



Risco Potencial a Saúde de Crianças Expostas a Playgrounds Contaminados por Metais Pesados na Região Metropolitana do Recife ⁽¹⁾.

Luiz Henrique Vieira Lima⁽²⁾; Fernando Bruno Vieira da Silva⁽³⁾; Clístenes Williams Araújo do Nascimento⁽⁴⁾; Paula Renata Muniz Araújo⁽⁵⁾; William Ramos da Silva⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE).

⁽²⁾ Graduando em Agronomia e Bolsista de Iniciação Científica pela FACEPE; Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); Recife, Pernambuco; Rua Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, luizhenrique.vieira@hotmail.com; ⁽³⁾ Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); ⁽⁴⁾ Professor Associado do Departamento de Agronomia; Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); ⁽⁵⁾ Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); ⁽⁶⁾ Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

RESUMO: Contaminação por metais pesados em solos urbanos pode representar risco à saúde humana devido a ingestão de solo, inalação de partículas e contato dérmico, especialmente em playgrounds. Neste sentido, foi avaliada a contaminação por As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn em 21 playgrounds da Região Metropolitana do Recife. Adicionalmente, foi estimado índice de perigo e o risco de câncer em crianças expostas a esses ambientes. Contaminações por As e Pb foram as mais evidentes nos playgrounds avaliados, porém, altas concentrações de Ba também foi observada. Os casos mais graves foram observados para As, Ba, Cd e Pb em 5 playgrounds, mais especificamente nos playgrounds da Praça Industrial M. Santos, do Parque Dona Lindu e da Praça Prof^o Agamenom Magalhães com concentrações de As variando entre 2,09 a 4,72 mg kg⁻¹, na Área de Lazer de Jardim Paulista apresentando contaminação por Cd e Ba (1,88 e 1114 mg kg⁻¹, respectivamente) e no playground da Área de Lazer de Cruz de Rebouças, com teores de Pb acima de 200 mg kg⁻¹. Riscos de câncer para crianças excederam o valor alvo de 10⁻⁶ estabelecido pela USEPA, considerando-se as rotas de ingestão oral e absorção dérmica, que representam mais de 80% do risco. O intenso tráfego de veículos é a atividade antrópica que melhor explica a contaminação por Ba, Cd e Pb, enquanto que a aplicação de conservantes a madeira é possivelmente a fonte de contaminação por As nos playgrounds do Parque Dona Lindu.

Termos de indexação: contaminação do solo, risco de câncer e fonte antrópica.

INTRODUÇÃO

Os solos dos grandes centros urbanos desempenham papel importante na qualidade de vida dos habitantes. E por isso, solos urbanos contaminados por metais pesados representam

potencial risco à saúde dos residentes das metrópoles, especialmente a crianças que são mais susceptíveis aos efeitos adversos pela exposição a metais pesados (Luo et al., 2012; Jarosinka et al., 2006). O aporte e conseqüentemente acúmulo de metais pesados nos solos urbanos pode ser originado por diversas atividades antrópicas como produção de energia, a construção civil, a deposição de resíduos industriais e urbanos e a emissão veicular e industrial (Govil et al., 2008), e nesse contexto é que os playgrounds correspondem as áreas de maior exposição de crianças a solos contaminados por metais pesados pelas rotas de ingestão de solo, inalação de partículas contaminadas em suspensão no ar e pelo contato dérmico (Li et al., 2011; Schmidt, 2010; Siciliano et al., 2009). Assim como toda metrópole a Região Metropolitana do Recife (RMR) vem sofrendo nas últimas décadas grande pressão pela crescente urbanização aliada ao rápido desenvolvimento industrial o que potencialmente acarreta enriquecimento dos teores de metais pesados no ambiente, e neste cenário o presente trabalho objetivou avaliar as concentrações dos As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn em solos de playgrounds da RMR e estimar os riscos associados à saúde de crianças expostas a estes ambientes de recreação.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem e análise química

Foram avaliados 21 playgrounds localizados na RMR e o critério de seleção adotado para estes parques foi o de sua proximidade a avenidas de intenso tráfego de veículos e, portanto, apresentam potencial de contaminação por deposição atmosférica de metais. Em cada playground foram coletadas 4 amostras na profundidade de 0 – 10 cm com ferramenta de aço inoxidável, as quais foram homogeneizadas para formar uma amostra composta. As amostras foram levadas ao laboratório de qualidade ambiental do solo na UFRPE, onde



foram postas para secar ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm (TFSA). Subamostras da TFSA foram maceradas em almofariz e pistilo tipo ágata e depois passada em peneira de malha de aço inoxidável de 0,3 mm. A digestão das amostras de solo foi baseada no método 3051A (USEPA, 1998). E a determinação dos metais Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn foi por espectrometria de emissão ótica (ICP-OES/Optima 7000, Perkin Elmer), enquanto que As e Hg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (AAAnalyst 800 Perkin Elmer) acoplado a gerador de hidretos (FIAS 100/Flow Injection System/Perkin Elmer).

Modelo de avaliação de risco à saúde humana

A estimativa do risco para saúde de crianças foi calculada pelo modelo proposto da US-EPA (1996, 1997 e 2001). Onde se definiu o perigo como sendo os efeitos adversos e cancerígenos que As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn potencialmente representam para a saúde do receptor alvo. As rotas de exposição foram definidas como sendo a ingestão de solo, a inalação de partículas, o contato dérmico com o solo contaminado e a inalação de vapor (específico para Hg).

Análise estatística

Os procedimentos estatísticos consistiram numa análise descritiva dos dados apresentados variáveis de tendência central (média) e de dispersão (mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação). O software estatístico utilizado no presente trabalho foi o STATISTICA versão 10.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de As, Ba e Pb (1,4; 93,9 e 25,9 mg kg⁻¹) (**Tabela 1**) nos playgrounds foram superiores aos valores de referência de qualidade para solos no estado de Pernambuco (0,6; 84,0 e 13,0 mg kg⁻¹, respectivamente) (CPRH, 2014). Contudo, avaliando de forma isolada alguns playgrounds (Praça Industrial M. Santos, no Parque Dona Lindu e na Praça Prof^o Ag. Magalhães), observou-se concentrações bem acima das médias para todos os playgrounds. Estes playgrounds apresentaram concentrações de As de 4,72; 3,71; e 2,09 mg kg⁻¹, respectivamente. Na Área de Lazer de Jardim Paulista as concentrações de Ba e Cd foram de 1114 e 1,88 mg kg⁻¹, enquanto na Área de Lazer de Cruz de Rebouças foram medidos valores de 222,42 mg kg⁻¹ para Pb.

Estas concentrações elevadas de As, Ba, Cd e Pb nos solos de playgrounds são tão preocupantes para a qualidade ambiental desses espaços quanto para consequências sobre crianças expostas a esses ambientes de recreação, tendo em vista que as

concentrações destes metais encontram-se superiores aos valores de prevenção (VP) 2; 150; 1,3 e 72mg kg⁻¹ para As, Ba, Cd e Pb, respectivamente, sugerindo programas de monitoramento e controle dessas concentrações. De maior gravidade são as concentrações de Ba na Área de Lazer de Jardim Paulista que se encontra acima do valor de investigação para o cenário residencial (VI_{resid}), sendo igual ao dobro do VI_{resid} . Isto indica que, de acordo com a Resolução 420/2009 do CONAMA, esta área deve ser remediada.

Resultado semelhante foi encontrado para Pb em solos de playgrounds de Beijing (Chen et al., 2005), situação em que os autores relacionaram as elevadas concentrações do elemento ao intenso tráfego de veículos.

Devido à ausência de atividades industriais na região, a aplicação de conservantes a madeira e o intenso tráfego de veículos são as atividades antrópicas que melhor se relacionam com as elevadas concentrações de As e Pb nos solos avaliados. Nas adjacências destes playgrounds se concentram as principais avenidas da Região Metropolitana do Recife. Guney et. al. (2010) também sugeriram a emissão veicular como fonte da contaminação para As em playgrounds de Istambul, Turquia.

O perigo para não carcinogênico foi caracterizado para crianças (**Tabela 1**). Como demonstrado pelos valores médios, QP das diferentes formas de exposição para os metais combinados foi QP_{ing} (0,014) > QP_{derm} (0,002) > QP_{Inal} (4,4E-07). De forma acumulada, o IP apresentou variação entre 0,16 à 0,0002 (< 1), o que representa baixa preocupação quanto a possíveis efeitos adversos à saúde de crianças que utilizam destes espaços para recreação e lazer. Além disso, o IP de cada metal para as múltiplas formas de exposição foi de As (0,014) > Pb (0,012) > Cr (0,011) > Ba (0,003) ≈ TI (0,003) > Cd (0,0009) > Hg (0,0004) ≈ Zn (0,0004) > Ni (0,0003) > Cu (0,0002).

Para o risco de câncer em crianças (**Tabela 2**), apenas o As, Cd, Cr e Ni foram incluídos na estimativa, por serem classificados como cancerígenos e apresentarem valores toxicológicos interpolados no presente trabalho por agências regulatórias internacionais como a USEPA e USDOE. Como demonstrado pelos valores médios, os riscos das diferentes formas de exposição para os metais combinados foi de $Risco_{ing}$ ($2,2 \times 10^{-6}$) > $Risco_{derm}$ ($4,6 \times 10^{-7}$) > $Risco_{Inal}$ ($3,4 \times 10^{-10}$). O risco total variou entre $4,9 \times 10^{-12}$ à $2,7 \times 10^{-6}$ com um valor médio de $6,7 \times 10^{-7}$. Além disso, o risco de cada metal para as múltiplas formas de exposição apresentou os seguintes resultados para todos os playgrounds avaliados: As ($2,7 \times 10^{-6}$) > Cr ($1,3 \times 10^{-9}$)



> Ni ($6,1 \times 10^{-12}$) > Cd ($4,9 \times 10^{-12}$). O Risco_(As) para todas as amostras são superiores a 10^{-6} , valor inaceitável de acordo com a USEPA.

Todavia, avaliando o risco de exposição dos casos específicos da Praça Industrial M. Santos, do Parque Dona Lindu e da Praça Prof^o Agamenom Magalhães para As, da Área de Lazer de Jardim Paulista para Cd e Ba e, por fim, o caso da Área de Lazer de Cruz de Rebouças com Pb, os riscos sobre os efeitos adversos (IP), como o de contrair câncer (Risco Total), foram superiores aos resultados obtidos para todos os playgrounds. Porém, as diferenças foram mais marcantes para as contaminações por Ba e Pb. Os casos de contaminação elevada por As apresentaram Riscos superiores a 10^{-6} o que representa um quadro preocupante quanto à saúde pública.

CONCLUSÕES

Existe contaminação nos solos dos playgrounds da Região Metropolitana do Recife, mais precisamente por As, Cd e Pb. E em algumas dessas situações o nível de contaminação encontram-se superiores aos valores de prevenção (VP) e investigação (VI) estabelecidos pelo CONAMA.

Os perigos a saúde humana e, em especial de crianças usuárias destes ambientes, ficou evidente pelos valores de Risco superior à 10^{-6} para As nos playgrounds do Parque Dona Lindu, Praça Industrial M. Santos e na Praça Prof^o A. Magalhães.

Mesmo apresentando índices de perigos inferiores a 10^{-6} as contaminações de Ba, Cd e Pb nas Áreas de Lazer de Jardim Paulista e na Área de Lazer de Cruz de Rebouças devem ser monitoradas visando identificar as causas de contaminação e prevenir elevação destes teores.

REFERÊNCIAS

CHEN, T. B., ZHENG, Y. M., LEI, M., HUANG, Z. C., WU, H. T., CHEN, H., FAN, K. K., YU, K., WU, X., TIAN, Q. Z. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere*, 60: 542:551, 2005.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. “Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.” Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegi_tipo=3&ano=2009. Acessado em 20 maio de 2015.

CPRH – Agência estadual de meio ambiente. Instrução Normativa nº 7, de 7 de julho de 2014. “Estabelece os valores de referência da qualidade do solo (VRQ) do Estado de Pernambuco quanto à presença de substâncias químicas para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias.” Disponível em: <

<http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=279789>>.

Acessado em 3 de janeiro de 2015.

JAROSINSKA, D., BIESIADA, M., MISZYNSKA-GRACA, M. Environment burden of disease due to lead in urban children from Silesia, Poland. *The science of the total environment*, 367: 71-79, 2006.

LI, H. B., YU, S., LI, G. L., DENG, H., LUO, X. S. Contamination and source differentiation of Pb in parks soils along na urban-rural gradient in Shanghai. *Environment Pollution*, 159: 3536-3544, 2011.

LUO, S. X., DING, J., XU, B., WANG, Y. J., LI, H. B., YU, S. Incorporating bioaccessibility into human health risk assessments of heavy metals in urban park soils. *Science of the Total Environment*, 424: 88-96, 2012.

SCHIMIDT, C. W. Lead in air adjusting to a new standard. *Environment Health Perspect*, 118: 76-79, 2010.

SICILIANO, S. D., JAMES, K., ZHANG, G. Y., SCHAFER, A. N., PEAK, J. D. Adhesion and enrichment of metals on human hands from contaminated soil at an Arctic urban brownfield. *Environemt Sci. Technol.* 43: 6385-6390, 2009.

USEPA – United State Environmental Protection Agency. Method 3051a – Microwave assisted acid digestion of sediments, sluges, soils, and oils. Disponível em: <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf> Acessado em: 14 de maio de 2015.

USEPA - United State Environmental Protection Agency. Risk assessment guindace for superfund. Human health evaluation manual. EPA/540/1-89/002. Disponível em: <http://www.epa.gov/superfund/programs/risk/ragsa/index.htm>, Acessado em 15 de janeiro de 2015.

USEPA - United State Environmental Protection Agency. Soil Screening Guindace: Technical background document. EPA/540/R-95/128. Disponível em < <http://www.epa.gov/superfund/resource/soil/toc.htm#p1>> Acessado em 15 de janeiro de 2015.

USEPA - United State Environmental Protection Agency. Screening levels (RSL) for chemical contaminants at superfund sites. US Environmental Protection Agency, 2011.

Tabela 1. Índice de perigo acumulativo para não câncer nos Playgrounds urbanos da Região Metropolitana do Recife

Nº de playgrounds	Elemento	C mg kg ⁻¹	QP Ingestão	QP Inalação	QP Dermal	QP Vapor	IP ΣQPi
21	As	1,37	1,2E-06	2,9E-06	2,4E-03		1,4E-02
	Ba	93,91	3,4E-03	4,1E-06	1,4E-04		3,5E-03
	Cd	0,29	7,4E-04	1,8E-09	2,1E-04		9,4E-04
	Co	0,67	5,7E-03	1,4E-08	1,6E-05		5,7E-03
	Cr	11,47	9,7E-03	2,5E-06	1,4E-03		1,1E-02
	Cu	2,50	1,6E-04	3,9E-10	1,5E-06		1,6E-04
	Hg	0,04	1,4E-04	1,3E-09	1,7E-04	7,8E-05	4,0E-04
	Ni	2,70	3,4E-04	8,5E-10	3,6E-06		3,5E-04
	Pb	25,93	8,1E-03	2,0E-08	4,5E-03		1,3E-02
	Tl	0,04	3,2E-03	7,9E-09	4,4E-05		3,2E-03
Zn	44,63	3,8E-04	9,4E-10	5,3E-06		3,8E-04	
<i>Avaliação do Índice de Perigo nos parques públicos com elevada contaminação (>VP)^a</i>							
Parques	Elemento	C mg kg ⁻¹	QP Ingestão	QP Inalação	QP Dermal	QP Vapor	IP ΣQPi
Ind. M. Santos	As	4,72	4,9E-02	9,9E-08	8,2E-03	---	4,81E-02
D. Lindu	As	3,71	3,1E-02	7,8E-08	6,4E-03	---	3,78E-02
P. A. Magalhães	As	2,09	1,8E-02	4,4E-08	3,6E-03	---	2,13E-02
L. J. Paulista	Ba	1114	4,0E-02	4,9E-05	1,6E-03	---	4,20E-02
L. J. Paulista	Cd	1,88	4,8E-03	1,2E-08	1,3E-03	---	6,10E-03
L. C. Rebouças	Pb	222,42	6,9E-02	1,7E-07	3,9E-02	---	1,08E-01

C: concentração média do elemento; a – Valor de Prevenção estabelecido pelo CONAMA (2009).

Tabela 2. Risco de câncer para cada elemento às crianças expostas aos solos dos playgrounds urbanos da RMR

Nº de playgrounds	Elemento	C mg kg ⁻¹	Risco Ingestão	Risco Inalação	Risco Dermal	Risco Total
21	As	1,37	2,2E-06	5,6E-11	4,6E-07	2,7E-06
	Cd	0,29	---	4,9E-12	---	4,9E-12
	Cr	11,47	---	1,3E-09	---	1,3E-09
	Ni	2,70	---	6,1E-12	---	6,1E-12
<i>Avaliação do Risco nos parques públicos com elevada contaminação (>VP)^a</i>						
Parque	Elemento	C mg kg ⁻¹	Risco Ingestão	Risco Inalação	Risco Dermal	Risco Total
Parque D. Lindu	As	3,71	6,1E-06	1,5E-10	1,2E-06	7,3E-06
Praça Ind. M. Santos	As	4,72	7,7E-06	1,9E-10	1,6E-06	9,3E-06
Praça Profº A. Magalhães	As	2,80	4,6E-06	1,1E-10	9,4E-07	5,5E-06
Área Lazer J. Paulista	Cd	1,53	---	2,6E-11	---	2,6E-11

C: concentração média do elemento; a – Valor de Prevenção estabelecido pelo CONAMA (2009).