

## **Aporte antropogênico de metais pesados em sedimentos de corrente de áreas de lixão, urbanizadas e agrícola, em Parelhas-RN, região semiárida do Brasil**

*Anthropogenic input of heavy metals from a dump site on a semi-arid region in the Northeast of Brazil*

**Jane Azevedo de Araújo<sup>1</sup>**  
**Raquel Franco de Souza<sup>2</sup>**

**RESUMO** O objetivo deste trabalho foi investigar o aporte antropogênico de metais pesados para o meio ambiente na área de influência do lixão do município de Parelhas/RN e em um trecho do rio Seridó, em áreas de lixão, urbanizadas e agrícolas. As determinações das concentrações de Alumínio (Al), Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) nas amostras de sedimentos coletados foram realizadas por Espectrofotômetro de Absorção Atômica – AAS-CHAMA. Os Índices de Geoacumulação (IGEO) variam de não poluído para Al, Ni e Pb, e não poluído a moderadamente poluído para Cd, Zn, Cr, Cu e Fe. O ponto mais próximo ao lixão (PC3.1) foi classificado como não poluído a moderadamente poluído para Cr e Fe. Há enriquecimento em Cd, porém não é significativo. O Fator de Enriquecimento (FE) forneceu uma informação adicional para o Açude Caldeirão, que apresenta enriquecimento moderado para Pb, Cr, Fe e Zn em seus sedimentos. Tanto o IGEO quanto o FE mostram diminuição em seus valores à medida que os sedimentos de corrente foram coletados em locais mais distantes da cidade de Parelhas (PS3 → PS2 → PS1).

**PALAVRAS-CHAVE-** Sedimentos de corrente; Índice de Geoacumulação; Fator de Enriquecimento; Açude; Parelhas.

**ABSTRACT** *The aim of this work was to investigate the anthropogenic input of heavy metal to the environment in the area of a dump site in the city of Parelhas/RN and in a section of Seridó River. The concentration of Aluminum (Al), Cadmium (Cd), Cooper (Cu), Lead (Pb), Chromium (Cr), Iron (Fe), Nickel (Ni) and Zinc (Zn) in the samples of sediments collected was determined by the use of an Atomic Absorption Spectrophotometer - Flame AAS. The Geoaccumulation Index (IGEO) ranges from unpolluted to Al, Ni and Pb, and unpolluted to moderately polluted to Cd, Zn, Cr, Cu and Fe. The nearest point to the dump site (PC3.1) was classified as unpolluted to moderately polluted to Cr and Fe. There is enrichment in Cd, but it is not significant. The Enrichment Factor (EF) provided additional information about a dam called Caldeirão, presenting moderate enrichment to Pb, Cr, Fe and Zn in their sediments. Both IGEO and EF presented decreasing values as long as the stream sediments were collected in places far from the city of Parelhas (PS3 → PS2 → PS1).*

**KEYWORDS-** *Stream Sediments; Geoaccumulation Index; Enrichment Factor; Dam; Parelhas.*

<sup>1</sup> Licenciada em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Mestre pelo Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFRN).

<sup>2</sup> Graduada em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), mestre em Engenharia de Minas pela Universidade de Akita – Japão, doutora em Engenharia de Recursos Naturais - Universidade de Tohoku – Japão. Atualmente é professora associada IV da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

## INTRODUÇÃO

A questão ambiental está inserida nas discussões de vários segmentos sociais. Uma das grandes preocupações está relacionada aos resíduos sólidos. O crescimento populacional assim como o processo industrial, favoráveis ao aumento do consumo, propicia a produção de resíduos sólidos em grande quantidade.

O Brasil produz, em média, 90 milhões de toneladas de lixo por ano e cada brasileiro gera, aproximadamente, 500 gramas de lixo por dia, podendo chegar a mais de 1 kg, dependendo do local em que mora e do poder aquisitivo. Algumas cidades brasileiras coletam o lixo produzido por seus habitantes. Em outras, entretanto, quase metade dele é atirado nas ruas, terrenos baldios, rios, lagos, lagoas e no mar (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2000).

O tratamento e a disposição final correta do lixo amenizam os danos causados ao meio ambiente. Em vista disso, os lixões devem ser permanentemente evitados, pois sua presença gera impactos negativos como poluição do solo, água e ar, disseminação de doenças por meio de vetores (ratos, moscas, baratas, entre outros) e degradação da paisagem (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL - SNSA, 2007).

Estas áreas de despejo não podem ser consideradas como o ponto final para muitas das substâncias contidas ou produzidas a partir do lixo urbano, pois, quando a água – principalmente das chuvas – percola através desses resíduos, várias dessas substâncias orgânicas e inorgânicas são carregadas pelo chorume, o líquido poluente originado da decomposição do lixo. O chorume ou líquido percolado – cuja composição é muito variável – pode tanto escorrer e alcançar as coleções hídricas superficiais, como infiltrar no solo e atingir as águas subterrâneas, comprometendo sua qualidade e, por conseguinte, seu uso (SISINNO; MOREIRA, 1996).

Dentre os contaminantes presentes no chorume, destacam-se os metais pesados que, dependendo da sua concentração, poluem o solo, podendo inibir a atividade de enzimas microbióticas e reduzir a diversidade da população da fauna e flora. Estes metais podem chegar até os seres humanos (SUZUKI; TAIOLI; RODRIGUES, 2005).

Os metais pesados são elementos químicos com densidade superior a 5 g/cm<sup>3</sup>. Dependendo de seu teor no ar, água, rochas ou sedimentos, bem como da forma como estão disponíveis para os seres vivos (a partir dos compartimentos solo, água e ar), os metais pesados podem ter sua concentração aumentada na cadeia alimentar, causando danos à saúde humana em função de sua toxicidade.

Os metais estão distribuídos no meio ambiente e alguns deles são vitais para o crescimento humano e de vários tipos de organismos desde que em concentrações adequadas, como por exemplo, zinco, magnésio, ferro, cobalto. Alguns como chumbo, mercúrio, cádmio, cromo, arsênio, são nocivos e podem causar sérios transtornos à saúde humana quando em concentrações inadequadas (GROSSI, 1993).

As concentrações elevadas de metais pesados podem contaminar o ar, a água e o solo. A contaminação do solo, por exemplo, pode ocorrer a partir de resíduos sólidos. Cardoso e Chasin (2001), destaca o Cádmio (Cd) como um contaminante potencial do solo através dos resíduos sólidos: cinzas da queima de combustíveis sólidos; resíduos de cimento; resíduo de esgoto; resíduo de lixo municipal, entre outros.

As fontes antropogênicas contribuem sobremaneira para a disseminação de contaminação por metais. De acordo com Paoliello e Chasin (2001) a maior parte do chumbo encontrado no ar, alimento, água e poeira, surge de emissões provenientes de automóveis (nos locais onde o metal ainda é usado na gasolina) e de fontes industriais.

Esses e outros metais são lançados ao meio ambiente por fontes naturais, sobretudo por meio de atividades humanas: resíduos urbanos e industriais, esgotos, emissões de veículos, mineração, metalurgia, fertilizantes, pesticidas, podendo ocasionar riscos a saúde dos seres vivos.

Estudos sobre metais pesados são importantes para a obtenção de informações a cerca de seus usos, suas fontes, bem como dos seus efeitos tóxicos, pois estes, geram conhecimento e compreensão que subsidiam ações, manejos, políticas públicas com o intuito de prevenir e mitigar os efeitos negativos dos metais pesados a qualidade de vida da população e dos seres vivos.

Segundo Brito et al. (2004), no Brasil, particularmente no Nordeste, pesquisas identificando as características físico-químicas dos solos de áreas irrigadas e dos sedimentos depositados nas fontes hídricas, referentes a metais pesados, ainda são muito raros, devido principalmente aos elevados custos e à complexidade das análises.

Em se tratando de semiárido brasileiro, ainda são poucos os estudos sobre metais pesados em áreas de influência de lixão. Dessa forma, a pesquisa objetivou investigar o aporte antropogênico de metais pesados na área de influência do lixão do município de Parelhas/RN e em um trecho do rio Seridó.

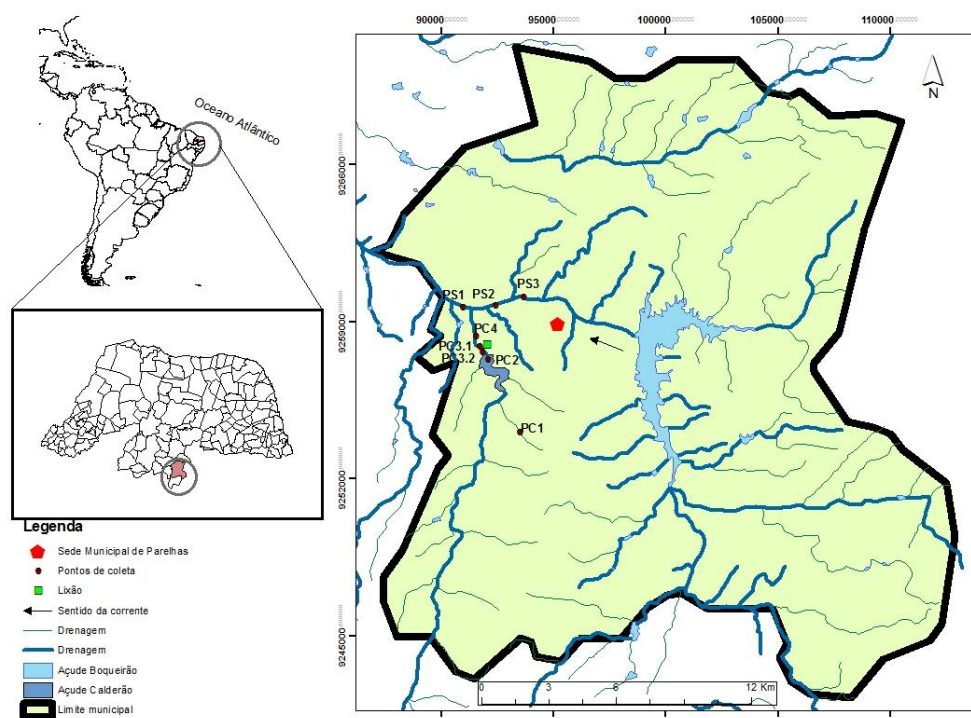
## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

Este estudo foi realizado na área de influência de lixão e em um trecho do rio Seridó no município de Parelhas Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil (Fig.1). A população do município é de 20.354 habitantes, sendo 17.084 pessoas residentes na zona urbana e 3.270 pessoas residentes na zona rural (IBGE, 2010). A Caatinga é a vegetação predominante. O clima é semiárido, as temperaturas são elevadas, com precipitação irregular, oscilando entre 400 e 600 mm. Os solos são pedregosos, litólicos eutróficos e bruno não cálcicos (NUNES, 2006).

O lixão do município é localizado a cerca de 3 km da cidade e recebe os resíduos municipais há aproximadamente 40 anos, encontrando-se a cerca de 220m do rio Quintos, afluente do rio Seridó. Entende-se por lixão o despejo de lixo a céu aberto sem nenhum apresto prévio do solo. De acordo com o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do IBAM (2001), lixão é uma forma inadequada de se dispor os resíduos sólidos urbanos porque provoca uma série de impactos ambientais negativos, tais como poluição das águas, do solo e do ar, além da proliferação de vetores.

**Figura 1-** Localização da área de pesquisa e pontos de coleta de sedimentos



**Fonte:** Elaborado por Oliveira (2011).

Semanalmente são depositadas em média no lixão 84 toneladas de lixo, sendo 72 toneladas de coleta na zona urbana e 12 toneladas na rural (comunidades Juazeiro, Santo Antônio, Colonos e Núcleo Pesqueiro).

Atualmente o lixo hospitalar é coletado separadamente por uma empresa, que coleta o material no hospital e nas clínicas particulares da cidade, sendo levado para o Distrito Industrial de São Gonçalo do Amarante, região metropolitana da capital do Estado, Natal, onde é incinerado.

### **Amostragem**

Os pontos de amostragem escolhidos envolveram a área próxima do lixão do município de Parelhas à sua montante e à sua jusante, além de um trecho do rio Seridó, resultando em oito pontos de coleta (Fig. 2).

O primeiro ponto de coleta (PC1) encontra-se em um riacho à montante do lixão. O canal do riacho é constituído por afloramentos de xisto, bastante pedregoso, com vegetação de Caatinga predominando cactáceas. Este ponto foi eleito o background do estudo. O segundo ponto de coleta (PC2) foi no Açude Caldeirão também a montante do lixão. O sedimento foi coletado na margem do açude, mas dentro da água, onde havia pouca vegetação, canoas abandonadas, gado bovino e carro pipa retirando água do reservatório. Nas proximidades do reservatório há presença de cerâmicas (Fig. 2). O terceiro ponto de coleta (PC3.1), localizado em uma drenagem à jusante do lixão vinda do mesmo, é um local arenoso, com predominância da espécie vegetal Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), gramíneas e presença de lixo nas suas proximidades.

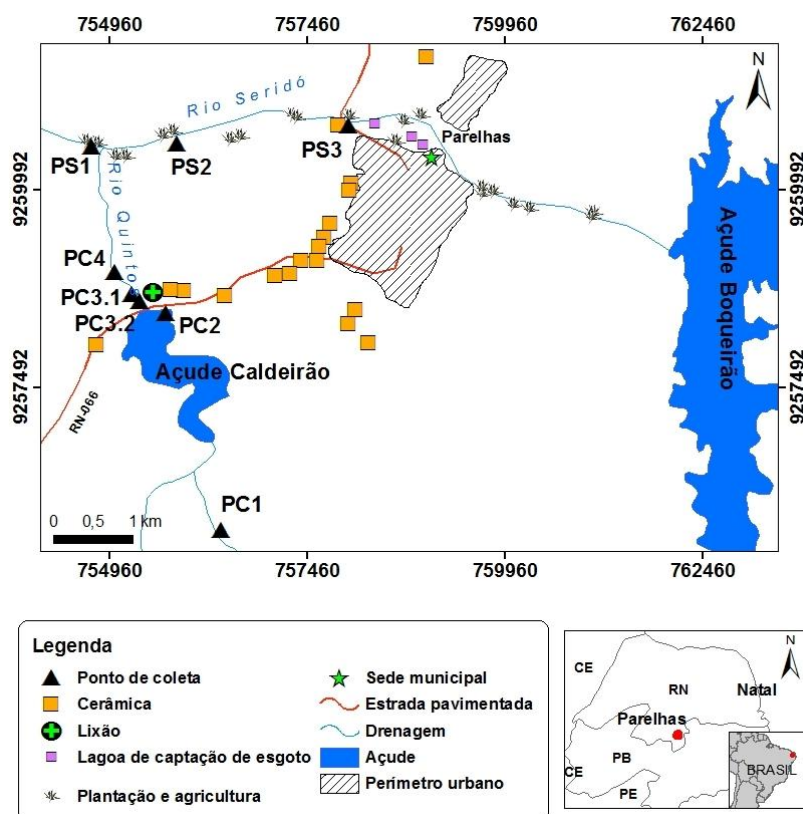
O quarto ponto de coleta (PC3.2), no rio Quintos, localiza-se antes da drenagem vinda do lixão, próximo a ponte sobre o rio Quintos; a mata ciliar é degradada, com poucas espécies vegetais da caatinga. O quinto ponto de coleta (PC4) ainda no rio Quintos, encontra-se à jusante do lixão. O local da coleta foi no canal do rio, com presença de granito pegmatóide, xisto e algumas espécies vegetais: carnaúba (*Copernicia cerifera* (Arruda) Mart.), favela (*Cnidocolus quercifolius* Pohl), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir), caibreira (*Tabebuia caraiba* (Mart.) Bureau).

O sexto ponto de coleta foi no rio Seridó (PS1), situado após a desembocadura do rio Quintos. A coleta foi realizada no canal ativo do rio. O local está assoreado, com presença de plantações de capim-elefante, banana e mamão na margem direita do rio. Há algumas residências próximas ao local. O sétimo ponto de coleta (PS2)

também se localiza no rio Seridó. A coleta foi realizada no canal ativo do rio, trecho com predominância de gramíneas, macrófitas, capim-elefante e presença de lixo.

O oitavo e último ponto de coleta, ainda no rio Seridó, foi próximo à ponte que está sobre o rio e que dá acesso à cidade. A coleta foi feita no canal ativo do rio, local com mata ciliar de gramíneas, presença de macrófitas, capim-elefante e algumas espécies da vegetação Caatinga. Foi observado gado bovino. À montante desse ponto estão as lagoas de captações de esgoto da cidade, bem como algumas culturas as margens do rio de milho, feijão e coco. A litologia nas suas proximidades é representada por granitos pegmatóides.

**Figura 2- Pontos de coleta**



**Fonte** - Elaborado por Oliveira (2013).

Foram utilizadas pás e bacias de plástico durante todo o procedimento de amostragem. As amostras de sedimento do leito do rio (sedimentos de corrente) coletadas foram colocadas em frascos de vidro, com capacidade de três litros, previamente lavados com detergente, água corrente e enxaguados 10 vezes; em seguida foram feitos mais dez enxágües com água destilada.

As amostras foram levadas para o Laboratório de Geoquímica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), colocadas na estufa a 60° C. Após a secagem, foram desagregadas em almofariz de porcelana e peneiradas em peneiras de aço inoxidável, na fração <0,063mm. O peneiramento dos sedimentos foi feito em um agitador de peneiras elétrico. Após o peneiramento o sedimento foi pesado em balança analítica de precisão.

Para o ataque ácido com Ácido Clorídrico (HCl) à concentração de 0,5 mol/L, foram pesadas 0,5 g de sedimento, em béquer de 50 ml, de cada uma das 8 amostras (8 principais + 1 duplicata). As amostras foram colocadas na estufa a 100° C durante 30 minutos para eliminação da umidade, sendo resfriadas em dessecador até o momento da pesagem.

Em seguida, 20 ml de HCl foram adicionados a 0,5 g de sedimentos em béquer de 50 ml, agitando-se durante 150 minutos. A parte sobrenadante foi transferida para provetas de 20 ml sendo posteriormente acondicionada em frascos de polietileno, mantidos sob refrigeração até o momento da análise.

As determinações das concentrações de Alumínio (Al), Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) nas amostras de sedimentos coletados foram realizadas por Espectrofotômetro de Absorção Atômica – AAS-CHAMA no Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN.

## **Avaliação do aporte de metais pesados ao meio ambiente**

### **Índice de Geoacumulação (IGEO)**

O Índice de Geoacumulação é um método para avaliar a contaminação do ambiente por metais pesados (MÜLLER, 1969). Este índice é calculado da seguinte forma:

$$\text{IGEO} = \log_2 (C_n / 1,5 \times B_n)$$

onde:

IGEO é o índice de geoacumulação, que quantifica o acúmulo de metal no sedimento;

$C_n$  é a concentração medida do metal;

$B_n$  é o valor do *background*;

Müller propôs classes descritivas para valores crescentes de IGEO (Quadro 1):

**Quadro 1** - Classificação do Índice de Geoacumulação (IGEO)

Classes	Qualidade dos sedimentos
0	Não poluído
1	Não poluído a moderadamente poluído
2	Moderadamente poluído
3	Moderadamente poluído a poluído
4	Muito poluído
5	Muito poluído a altamente poluído
6	Altamente poluído

Fonte: Adaptado de Müller (1969)

### Fator de Enriquecimento (FE)

O Fator de Enriquecimento (YONGMING et al., 2006) é outra estimativa para a diferenciação entre os metais originários de atividades humanas e os provenientes de processo natural, para avaliar o grau de influência antrópica no ambiente. É calculado pela equação:

$$EF = \left( \frac{(C_m / C_{VRL})_{Amostra}}{(B_m / B_{VRL})_{VRL}} \right)$$

Onde:

$C_m$  é a concentração de determinado elemento no local de interesse;

$C_{VRL}$  é a concentração do elemento de referência;

$B_m$  é o valor de referência local do elemento em estudo;

$B_{VRL}$  é o valor de referência local do elemento de referência.

Nesse trabalho, no cálculo do FE, foi escolhido como elemento de referência o alumínio (Al), considerando sua baixa mobilidade natural no meio ambiente. O quadro 2 apresenta a classificação de contaminação baseada em valores do fator de enriquecimento (FE).

**Quadro 2** - Classificação do Fator de Enriquecimento (FE)

Classes	Qualidade dos sedimentos
FE < 2	Deficiência de enriquecimento
FE = 2 – 5	Enriquecimento moderado
FE = 5 – 20	Enriquecimento significativo
FE = 20 – 40	Enriquecimento muito alto
FE > 40	Enriquecimento extremamente alto

Fonte: Yongming et al. (2006)



Considera-se que o valor do  $FE \leq 2$  é devido à contribuição natural, enquanto que  $FE > 2$  demonstra o aporte ser de fonte antrópica ou de algum processo natural.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Resultados analíticos e a legislação nacional e internacional

A tabela 1 apresenta o teor dos elementos químicos analisados na fração fina (< 0,063mm) dos sedimentos da área do lixão e do rio Seridó no município de Parelhas. .

**Tabela 1** - Teor dos metais analisados nos sedimentos das drenagens (fração < 0,063mm) do rio Seridó e da área do lixão de Parelhas.

Elementos químicos								
Pontos	%		mg/Kg					
	Alumínio	Ferro	Cobre	Chumbo	Cromo	Cádmio	Níquel	Zinco
PC1	0,58	0,78	ALD	16,00	2,00	ALD	4,00	9,60
PC2	0,16	0,76	4,40	16,00	1,20	ALD	ALD	12,00
PC3.1	0,82	1,21	3,20	28,00	4,40	0,40	ALD	20,00
PC3.2	0,22	0,23	ALD	12,00	0,80	ALD	ALD	6,40
PC4	0,64	1,24	0,80	16,00	4,80	ALD	ALD	10,00
PS1	0,87	2,56	3,60	24,00	6,40	<b>0,80</b>	ALD	10,80
PS2	0,54	2,24	2,00	24,00	6,80	ALD	4,00	8,80
PS3	1,10	3,95	6,80	28,00	14,00	ALD	ALD	33,20
Média	0,62	1,62	2,60	20,50	5,05	0,15	1,00	13,85
Desvio padrão	0,32	1,22	2,37	6,21	4,27	0,30	1,85	8,87
Valor mínimo	0,16	0,23	0,80	12,00	0,80	0,40	4,00	6,40
Valor máximo	1,10	3,95	6,80	28,00	6,80	<b>0,80</b>	4,00	33,20
Resolução CONAMA 344/04*	-	-	35,7mg/Kg	35mg/Kg	37,3mg/Kg	0,6mg/Kg	18mg/Kg	123mg/kg

Ataque ácido com HCl 0,5 mol/L. Determinação por Espectrofotômetro de Absorção Atômica – AAS.

ALD – Abaixo do Limite de Detecção. Em negrito os valores dos metais que excederam o limite máximo permitido pela Resolução CONAMA 344/04.

\* Estes valores são os limites máximos permitidos pela Resolução brasileira.

**Fonte** - Araújo (2011).

Os resultados para Al e Fe encontram-se expressos em % e os demais em mg/Kg. Para fins de comparação, são apresentados na última linha da tabela 1 os valores do limite máximo permitido pela resolução CONAMA 344/2004 (BRASIL, 2004)

À exceção do cádmio, nenhum dos elementos dosados apresentou valores maiores do que o especificado pela resolução CONAMA 344/2004 (BRASIL, 2004). Destaque-se o valor máximo encontrado para o chumbo (Pb) (28 mg/Kg), que embora mais baixo, encontra-se próximo ao limite da referida resolução (35 mg/Kg).

A comparação dos valores do presente estudo com a concentração de metais pesados permitidas pelas agências de proteção ambiental da Espanha, Holanda, Estados Unidos (EPA) e Canadá (Quadro 3) evidencia que o valor máximo de 28 mg/Kg encontrado para o Pb, aproxima-se muito do valor a partir do qual podem ser esperados efeitos adversos segundo a legislação canadense (30,2 mg/Kg). O valor máximo encontrado para Cd de 0,80 mg/kg neste estudo; para a legislação holandesa, este seria um sedimento não poluído; de acordo com a *Environmental Protection Agency* (EPA) dos Estados Unidos, esse valor se encontra abaixo dos quais os efeitos biológicos são raros; comparando com a legislação Canadense, 0,80 mg/kg de Cd no sedimento está acima do valor a partir do qual podem ser esperados efeitos adversos (0,68 mg/kg).

**Quadro 3** - Concentração de metais pesados permitidos por algumas agências de proteção ambiental internacionais.

Metal	Espanha		Holanda		Estados Unidos		Canadá	
	AL1	AL2	TV	AV	ERL	ERM	TEL	PEL
Cd	1	5	0,8	12	1,2	9,6	0,68	4,21
Cr	200	1000	100	380	81	370	52	160
Cu	100	400	35	190	34	270	19	108
Ni	100	400	35	210	20.9	51.6	15,9	42,8
Pb	120	600	85	530	46.7	218	30,2	112,2
Zn	500	3000	140	720	150	410	124	271

< AL1: valor abaixo do qual se permite descarte de material dragado; entre AL1 e AL2: contaminação moderada; o material requer estudo adicional antes que seu descarte possa ser permitido; > AL2: material dragado deve ser isolado; < TV (target value): não poluído; entre TV e AV (action value): levemente poluído a poluído; > AV fortemente poluído; ERL (effects range-low): valor abaixo dos quais os efeitos biológicos são raros; ERM (effects range-median): valor acima dos quais são esperados efeitos biológicos frequentes; TEL (threshold effects level): valor a partir do qual podem ser esperados efeitos adversos; PEL (probable effects level): valor acima do qual efeitos adversos são frequentemente esperados.

\* Os valores são expressos em mg/kg.

Fonte: DelValls et al. (2004)

## Índice de Geoacumulação

As fontes de metais pesados para o meio ambiente podem ser naturais ou ter relação com a atividade humana (antropogênica). Os teores de um determinado elemento químico nos sedimentos de uma área podem depender da composição da rocha mãe, estando associados à litologia local.

Os resultados dos cálculos do Índice de Geoacumulação (IGEO) para Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, e Zn estão apresentados na Tabela 2. Os teores encontrados para o ponto PC1 foram utilizados como referência para os cálculos do índice.

**Tabela 2** - Índice de Geoacumulação (IGEO) para os metais analisados nos sedimentos das drenagens (fração < 0,063mm) do rio Seridó e da área do lixão de Parelhas.

Índice de Geoacumulação								
Elemento	P C1	P C2	P C3.1	P C3.2	PC4	PS1	PS2	PS3
Al	0	0	0	0	0	0	0	0
Cd	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	0
Cr	0	0	<b>1</b>	0	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Cu	0	<b>2</b>	<b>1</b>	0	0	<b>1</b>	0	<b>2</b>
Fe	0	0	0	0	0	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Ni	0	0	0	0	0	0	0	0
Pb	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>

\*em negrito os valores com IGEO diferente de zero.

**Fonte** - Araújo (2011).

Os sedimentos em PC1 situado à montante do lixão (Fig. 1) mostraram IGEO 0, sendo considerados então sedimentos não poluídos para todos os elementos analisados. Daqui em diante serão comentados os resultados cujo IGEO é diferente de zero, relacionando os resultados às possíveis causas de poluição. Em PC2, ponto de coleta localizado no Açude Caldeirão, o elemento Cu apresentou IGEO 2, moderadamente poluído. Este ponto localiza-se à montante do lixão (Fig. 2). Este indício de poluição moderada para o Cu nos sedimentos do açude Caldeirão pode estar relacionado a atividades desenvolvidas no entorno do corpo hídrico como a agricultura, o fluxo de carros pipas nas margens do açude retirando água para o abastecimento das cerâmicas, e os veículos na rodovia RN 086, que fica ao lado do açude, próximo ao local onde a amostra foi coletada.

No ponto PC3.1, o primeiro à jusante do lixão (Fig. 2), os elementos Cr e Cu tiveram IGEO 1, não poluído a moderadamente poluído. Esses valores podem ter relação com lixão, pois este é o ponto mais próximo do local de despejo. Em PC4, localizado no rio Quintos (Fig. 2), o IGEO é 1, não poluído a moderadamente poluído. Este IGEO de Cr pode estar relacionado também com a proximidade com o lixão, pois trata-se de uma drenagem vinda do lixão; não encontra-se atividade agrícola e/ou plantações nas proximidades que possam estar influenciando esse valor.

O ponto PS1 (Fig. 2) está localizado no rio Seridó, à jusante da desembocadura do rio Quintos. Esse ponto apresentou IGEO 1 para Cd, Cu, Cr e Fe. O local encontra-se na drenagem que passa pela sede municipal de Parelhas; nas suas adjacências há presença

de plantações como, por exemplo, de banana. Observa-se que, pela sua localização, PS1 pode estar recebendo influência tanto do lixão como da cidade, além dos possíveis fertilizantes utilizados nas plantações.

Em PS2 (Fig. 2), o IGEO é 1 para Cr e Fe, índices estes que podem estar relacionados à proximidade com o núcleo urbano da cidade. No que se refere a PS3 (Fig. 1), o Zn apresentou IGEO 1 (não poluído a moderadamente poluído), enquanto Cr, Cu e Fe apresentam poluição moderada (IGEO 2). Este ponto é o mais próximo da cidade. Os esgotos não tratados descartados *in natura*, as plantações, e o fluxo de veículos podem estar contribuindo para esse índice.

O PS3 é o ponto mais próximo à cidade de Parelhas (ponte de acesso ao município na rodovia RN 086). À montante desse ponto estão as lagoas de captação de esgoto da cidade, as quais transbordam para dentro do rio em período chuvoso. Há também a presença de agricultura e plantações, que mesmo sendo de pequeno porte, utilizam agrotóxicos; estes fatores também podem contribuir para os valores de IGEO dos elementos Cr, Cu e Fe.

### Fator de Enriquecimento

O Fator de Enriquecimento (FE) foi outra ferramenta usada nessa pesquisa para avaliar sedimentos naturais a partir de materiais que são lançados para o ambiente por atividades antrópicas. O Al foi usado como referência para normalizar as concentrações dos elementos. A tabela 3 apresenta o resultados de FE para os sedimentos coletados, na área de influência do lixão no rio Quintos e no rio Seridó.

**Tabela 3-** Fator de Enriquecimento (FE) para os metais analisados nos sedimentos das drenagens (fração <0,063mm) do rio Seridó e da área do lixão de Parelhas.

Fator de Enriquecimento								
METAIS	PC1	PC2	PC3.1	PC3.2	PC4	PS1	PS2	PS3
Alumínio	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cádmio	1,000	0,000	1,415	0,000	0,000	<b>2,661</b>	0,000	0,000
Cobre	1,000	<b>15,561</b>	<b>2,263</b>	0,000	0,720	<b>2,394</b>	<b>2,132</b>	<b>3,599</b>
Chumbo	1,000	<b>3,537</b>	1,238	1,942	0,901	0,998	1,599	0,926
Cromo	1,000	<b>2,122</b>	1,556	1,036	<b>2,161</b>	<b>2,128</b>	<b>3,625</b>	<b>3,704</b>
Ferro	1,000	<b>3,428</b>	1,090	0,745	1,424	<b>2,175</b>	<b>3,041</b>	<b>2,665</b>
Níquel	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000
Zinco	1,000	<b>4,421</b>	<b>4,380</b>	1,726	0,938	0,748	0,977	1,830

\*em negrito os valores de FE > 2.

**Fonte:** Araújo (2011).

Neste estudo, os elementos estudados mostraram variação para o enriquecimento dos elementos com valores mínimos e máximos de FE indicados entre parênteses: Cd (0 – 2,661); Cu (0 - 15,561); Zn (0,938 – 4,380); Pb (0,901 – 3,537); Cr (1,000 - 3, 704); Fe (0,745 - 3, 428); Ni (0 – 1,066).

Serão comentados aqui os valores de FE > 2 na tabela 3. O FE > 2 implica em um aporte ao meio ambiente de fonte antrópica ou derivado de algum processo natural. Em PC2, sedimentos do Açude Caldeirão, o elemento Cu obteve enriquecimento significativo (FE= 5 – 20), enquanto que Pb, Cr, Fe e Zn apresentaram enriquecimento moderado (FE= 2 – 5).

Em PC3.1, drenagem que deriva do lixão do Município, o Cu e o Zn apresentaram enriquecimento moderado. Em PC3.2 todos os elementos apresentaram deficiência de enriquecimento. Em PC4 o enriquecimento foi moderado para Cr. Para o ponto PS1 o enriquecimento foi moderado para os elementos Cd, Cu, Cr e Fe. Os pontos PS2 e PS3 apresentaram enriquecimento moderado para os elementos Cu, Cr e Fe. Os valores de FE para o cobre (Cu) nos pontos PS1, PS2, PS3 diminuem à medida que os pontos de coleta encontram-se mais distantes da cidade de Parelhas (PS3 → PS2 → PS1).

O FE complementa informações referentes ao IGEO, as quais serão enumeradas aqui. Enquanto PC2 (açude Caldeirão) mostra indícios de poluição moderada para o elemento Cu pelo IGEO, o FE informa enriquecimento significativo para o mesmo elemento químico. O FE evidencia também enriquecimento moderado no sedimento do açude para outros elementos químicos (Pb, Cr, Fe e Zn). Este enriquecimento pode ser natural, pela evaporação da água do açude e incorporação dos metais em água aos sedimentos e à matéria orgânica. Mas há fonte(s) provável(is) para os metais encontrados, possivelmente relacionadas à agricultura ou tráfego de veículos. A associação Cu, Pb, Cr, Fe e Zn em geral indica aporte de metais ao meio ambiente derivados de movimentação de veículos automotores, o que é compatível com a proximidade de PC2 em relação à barragem do açude, sobre a qual encontra-se uma rodovia local.

### **Comparação com dados da literatura referentes a sedimentos de lixão e chorume**

Ainda são poucos os estudos no semiárido brasileiro referentes ao aporte de metais pesados em áreas de lixão. São utilizados então para comparação os valores de estudos desenvolvidos em outras regiões do Brasil e no mundo. Na tabela 4 são encontrados valores da concentração de metais pesados em sedimentos e chorume. Os

locais, materiais amostrados, ataque químico e técnica analítica são detalhados na própria tabela.

Comparando os teores de metais pesados Cd, Cu, Pb, Cr, Ni e Zn em sedimentos e chorume, verifica-se que os teores nos sedimentos são muito mais elevados. Este é um resultado esperado, em função dos sedimentos servirem de substrato para a adsorção e fixação destes metais. Há elementos químicos que podem ter uma mobilidade química maior que outros. Além disso, os próprios sedimentos podem ter mobilidade no meio ambiente, sendo carregados dos pontos mais altos para as cotas topograficamente mais baixas, principalmente nos canais de drenagem.

Na última coluna da tabela 4 encontra-se a média dos resultados analíticos para lixiviados por ataque ácido fraco nos sedimentos das drenagens da área de influência do lixão e do rio Seridó (este estudo). Foram considerados para o cálculo os pontos PC3.1, PC3.2, PC4 e PS1.

O valor de Pb (20,00 mg/Kg) foi superior ao valor de 2,45 mg/Kg encontrados no estudo de Ribeirão Preto – SP. O valor de Cd (0,30 mg/Kg) é similar aos valores encontrados nos sedimentos do estudo de Niterói (RJ), e muito inferior aos 40 mg/Kg encontrados nos sedimentos analisados no lixão do Quênia. A metodologia de ataque químico utilizada no estudo do Quênia não está clara no trabalho, o que dificulta a comparação.

Os teores de todos os outros elementos estudados nos sedimentos fluviais próximos ao lixão de Parelhas e do rio Seridó apresentam resultados inferiores aos mesmos elementos dosados em sedimentos do lixão de Niterói. Este fato pode ser explicado em função do tipo de tratamento pré-análises químicas (Rodapé da tabela 4). Enquanto que no presente trabalho foi utilizado um ataque ácido fraco (HCl 0,5 mol/L), a pesquisa realizada em Niterói empregou ataque ácido forte, utilizando inclusive ácido fluorídrico, que remove parte da matriz silicática dos materiais geológicos. Este fato por si só justifica esta diferença e os resultados com valores muito mais expressivos a partir de uma digestão química com ácido forte.

**Tabela 4** - Valores de concentração de metais pesados analisados em sedimento e chorume no Brasil e outros países.

Metais analisados		Em sedimentos			Em chorume			Sedimentos coletados em Parelhas - RN (Este trabalho) <sup>7</sup>
		Morro do céu, Niterói, Brasil <sup>1</sup>	Dandora Nairóbi, Quênia <sup>2</sup>	Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil <sup>3</sup>	Ilhabela São Paulo, Brasil <sup>4</sup>	Aba-Eku, Ibadan, Nigéria <sup>5</sup>	Olusonsun, Lagos, Nigéria <sup>6</sup>	
Alumínio	%	NA	NA	NA	0,173	NA	NA	0,64 (mg/Kg)
Ferro		3,42	4,58	NA	1,430	5,27	NA	1,31 (mg/Kg)
Cádmio	mg/Kg	0,33	40	4,38	0,004	0,157	0,001	0,30
Cobre		58,0	105	57,2	0,011	0,014	0,200	1,90
Chumbo		142,0	264	2,45	0,002	0,035	0,110	20,00
Cromo		43,5	157	7,43	0,047	0,013	0,60	4,10
Níquel		9,0	NA	NA	0,114	0,021	0,70	ALD
Zinco		270,6	462	79,6	0,053	0,129	0,264	11,80

NA – Não Analisado; ALD – abaixo do limite de detecção do método analítico; <sup>1</sup>SISINNO, C.L.S.; MOREIRA, J.C., (1996): HCl 0,1N e HF + HNO<sub>3</sub>, ICP-AES e/ou por Espectrofotometria de Absorção Atômica na Chama. <sup>2</sup>UNEP (2007): Sistema de Difração de Raio-X e Espectrometria de Absorção Atômica (AAS). <sup>3</sup>CELERE, M. S. et. al. (2007): fração 1,5 mm, HNO<sub>3</sub> a 1% (v/v), análise por EAA(FG) e EAA (CHAMA). <sup>4</sup>SUZUKI, E.Y.; TAIOLI, F.; RODRIGUES, C.L. (2005): HNO<sub>3</sub>; AAS e ICP-AES. <sup>5</sup>ONI, A.A.; HASSAN, A.T.; LI, P. (2011): HNO<sub>3</sub>; ICP-OES. <sup>6</sup>OGUNDIRAN, O.O.; AFOLABI, T.A. (2008): HNO<sub>3</sub>; análise por ICP. <sup>7</sup>fração < 0,063mm, HCl 0,5 mol/L; AAS; média dos pontos PC3.1, PC3.2, PC4 e PS1.

**Fonte:** Araújo (2011).

O ataque ácido fraco empregado aqui, realizado a frio com HCl 0,5 mol/L, remove apenas o que está fracamente adsorvido nas partículas dos sedimentos, considerada a fração biodisponível para o meio ambiente, que é eventualmente mobilizada, por exemplo, com variações de pH para a faixa ácida. A disponibilização de metais pesados dos sedimentos para o compartimento água em época de chuva pode facilmente mobilizar estes metais para a biota de maneira geral.

### Implicações para a saúde humana

Os dados apresentados não são conclusivos com relação a riscos, embora os resultados mostrem que já existe um registro das atividades antrópicas na fração fina dos sedimentos da área pelos teores de metais pesados encontrados, bem como pelos resultados do Índice de Geoacumulação e do Fator de Enriquecimento. Em períodos de precipitação, os metais pesados, adsorvidos nas partículas minerais e na matéria orgânica que compõe os sedimentos, podem passar destes para a água e o material particulado em suspensão. Exemplifica-se a seguir uma provável rota de contaminação. A dessedentação do gado é feita com a água dos açudes e das drenagens da área. A população local

alimenta-se da carne e do leite deste gado. O leite é utilizado também para a confecção de queijos, prática comum na região. Se o gado beber a água destas drenagens ou proveniente das mesmas, provavelmente estará ingerindo água com metais pesados. As possíveis rotas de contaminação são diversas e não constituem objeto do presente estudo. No entanto, em função da disponibilidade e da mobilidade que os metais pesados apresentam, recomenda-se para esta área monitoramento de metais em sedimentos e em água. Deve ser ressaltada a questão do descarte dos resíduos municipais, que são acondicionados há cerca de quarenta anos em local inadequado, um lixão próximo às drenagens que fluem no sentido do rio Seridó, área na qual existem comunidades rurais.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo fornecem uma visão geral das concentrações dos metais pesados selecionados nos sedimentos superficiais próximo ao lixão do município de Parelhas, no rio Quintos e no rio Seridó. São resultados relevantes, considerando a localização da área em região semiárida, carente de pesquisas nesta linha investigativa.

Os índices de geoacumulação variam de não poluído para Al, Ni e Pb, e não poluído a moderadamente poluído para Cd, Zn, Cr, Cu e Fe. O ponto mais próximo ao lixão (PC3.1) foi classificado como não poluído a moderadamente poluído para Cr e Fe. Há enriquecimento em Cd, porém não é significativo.

Além do enriquecimento significativo para Cu, o fator de enriquecimento (FE) forneceu uma informação adicional para o Açude Caldeirão, que apresenta enriquecimento moderado para Pb, Cr, Fe e Zn em seus sedimentos. Houve uma variação significativa do IGEO de PS1 para PS3 passando de não poluído a moderadamente poluído. Tanto o IGEO quanto o FE mostram diminuição em seus valores à medida que os sedimentos de corrente foram coletados em locais mais distantes da cidade de Parelhas (PS3 → PS2 → PS1).

Esse estudo proporcionou dados preliminares da situação ambiental no que se refere à contaminação de metais pesados na área de pesquisa. Estudos como esse são relevantes para que a sociedade esteja ciente da situação ambiental do entorno. O município de Parelhas teve seu processo histórico marcado pelo uso dos recursos naturais. As atividades econômicas do município, com destaque para a Cerâmica vermelha, contribuem para acentuar esse quadro ambiental.

Acredita-se que os resultados dessa pesquisa contribuam para a definição das políticas públicas a serem implementadas na área, sob a ótica da conservação dos recursos



hídricos, e da convivência e sobrevivência do homem no semiárido. Outrossim, espera-se que o interesse pelas formas corretas do uso dos recursos naturais na área pesquisada amenize a exaustão dos mesmos transformando-as em prática eficaz de combate a degradação. Por outro lado, considerando-se que existem dezenas de cidades de pequeno porte na região semiárida e que estas tem seus lixões a céu aberto, o presente estudo aponta para a necessidade de continuidade das investigações.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. A. Alterações ambientais em Parelhas, Rio Grande do Norte: metais pesados em sedimentos de drenagens e percepção de comunidades rurais em relação a mudanças na paisagem. 2012. 80 páginas. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). UFRN. Natal/ RN, 2012.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº344**, de 25 de março de 2004, Brasília – DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>>. Acesso em: 23 maio 2011.
- BRITO, L. T. L. et al. Metais pesados nos solos e nos sedimentos depositados nas fontes hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Salitre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2004, São Pedro. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/29609/1/OPB286.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2011.
- CARDOSO, L. M. N.; CHASIN, A. A. M. Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos. **Cadernos de Referência Ambiental**, Salvador, v. 6, p. 17-115l, 2001.
- CELERE, M. S. et. al. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 939-947, abr. 2007.
- DELVALLS, T. A. et al. Chemical and ecotoxicological guidelines for managing disposal of dredged material. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 23, n. 10-11, p. 819-828, 2004.
- GROSSI, M. G. L. **Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileiras de lixo doméstico através de determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas**. 1993. Tese (Doutorado em Ciências – Química Analítica) - Instituto de Química, São Paulo.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM. **Manual de gerenciamento integral de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Lixo. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27032002pnsb.shtm>>. Acesso em: 21 maio 2011.
- \_\_\_\_\_. **Cidades. Parelhas**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=240890>>. Acesso em: 25 maio 2011.

MÜLLER, G. Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River. **GeoJournal**, s/Local, v. 2, n. 3, p. 108-118, 1969.

NUNES, E. **Geografia física do Rio Grande do Norte**. Natal: Imagem Gráfica, 2006.

OGUNDIRAN, O. O.; AFOLABI, T. A. Assessment of the physicochemical parameters and heavy metals toxicity of leachates from municipal solid waste open dumpsite. **International Journal of Environmental Science and Technology**, s/Local, v. 5, n. 2, p. 243-250, 2008.

ONI, A. A.; HASSAN, A. T.; LI, P. Toxicity of Leachates from the Aba-Eku Landfill Leachate Lagoon, Ibadan, South-Western Nigeria. **Advances in Applied Science Research**, Benha, v. 2, n. 2, p. 450-460, 2011.

PAOLIELLO, M. M. B.; CHASIN, A. A. M. **Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos**. Salvador: CRA, 2001. (Cadernos de Referência Ambiental, v. 3).

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL - SNSA. **Resíduos sólidos: processamento de resíduos sólidos orgânicos**. 2007. Disponível em: <[http://vsites.unb.br/ft/enc/recursos\\_hidricos/nureco/arq/prso/prso.pdf](http://vsites.unb.br/ft/enc/recursos_hidricos/nureco/arq/prso/prso.pdf)>. Acesso em: 17 maio 2011.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 515-523, out./dez. 1996. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/csp/v12n4/0243.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2011.

SUZUKY, E. Y.; TAIOLI, F.; RODRIGUES, C. L. Avaliação do comportamento geoquímico do solo da região do lixão de Ilhabela - SP. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 67-76, 2005.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **Environmental pollution and impact to public health: implication of the Dandora Municipal Dumping Site in Nairobi, Kenya**. 2007. Disponível em: <[http://www.kutokanet.com/Storage/UNEP\\_Dandora\\_Environmental\\_Pollution\\_and\\_Impact\\_To\\_Public\\_Health\\_2007.pdf](http://www.kutokanet.com/Storage/UNEP_Dandora_Environmental_Pollution_and_Impact_To_Public_Health_2007.pdf)>. Acesso em 02 de junho de 2011.

YONGMING, H. et al. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 355, p. 176-186, 2006.

Recebido em 30/09/2011

Aceito em 25/09/2013