado de São Paulo. 4p

DIAS, N. M. P.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C.; CAMARGO, O. A. Energia livre da reação de adsorção de cádmio em latossolos ácricos. **Ciência Rural**, [s.i.], v.

33, n. 5, p.829-834, out. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782003000500006>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v33n5/17126.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

FERNANDES, J.D.; DANTAS, E.R.B.; BARBOSA, J.N.; BARBOSA, E.A. Estudo de impactos ambientais em solos: o caso da reciclagem de baterias automotivas usadas, tipo chumbo-ácido. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Campina Grande, Paraíba, v. 7, n. 1, p.231-255, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/viewFile/365/235>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

GAZANO, V. S. O.; CAMARGO, I. M.C. de; FLUES, M. Contaminação de um solo por Cd, Mn, Pb e Zn provenientes de pilhas comuns do tipo zinco-carbono. **Anais do Congresso internacional de meio ambiente subterrâneo**, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Abas, 2013. p. 1 - 8. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/21941>>. Acesso em: 09 set. 2016.

HU, R.; SUNC, K.; SU, X.; PAN, Y.; ZHANG, Y.; WANG, X. Physiological responses and tolerance mechanisms to Pb in two xerophils: *Salsola passerina* Bunge and *Chenopodium album* L. **Journal Of Hazardous Materials**, [s.l.], v. 205-206, p.131-138, fev. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.12.051>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389411015457>>. Acesso em: 06 maio 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas. Área da unidade territorial - 2015. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/comparamun/compara.php?lang=&coduf=17&idtema=16&codv=v01&search=tocantins%7Clagoa-da-confusao%7Csintese-das-informacoes->>> Acesso em: 09 set. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas. Estimativa da população 2016. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/comparamun/compara.php?lang=&coduf=17&idtema=130&codv=v01&search=tocantins%7Cpium%7Csintese-das-informacoes->>> Acesso em: 09 set. 2016

INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 10381-1**: Soil quality, Sampling. 1 ed. Geneva: International Harmonized Stage Codes, 2002. 33 p.

ISMAEL, F. C. M.; LEITE, J. C. A.; SILVA, K. B. da; ISMAEL, D. A. M.; MEDEIROS, W. e S.; OLIVEIRA, R. B.; LISBOA, F. D. S. Proposta de um plano de recuperação para a área do lixão em Pombal-PB. **Informativo Técnico do Semi-Árido**, [s.i.], v. 7, n. 7, p.01-19, jan. 2013. ISSN: 2317-305X. Disponível em: < >. Acesso em: 10 out. 2016.

JIMENEZ, R. S.; BOSCO, S. M.dal; CARVALHO, W. A. Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolcita - influência da temperatura e do

pH na adsorção em sistemas monoelementares. **Química Nova**, [s.l.], v. 27, n. 5, p.734-738, out. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422004000500011>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n5/a11v27n5.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2016.

KEMERICH, P. D. da C.; FLORES, C. E. B.; BORBA, W. F. de; FLORES, B. A.; FILHO, L. L. V. D.; BARROS, G.; GERHARDT, A. E.; RODRIGUES, A. C. Variação espacial das concentrações de cádmio e manganês em solo ocupado por aterro sanitário. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [s.l.], v. 17, n. 17, p.3336-3345, 13 fev. 2014. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010663>. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/10663>>. Acesso em: 05 fev. 2016.

LANZA, V. C. V. Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) – Fundação Israel Pinheiro, 2009. 28 p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/Flavia/areas_degradadas.pdf>. Acesso em: 17 de julho de 2015.

LAZARINI, H. **Agravos à saúde de uma amostra populacional exposta ao risco ambiental nos bairros Soledade e Robalo, Aracaju–SE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em saúde e ambiente, 2011. Disponível em: <http://ppg.unit.br/wp-content/uploads/sites/6/2012/04/2011_Helio_Lazarini.pdf>. Acesso em: 17 de julho de 2015.

LIMA, F. S. **Bioconcentração de chumbo e zinco em partes comestíveis de hortaliças cultivadas em solos contaminados**. 2010. 89f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/URPE_6af526fca084b00cb50e3cfb3a3f09c0>. Acesso em: 05 maio 2016.

LINDINO, C. A.; TOMCZAK, A. P.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Fitorremediação de solos utilizando *Crotalaria spectabilis* para remoção de cádmio e chumbo. **Scientia Agraria Paranaensis**, [s.l.], v. 11, n. 4, p.25-32, dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1818/sap.v11i4.5720>. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/5720>>. Acesso em: 05 maio 2016.

LYRIO, C. S.; CHAVES, G. de L. D. A legislação efetivamente envolveu os consumidores no descarte adequado de pilhas e baterias? **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Campus Ufsm, Santa Maria, Rs, v. 19, n. 3, p.222-238, set. 2015. Doi: 105902/2236117018033. Disponível em: <<file:///C:/Users/Dell/Downloads/18033-95483-1-PB.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2016

MACHADO, M. E.; MENEZES, J. C. S. S.; COSTA, J. F. C. L.; SCHNEIDER, I. A. H. Análise e avaliação da distribuição de metais pesados em um antigo aterro de resíduos sólidos urbanos “aterro invernadinha”. **Evidências**, Joaçaba, v. 11, n. 2,

p.69-82, jul. 2011. Disponível em:
<<http://editora.unoesc.edu.br/index.php/evidencia/article/view/1686>>. Acesso em: 12 out. 2016.

MARQUES, J. J.; SCHULZE, D. G.; CURIA, N.; MERTZMANC, S. A. Trace elements in Cerrado soils. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, W.V. & COSTA, L.M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2002. v.2. p.103-142. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706103003100>>. Acesso em: 22 jan. 2016

MICARONI, R. C. da C. M.; BUENO, M. I. M. S.; JARDIM, W. de F. Compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química Nova**, [s.i.], v. 24, n. 4, p.487-495, fev. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2648.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

MUÑOZ, S. I. S. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: Avaliação dos níveis de metais pesados**. Ribeirão Preto, 2002. 128 p. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental). Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo - USP. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22133/tde-25072003-084308/pt-br.php>> Acesso em: 17 de julho de 2013

OLIVEIRA, L. R. **Metais pesados e atividade enzimática em Latossolos tratados com lodo de esgoto e cultivados com milho**. 2008. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, 2008. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/pv/d/2631.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2017

PALETTI, G. **Determinação de mercúrio e metil-mercúrio em cabelos de populações residentes no parque indígena do xingu**. 1999. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-aplicações., Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 1999. Disponível em: <http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Gerson_Paletti_M.pdf>. Acesso em: 05 maio 2017

POLETTI, G. D.; ETHUR, E. M.; HOEHNE, L. Determinação de cádmio e chumbo em solos usados em plantações de erva-mate sem e com diferentes tipos de manejo na região sul do país. **Revista Destaques Acadêmicos**, [s.i.], v. 6, n. 4, p.59-65, jan. 2014. <http://dx.doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v6i4a2014.437>. Disponível em: <<http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/437>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

ROSSETTI, H. T. M. **Avaliação das concentrações de mercúrio em amostras de solo coletadas no lixão inativo e na lixeira controlada ativa do município de Ji-Paraná – RO**. Ji-Paraná, 2013. 71p. Monografia (Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia. Ji-Paraná. 2013

SILVA, E. da; SANTOS, P. S. dos; GUILHERME, M. de F. de S. Chumbo nas plantas: uma breve revisão sobre seus efeitos, mecanismos toxicológicos e remediação. **Agrarian Academy**: Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 02, n. 03, p.1-21, ago. 2015. Disponível em: <[http://www.conhecer.org.br/Agrarian Academy/2015a/chumbo nas plantas.pdf](http://www.conhecer.org.br/AgrarianAcademy/2015a/chumbo%20nas%20plantas.pdf)>. Acesso em: 03 mar. 2016

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F. Avaliação de risco ambiental por contaminação metálica e material orgânico em sedimentos da bacia do Rio Aurá, Região Metropolitana de Belém - PA. **Acta Amazonica**, [s.l.], v. 43, n. 1, p.51-61, mar. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0044-59672013000100007>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v43n1/v43n1a07.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

SCHIFER, T. dos S.; BOGUSZ JUNIOR, S.; MONTANO, M. A. E. Aspectos toxicológicos do chumbo. **Infarma**, Rio Grande do Sul, v. 17, n. 5/6, p.67-200725, jan. 2005. Disponível em: <<http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/18/chumbo.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

SOUZA, L. A.; ANDRADE, S. A. L.; SOUZA, S. C. R.; SCHIAVINATO, M. A. Tolerância e potencial fitorremediador de *Stizolobium aterrimum* associada ao fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* em solo contaminado por chumbo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 35, n. 4, p.1441-1451, ago. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832011000400038>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n4/a38v35n4.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

TOCANTINS, Prefeitura do Município de Porto Nacional. 2013 Disponível em: <<http://www.portonacional.to.gov.br/>>. Acesso em: 17 de julho de 2013.
USEPA. Method 3051 A. 1998. Disponível em: [http:// www.epa.gov/SW-846/3051a.pdf](http://www.epa.gov/SW-846/3051a.pdf). Acesso em: 04 abr. 2016

VIEIRA, L. R.; CORRÊA, E. S.; MORAES, B. S.; ROSSATO, M. V.; VESTENA, S. Toxicidade de cádmio em plantas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental: Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p.1574-1588, maio 2015. DOI: 105902/2236117015970. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/15970/pdf>>. Acesso em: 05 maio 2017.