

# QUALIDADE AMBIENTAL DE SOLOS URBANOS

## URBAN SOILS ENVIRONMENTAL QUALITY

*Encarnita Salas Martin*

Ecóloga. Mestre em Geografia – UNESP – Presidente Prudente. Doutora em Geociências e Meio Ambiente – UNESP- Rio Claro. Professora do Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente – UNESP – Presidente Prudente - Fone: (55 18) 32295388, encarnita@fct.unesp.br

### RESUMO

A poluição dos solos urbanos vem sendo estudada por causa das implicações geradas ao meio ambiente e à saúde humana. Uma das substâncias que vêm sendo estudadas são os metais, cujas principais fontes urbanas são o tráfego de automóveis e a fumaça de indústrias. Uma vez liberados para a atmosfera, os metais são transportados e podem ser depositados em áreas distantes daquelas onde foram gerados. Os metais são extremamente tóxicos, acumulativos e não biodegradáveis e quando presentes no solo podem ser ter como vias de contato com organismos vivos, a inalação, o contato por via dérmica e a ingestão involuntária e voluntária (especialmente por crianças em playgrounds, por exemplo). Neste trabalho foram coletadas 15 amostras de solos em praças, parques e espaços verdes públicos da cidade de Presidente Prudente (Estado de São Paulo – Brasil), para se verificar a ocorrência e as concentrações de 15 metais. As concentrações obtidas de Cobre, Cromo, Chumbo, Níquel e Zinco, foram analisadas segundo os Limites Máximos Aceitáveis definidos por legislação internacional e nacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solos urbanos, metais, praças.

### ABSTRACT

Pollution of urban soils is being studied because the implications that may have on the environment and population's health. Once released into the atmosphere, the metals are transported and can be deposited in remote areas. Metals are extremely toxic, accumulative, non-biodegradable and can be transported by dust and can be inhaled, absorbed through skin and eaten voluntarily and involuntarily, especially by children when in contact with contaminated soil in activities carried out in playgrounds. In this study were collected 15 samples of soil in squares, parks and public green spaces, to check the occurrence and concentrations of 15 metals. Concentrations obtained from copper, chromium, lead, nickel and zinc, were analyzed according to the Maximum Acceptable Level defined by international and national legislation.

**KEYWORDS:** Urban soil, metals, squares.

### INTRODUÇÃO

A poluição de solos urbanos vem sendo estudada devido às implicações que podem ter em termos ambientais e de saúde da população.

Uma das substâncias que vêm sendo estudadas são os metais, cujas principais fontes de emissão são a fumaça de automóveis e as chaminés de indústrias. Uma vez lançadas na atmosfera, estas substâncias são transportadas e podem depositar-se, tanto nas imediações do ponto de emissão como em lugares bastante distantes.

Os metais são extremamente tóxicos, acumulativos, não biodegradáveis e podem ser transportados por poeiras, podendo ser inalados, absorvidos pela pele e ingeridos voluntária e involuntariamente, principalmente por crianças quando em contato com solos contaminados em atividades realizadas em *playground*.

Tendo em vista a industrialização e a intensidade do trânsito de veículos no entorno das principais praças de Presidente Prudente (SP), cuja tendência é aumentar, este trabalho foi desenvolvido em 2008 com o objetivo de verificar a ocorrência e a concentração de metais em solos de praças e espaços verdes públicos da cidade.

Foram coletadas 15 amostras de solo de praças, parques e espaços verdes públicos de grande fluxo de pessoas que foram analisadas para a verificação da ocorrência de metais.

## 1. METAIS PESADOS, METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS, METAIS

A definição de “metal pesado” vem sendo debatida há anos e ainda é um ponto de discórdia entre os pesquisadores das diferentes áreas da ciência.

Alguns autores propuseram que se considerasse a densidade como elemento de definição dos metais pesados; outros opinam que o peso atômico também deve ser considerado. COSTA (2005), baseada na densidade do elemento, define como metais pesados aqueles que apresentam densidade maior do que  $5 \text{ g/cm}^3$ , englobando grupos de metais, semi-metais e até não-metais (selênio). Para CRUZ-GUZMÁN (2007:51) a definição aplica-se àqueles cujo peso seja superior a  $4,5 \text{ g/cm}^3$ , localizados entre os grupos de números 22 a 34, 40 a 52 e 72 a 84, que se situam além da série dos lantanídeos e actinídeos e têm uma determinada resposta biológica. Os mais comuns encontrados no solo e na água são Fe, Cu, Zn, Pb, Ni, As, Hg, Cd (Murphy e Spiegel 1982).

MADRID et al. (2007:713), RUIZ-CORTÉS et al. (2005:466) utilizam a denominação “Metais Potencialmente Tóxicos” (MPT).

Considerando a dificuldade na definição de “metal pesado”, que se reflete nas denominações utilizadas, neste trabalho serão denominadas “Metais” as substâncias estudadas, uma vez que apresentam as características mencionadas por COSTA (2005) e por CRUZ-GUZMÁN (2007:51).

Os metais são altamente tóxicos devido às suas propriedades físico-químicas, que controlam a sua toxicidade, não são biodegradáveis. O estado de oxidação, em que encontram, determina a mobilidade, biodisponibilidade e toxicidade. Como exemplo, pode-se citar o caso do  $\text{Cr}^{6+}$ , fracamente adsorvido e relativamente móvel no solo. Por outro lado, o  $\text{Cr}^{3+}$  é pouco móvel no solo, fortemente adsorvido e facilmente forma precipitados insolúveis (Abreu et al., 2002; COSTA, 2005:5).

O potencial de contaminação do metal depende da sua biodisponibilidade, que é a quantidade do elemento que está disponível em níveis que provocam efeitos adversos em seres humanos ou outros organismos. Existe uma relação direta com a dose de exposição e o risco de intoxicação que pode ser influenciada por fatores externos químicos e físicos (forma do metal no solo) bem como por fatores biológicos internos (mecanismos de absorção em seres vivos). Para a avaliação de risco ambiental no solo, deve-se considerar a extensão em que uma substância química pode ser dessorvida, dissolvida, dissociada para tornar-se disponível para absorção, dentro de um intervalo de tempo (KELLEY et al., 2002:1; United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2007:2; PEIJNENBURG e JAGER, 2003:63).

Segundo JOHN e LEVENTHAL (1995:10), a biodisponibilidade é a proporção do total de metais que se encontra disponível para sua incorporação na biota (bioacumulação). Pode sofrer variações decorrentes de alterações na distribuição de um elemento ao longo do tempo, resultantes do intemperismo físico e químico, dos processos biológicos, da infiltração

de água e de modificações antropogênicas. Portanto, para uma avaliação de riscos provocados por um determinado metal à saúde humana, é necessário considerar a taxa relativa e a magnitude das alterações na sua biodisponibilidade.

Atualmente a questão da biodisponibilidade vem suscitando interesse na saúde pública, devido aos resíduos perigosos de origem industrial e pela necessidade de se estabelecer, para cada metal, a quantidade necessária de tratamento (NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2003).

A maioria das rochas contém em sua composição grande número de metais pesados, o que explica a presença desses elementos no solo, a partir de processos naturais – solubilização e lixiviação (COSTA, 2005:5; Flores, 1999). Os metais pesados também podem se acumular no solo pelo uso contínuo e prolongado de resíduos industriais e urbanos, de água de irrigação poluída, e pela deposição atmosférica.

Fenômenos naturais podem contribuir para a contaminação ambiental. Entretanto, os efeitos mais importantes ocorrem através de ações antrópicas, tais como: *produtos químicos agrícolas* (praguicidas e fertilizantes que podem conter traços de metais pesados) e lodos residuais; *atividades de mineração e fundição*; *lançamentos acidentais de mineração*; *geração de eletricidade e outras atividades industriais e resíduos domésticos* (CRUZ-GUZMÁN (2007:51-52).

Em áreas altamente industrializadas, são geralmente encontrados, entre outros, arsênico, cádmio, cromo, ferro, níquel, chumbo, zinco e mercúrio. A combustão de carburantes pode dar lugar a emissões aéreas de chumbo. Dos resíduos domiciliares, cerca de 4% está composta por metais (Ministério de Meioambiente, 1999).

McLaughlin et al. (2000) ressaltam que os estudos envolvendo metais em solos devem abordar o principal risco de contaminação de cada metal que pode afetar a saúde de populações e de ecossistemas naturais.

Segundo CRUZ-GUZMÁN (2007:51-52) existem 4 maneiras diferentes através das quais os metais podem ser incorporados aos solos: dissolução, adsorção, complexação e precipitação; absorção plantas incorporando-se às cadeias alimentares; volatilização para a atmosfera; mobilização para águas superficiais ou subterrâneas. Esses processos dependem de algumas condições para que se realizem: a) pH do meio, b) seu potencial redox e c) especiação de cada metal. A importância das condições físico-químicas e bióticas do meio e as repercussões de sua alteração são particularmente importantes na análise de diferentes situações de impacto.

Considerando que os metais pesados são acumulativos e não biodegradáveis, os limites entre “serem ou não prejudiciais”, podem ser difíceis de estabelecer. Além disso, pelo fato de que podem ser transportados pela água das chuvas e pelo vento, podem gerar problemas em locais distantes de onde foram gerados.

Segundo LOEHR (1996:6), *as vias pelas quais uma substância química do solo pode entrar em contato com um receptor incluem: Lixiviação para as águas subterrâneas seguida de ingestão das águas subterrâneas, Inalação direta, Ingestão de solo, Contato dérmico e Volatilização seguida de inalação do ar.*

Nas áreas urbanas a dispersão desses compostos através da atmosfera tem possibilitado sua incorporação aos solos de áreas de uso público como, por exemplo, parques e praças. O uso de tais locais por pessoas e, particularmente por crianças que comumente se sentam, andam descalças e manuseiam o solo, pode representar riscos à saúde.

Os minerais transportados pela poeira podem ser ingeridos involuntariamente (por ex. levando suja à boca), passando pelo trato gastrointestinal. Quando aspirados são conduzidos ao pulmão, provocando bronquite, fibrose e cânceres. A via dérmica de absorção, apesar de importante, ainda não conta com estudos suficientes.

Wagner (1980) apud ABRAHAMS (2002:5) observa que a maior parte das poeiras minerais que são inaladas pelo homem são retidas e posteriormente ingeridas, passando pelo trato gastrintestinal. No entanto, parte da poeira é retida nos pulmões onde pode causar danos a seres humanos através de irritação provocando bronquite, cicatrizes que provocam fibrose e câncer. A via dérmica pode contribuir com um significativo ou com uma parte predominante dos riscos imputados aos solos contaminados. Apesar da incontestável importância da exposição dérmica a contaminantes do solo, apenas um limitado número de medições diretas têm sido feito. Este fato, juntamente com a falta de conhecimento dos principais parâmetros de exposição (como a natureza, frequência e duração do contato, tipo de atividade, área exposta, tempo em que permaneceu “sujo” com aquele solo) indica a necessidade de uma maior quantificação das substâncias contaminantes por via dérmica.

Os metais mais tóxicos, nos animais superiores são o mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cádmio (Cd). O cobre (Cu), níquel (Ni) e cobalto (Co) são mais tóxicos para plantas e são denominados de fitotóxicos (COSTA, 2005:4).

Nos últimos anos, têm sido realizados estudos de solos urbanos em várias cidades em todo o mundo (Madrid, Díaz-Barrientos e Madrid. 2002). Na Espanha tem-se, por exemplo, as cidades de Salamanca, Valladolid e Madri (Sánchez Camazano et al., 1994; De Miguel et al., 1998; Martín Sánchez et al., 2000). Na Europa, Aberdeen (Paterson et al., 1996), Atenas (Chronopoulos et al., 1997), Kiel (Beyer et al., 1996) e Rostock (Kahle, 2000).

Devido à importância do problema da contaminação de locais públicos com metais tóxicos, decidiu-se avaliar a ocorrência de metais em praças e parques da cidade de Presidente Prudente, uma vez que as características climáticas da cidade estimulam as pessoas a exercerem atividades de lazer e recreação ao ar livre em praças e parques.

## 2. METODOLOGIA

Foram escolhidos pontos de coleta que estivessem em locais utilizados para recreação e lazer ou que tivessem grande fluxo de pessoas. Delimitou-se parcelas de 1m<sup>2</sup> e de cada uma coletou-se 3 sub-amostras de cerca de 1 Kg de solo em uma profundidade de 15 cm e que foram misturadas para se obter uma amostra total da parcela (Figura 1). Pedras e objetos estranhos foram removidos à mão, e as amostras foram secas ao ar e suavemente destorroadas e peneiradas a 2 mm. Uma parte de cada uma delas foi moída até <0,5 mm para a digestão com água régia. A distribuição do tamanho das partículas foi determinada pelo método do hidrômetro (Gee e Bauder, 1986).



Figura 1- Parcela com as sub-amostras retiradas.

Foram realizadas análises de parâmetros necessários para a caracterização dos solos: temperatura, pH e condutividade, Matéria Orgânica, Carbono Orgânico Solúvel e Carbonatos.

Para se avaliar e quantificar a presença de metais pesados foram utilizadas diferentes técnicas, cada uma mais adequada para um ou outro metal: Extração com Água Régia, Extração com EDTA (Ácido Etilendiaminotetraacético) e Extração com Glicina.

Adotou-se a metodologia utilizada pelo grupo de pesquisa do Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNASE) e que é bem detalhada em MADRID, DÍAZ-BARRIENTOS e MADRID (2002).

O pH foi determinado em uma solução com água destilada (1:2,5); a condutividade elétrica em extrato de 1:5 em água; o conteúdo de carbonatos (expressos em equivalente de carbonato de cálcio) pelo método manométrico; a matéria orgânica por oxidação com  $K_2Cr_2O_7$ ; o P disponível em extração (1g:20 mL) com  $NaHCO_3$  0.5 M a pH 8.5, e o K disponível por extração de 5 g com 50 mL de  $NH_4CH_3COO$  1 M a pH 7 (Page et al., 1982). Os MPT (Metais Pesados Totais) foram extraídos a partir da mistura de 2,5 g de solo durante uma hora com 25 mL de EDTA 0.05 M (Ure et al., 1993) e por digestão de 1,0 g de solo com 4 mL de água régia durante 15 minutos em forno de microondas (Kingston y Haswell, 1997).

De acordo com MADRID, DÍAZ-BARRIENTOS e MADRID (2002) a extração com EDTA foi incluída, porque se admite que fornece uma boa estimativa da fração disponível para as plantas (Quevauviller et al., 1997; Arambarri et al., 1999). A digestão com água régia é considerada adequada para determinar os conteúdos totais recuperáveis em solos (Vercoutere et al., 1995). Supõe-se que os metais residuais não liberados pela água régia estejam ligados principalmente a silicatos e se consideram pouco importantes no que se refere à mobilidade e comportamento de tais metais (Niskavaara et al., 1997; Chen y Ma, 2001). As quantidades extraídas por água régia são consideradas freqüentemente como “pseudo-totais”, e se relacionam com o risco de contato direto dos metais por pessoas e animais (Gupta et al., 1996). As extrações com glicina simulam as condições obtidas durante o processo de digestão por seres humanos<sup>1</sup>.

Com respeito aos métodos analíticos, extrações e análises consideradas “Totais” produzem poucas informações úteis, já que os efeitos ecotoxicológicos de um elemento químico, assim como o seu comportamento ambiental (transporte, reatividade, mobilidade, etc.), dependem totalmente da sua forma química (Allen, 1993; Tack & Verloo, 1995; Hani, 1996; Quevauviller, 1998; Kot & Namiesnik, 2000; Abreu *et al.* 2001). Métodos considerados “Pseudo-Totais” permitem determinar a influência antropogênica e, por isso, podem ser usados no monitoramento ambiental (Alloway, 1995; Walter & Cuevas, 1999; Scancar *et al.*, 2000).

As concentrações de Metais foram determinadas por ICP-OES (Espectrometria de Emissão com Plasma Indutivamente Acoplado). Todos os produtos químicos foram de qualidade analítica e foram incluídos brancos em cada série de extrações. Evitou-se o uso de materiais de aço inoxidável em todos os momentos. Todas as amostras foram analisadas em triplicatas.

### 3. CARACTERÍSTICAS DE PRESIDENTE PRUDENTE

O município de Presidente Prudente, localizado no Oeste do Estado de São Paulo

---

<sup>1</sup> Segundo PÉREZ et al. ( ) Com respeito aos métodos analíticos, extrações e análises consideradas “Totais” produzem poucas informações úteis, já que os efeitos ecotoxicológicos de um elemento químico, assim como o seu comportamento ambiental (transporte, reatividade, mobilidade, etc.), dependem totalmente da sua forma química (Allen, 1993; Tack & Verloo, 1995; Hani, 1996; Quevauviller, 1998; Kot & Namiesnik, 2000; Abreu *et al.* 2001). Métodos considerados “Pseudo-Totais” permitem determinar a influência antropogênica e, por isso, podem ser usados no monitoramento ambiental (Alloway, 1995; Walter & Cuevas, 1999; Scancar *et al.*, 2000).

(Brasil), faz parte da região do Pontal do Paranapanema, estando inserido na UGRHI-22 (Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos-22), da qual fazem parte outros 21 municípios. Cortado pelo paralelo 22°07'57" e pelo meridiano de 51°22'57" Wgr, possui área total de 562 Km<sup>2</sup>, 123,45 Km<sup>2</sup> correspondem à área urbana, dividida em 18 microrregiões e composta por 188 bairros.

De acordo com dados do IBGE (2008), a população estimada de 206.164 habitantes. O município tem grande importância econômica na região, tendo como setores mais produtivos e desenvolvidos a agropecuária, o comércio e os serviços. As atividades pecuárias também são consideradas de grande importância, principalmente devido às industriais, como curtumes, frigoríficos e fábrica de laticínios.

#### 4. PONTOS DE AMOSTRAGEM

Os pontos de amostragem foram escolhidos de modo a se considerar fontes importantes de metais, tais como, indústrias e fumaça de automóveis. Pelo fato da cidade não ser muito industrializada e o Distrito Industrial estar localizado relativamente distante da área urbana (7 km do centro da cidade, mas cerca de 2 Km de alguns bairros periféricos, como por exemplo, o Jardim Santa Filomena) tentou-se fazer uma distribuição dos pontos de modo a se contemplar a presença de praças, e *playgrounds* nas praças e a ocorrência de tráfego de veículos. Além disso, procurou-se áreas de grande fluxo de pessoas, como a entrada da Sociedade Hípica de Presidente Prudente, aeroporto e pontos localizados no campus da UNESP- Universidade Estadual Paulista.

##### PONTO 1

Hípica – entrada da Sociedade Hípica de Presidente Prudente: solo recoberto com vegetação espontânea e folhas de eucalipto. Local de atividades industriais, com odor permanente da fumaça da indústria de re-refino de óleos lubrificantes. Além disso, o ponto está às margens da Rodovia Raposo Tavares (SP 284) na qual passam cerca de 300 veículos por hora sendo, a maioria constituída por caminhões movidos a óleo diesel.

##### PONTO 2

Praça do Jardim Alto da Boa Vista: distante cerca de 600 metros da Rodovia Raposo Tavares em seu cruzamento com a Avenida da Saudade. Amostra coletada a 2 metros da área do *playground*. Possui uma variedade de canteiros com plantas ornamentais.

##### PONTO 3

Parque do Povo 1: ponto localizado embaixo de uma árvore, a 22 metros da área do *playground*. O solo é nu com entorno de grama. No entorno encontram-se as avenidas 14 de setembro e 11 de maio que apresentam um fluxo intenso de veículos.

##### PONTO 4

Parque do Povo 2: na área do *playground* e distante 110 metros do anterior (Ponto 3) no sentido Avenida da Saudade-UNESP. Está localizado embaixo de um banco de concreto. Possui solo nu com entorno de grama.

##### PONTO 5

Praça Monsenhor Sarrion (da Catedral): localizado no canteiro da parede lateral esquerda da Catedral. Não conta com cobertura vegetal, apenas uma planta ornamental. Na praça localizam-se um estacionamento e vários pontos de ônibus urbanos, em suas quatro faces.

**PONTO 6**

Praça 9 de Julho: solo sem recobrimento, com entorno constituído de grama e árvores de diferentes portes. Zona de fluxo intenso de veículos.

**PONTO 7**

Praça da Bandeira: ponto localizado embaixo de uma árvore, solo sem cobertura e com entorno de grama. Canteiro exterior da Praça na lateral da Avenida Brasil e 20 metros distante do *playground*. Zona de fluxo intenso de veículos.

**PONTO 8**

Praça Santa Filomena: ponto localizado no *playground*, com entorno constituído por vegetação espontânea. Pode receber fumaça do Distrito Industrial e da queima de materiais do lixo em situações climatológicas específicas.

**PONTO 9**

Praça Nossa Senhora do Carmo: ponto localizado embaixo de uma sibipiruna de médio porte. Solo sem cobertura e com entorno de grama, a 40 cm de uma planta ornamental. Ponto localizado há 100 metros de uma avenida com fluxo médio de veículos. Praça com árvores de porte médio e alto.

**PONTO 10**

Praça Nossa Senhora de Fátima (ao lado da Rodoviária): ponto localizado sob uma árvore do tipo “chapéu mexicano”, entorno de grama e há 15 metros da primeira plataforma de ônibus. Localizado na margem da Avenida Brasil, onde há um fluxo intenso de veículos.

**PONTO 11**

Praça das Cerejeiras (Praça Japonesa): solo sem recobrimento, com entorno de grama. Praça localizada em frente a 2 escolas, o que produz um movimento significativo de automóveis em alguns períodos do dia.

**PONTO 12**

UNESP – ponto localizado dentro da área da Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, no na parte representada pelo fundo do Auditório. Solo sem recobrimento, com entorno de vegetação espontânea e sob um eucalipto jovem.

**PONTO 13**

UNESP – ponto localizado dentro da área da Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP nas proximidades do Lago, pode ser considerado como “background”, ou seja, como a referência em termos de integridade do solo. Trata-se de local localizado distante da área de fluxo de automóveis do campus e no qual não tem havido alterações em termos de movimentação de terra, acréscimo de fertilizantes, etc.

**PONTO 14**

UNESP – ponto localizado dentro da área da Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, na lateral da pista de atletismo (próximo à arquibancada). Solo sem recobrimento e localizado embaixo de uma árvore do tipo “Ficus”. Ponto localizado próximo a um cruzamento de avenidas de grande movimento de automóveis.

**PONTO 15**

Aeroporto: ponto localizado em um canteiro do jardim do Aeroporto Ademar de Barros, a 40 metros da pista de pouso e a 150 metros dos hangares. Solo sem recobrimento e com uma pequena planta ornamental.

## 5. RESULTADOS

Na Tabela 1 a seguir são apresentadas as frações areia, argila e silte das 15 amostras de solos de Presidente Prudente. Os dados apresentados foram importantes para se analisar a presença de metais nas amostras, uma vez que, os metais se ligam mais facilmente às frações argila e silte (SOARES et al.). Observou-se que as amostras apresentaram percentual alto da fração areia.

Tabela 1. Frações de Areia, Argila e Silte nas Amostras de Solos (g/Kg de solo)

AMOSTRAS			Areia		Argila		Silte	
	pH	Condutividade		%		%		%
P 1 Hípica	7,92	142,3	750,8	75,08	162,6	16,26	86,5	8,65
P 2 Praça Alto Boa Vista	8,01	32,6	790,5	79,05	137,3	13,73	72,0	7,20
P 3 Parque do Povo 1	7,19	51,3	751,7	75,17	178,0	17,8	70,2	7,02
P 4 Parque do Povo 2	7,16	47,3	705,9	70,59	249,3	24,93	44,7	4,47
P 5 Praça M Sarrion	7,39	41,6	788,6	78,86	34,0	3,4	177,3	17,73
P 6 Praça 9 Julho	7,10	51,6	792,1	79,21	46,0	4,6	161,8	16,18
P 7 Praça Bandeira	7,36	113,0	795,7	79,57	86,6	8,66	117,5	11,75
P 8 Praça S Filomena	7,66	63,0	780,0	78,00	120,6	12,06	99,2	9,92
P 9 Praça N S Carmo	7,49	51,6	723,9	72,39	268,0	26,8	8,0	0,8
P10 Praça Rodoviária	6,40	670,6	722,7	72,27	214,0	21,4	63,2	6,32
P11 Praça Cerejeiras	7,28	61,3	695,1	69,51	180,0	18,0	124,9	12,49
P12 UNESP Auditório	7,36	21,6	669,3	66,93	208,6	20,86	122,0	12,20
P13 UNESP Lago	6,95	26,3	805,1	80,51	159,3	15,93	35,5	3,55
P 14 UNESP Pista	6,92	36,6	729,3	72,93	236,0	23,6	34,6	3,46
P 15 Aeroporto	7,04	26,3	804,3	80,43	194,0	19,4	1,6	0,16

Na Tabela 2 abaixo são apresentadas as concentrações de Matéria Orgânica e Carbonatos, importantes para o entendimento do comportamento de alguns metais.

Tabela 2. Matéria Orgânica e Carbonatos (mg/kg solo)

AMOSTRA	Matéria Orgânica	Carbonatos
P 1 Hípica	13,43	1
P 2 Praça Alto Boa Vista	18,61	1
P 3 Parque do Povo 1	14,97	1,4
P 4 Parque do Povo 2	13,94	0,6
P 5 Praça M Sarrion	17,89	1



P 6 Praça 9 Julho	16,72	1
P 7 Praça Bandeira	17,16	1
P 8 Praça S Filomena	20,21	1,4
P 9 Praça N S Carmo	17,25	0,8
P10 Praça Rodoviária	17,04	0,8
P11 Praça Cerejeiras	15,89	0
P12 UNESP Auditório	18,42	0,2
P13 UNESP Lago	15,70	0
P 14 UNESP Pista	17,21	0,2
P 15 Aeroporto	17,55	0,4
BRANCO	21,59	

Para que se possa analisar as concentrações dos diferentes metais obtidos, é preciso que se tenha parâmetros de referência e comparação. A Tabela 3 a seguir trás os Limites Máximos Aceitáveis para Metais Potencialmente Tóxicos utilizados por RUIZ-CORTÉS et al. (2005:466) e pela CETESB-COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, órgão fiscalizador do Estado de São Paulo.

Tabela 3 - Limites Máximos Aceitáveis (mg kg<sup>-1</sup>) estabelecidos em vários países ou regiões para metais estudados em solos áreas residenciais e de recreação.

País/Região	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Quebec	250	100	100	500	500
Canadá	64	63	50	140	200
Itália	150	120	120	100	150
Suécia	120	100	35	80	150
País Basco	400	-	500	450	-
Brasil- CETESB - (VRQ) Residências	40	35	13	17	60
Brasil - CETESB (VI) Residências	300	400	100	300	1000

Fonte: RUIZ-CORTÉS et al., 2005, CETESB, 2005.

No Estado de São Paulo, a CETESB definiu através da DECISÃO DE DIRETORIA N° 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005 dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. A saber:

**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, e é determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos e amostras de águas subterrâneas de diversos aquíferos do Estado de São Paulo. Deve ser utilizado como referência nas ações de prevenção da poluição do solo e das águas subterrâneas e de controle de áreas contaminadas.

**Valor de Prevenção - VP** é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas. Foi determinado para o solo com base em ensaios com receptores ecológicos. Deve ser utilizado para disciplinar a introdução de substâncias no solo e, quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida a nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes proceder o monitoramento dos impactos decorrentes.

**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, foi calculado utilizando-se procedimento de avaliação de risco à saúde humana para cenários de exposição Agrícola-Área de Proteção Máxima – APM<sub>Max</sub>, Residencial e Industrial. Na Tabela 4 são apresentados apenas os valores referentes a solos.

Tabela 4 - Valores Orientadores para Solo no Estado de São Paulo Solo (mg.kg<sup>-1</sup> de peso seco)

Substância	Referência de Qualidade	Prevenção	Intervenção		
			Agrícola APM <sub>Max</sub>	Residencial	Industrial
Alumínio	-	-	-	-	-
Antimônio	<0,5	2	5	10	25
Arsênio	3,5	15	35	55	150
Bário	75	150	300	500	750
Boro	-	-	-	-	-
Cádmio	<0,5	1,3	3	8	20
Chumbo	17	72	180	300	900
Cobalto	13	25	35	65	90
Cobre	35	60	200	400	600
Cromo	40	75	150	300	400
Ferro	-	-	-	-	-
Manganês	-	-	-	-	-
Mercurio	0,05	0,5	12	36	70
Molibdênio	<4	30	50	100	120
Níquel	13	30	70	100	130
Nitrato (como N)	-	-	-	-	-
Prata	0,25	2	25	50	100
Selênio	0,25	5	-	-	-
Vanádio	275	-	-	-	-
Zinco	60	300	450	1000	2000

Nas Tabelas 5 e 6 são apresentados os valores pseudo-totais de todos os metais que aparecem nas amostras de solos de Presidente Prudente. Observa-se que as concentrações de alumínio e ferro são bastante elevadas o que, numa avaliação preliminar, supõe uma origem natural.

Tabela 5: Valores Pseudo-Totais obtidos em extrações com Água Régia (mg.kg<sup>-1</sup> peso seco)

AMOSTRAS	Al	B	Ba VRQ 75 VI 500	Ca ND ND	Cd VRQ <0,5 VI 8	Co VRQ 13 VI 65	Cr VRQ 40 VI 300	Cu VRQ35 VI 400
P 1 Hípica	18.700,00	1,56	44,43	1430,00	0,61	7,07	17,30	16,30
P 2 Praça Alto Boa Vista	14.966,67	0,95	47,53	490,67	0,43	6,29	23,70	3,58
P 3 Parque do Povo 1	21.700,00	0,95	39,67	805,67	0,51	6,73	27,37	4,20
P 4 Parque do Povo 2	24.400,00	1,19	48,30	1015,67	0,58	7,61	30,97	4,99
P 5 Praça M Sarrion	21.400,00	0,54	25,20	792,33	1,08	9,65	20,57	14,43
P 6 Praça 9 Julho	19.600,00	0,74	22,60	865,67	0,48	4,74	17,87	5,58
P 7 Praça Bandeira	14.566,67	1,19	32,10	1330,00	0,50	5,18	20,93	5,59
P 8 Praça S Filomena	20.400,00	1,42	42,73	728,33	0,37	5,98	18,87	4,23
P 9 Praça N S Carmo	34.700,00	0,95	36,23	876,33	0,74	7,15	25,97	7,13
P10 Praça Rodoviária	27.266,67	1,04	28,13	751,67	0,84	7,77	23,60	10,15
P11 Praça Cerejeiras	27.833,33	1,07	63,33	941,67	0,55	8,37	28,93	6,37
P12 UNESP Auditório	40.733,33	0,90	36,00	550,67	0,74	7,63	29,63	3,92

P13 UNESP Lago	15.000,00	0,64	19,77	430,67	0,07	3,49	15,97	2,47
P 14 UNESP Pista	25.333,33	0,83	36,80	660,67	0,63	7,13	22,67	11,63
P 15 Aeroporto	15.300,00	0,85	29,73	663,00	0,55	5,81	19,40	6,62
BCR	73.233,33	1,98	96,17	1853,33	1,57	17,90	70,53	64,63
Branco	40,80	0,37	0,00	20,80	0,13	0,00	0,04	0,07

ND: Não Definido

Como pode ser observado, se forem considerados os valores definidos, pela CETESB, como Valores de Intervenção (VI) para solos de uso residencial, nenhum dos pontos de coleta apresenta qualquer valor acima do permitido. Mesmo quando se considera os Valores de Referência de Qualidade (VRQ) que são bem mais restritivos, o único parâmetro que ultrapassa é o cádmio que apresenta concentrações superiores ao VRQ em 9 dos 15 pontos analisados e que chega a ter o dobro da concentração permitida no Ponto localizado na Praça Monsenhor Sarrion (1,08 mg/kg) e apresenta o valor de 0,84 mg/kg na Praça da Rodoviária.

Tabela 6: Valores Pseudo-Totais obtidos em extrações com Água Régia (mg.kg-1 peso seco)

AMOSTRAS	Fe	Mn	Ni	Pb	S	V	Zn
	-	-	VRQ 13 VI 100	VRQ 17 VI 300	VRQ 0,25 VI -	VRQ 275 VI -	VRQ 60 VI 1000
P 1 Hípica	11.700,00	126,33	8,86	7,91	152,33	22,00	20,03
P 2 Praça Alto Boa Vista	8.876,67	161,00	9,46	5,95	94,00	6,00	9,20
P 3 Parque do Povo 1	10.633,33	151,33	10,42	14,29	128,67	24,00	25,97
P 4 Parque do Povo 2	11.733,33	184,00	11,52	10,91	162,67	24,00	20,23
P 5 Praça M Sarrion	18.733,33	227,33	11,50	10,72	102,90	48,00	30,53
P 6 Praça 9 Julho	10.173,33	125,00	7,55	9,97	131,33	40,00	27,30
P 7 Praça Bandeira	9.736,67	159,00	8,91	9,62	127,67	20,00	30,70
P 8 Praça S Filomena	9.053,33	107,53	10,24	7,26	69,57	0,00	9,58
P 9 Praça N S Carmo	15.300,00	171,67	10,60	12,53	108,13	0,00	15,93
P10 Praça Rodoviária	15.900,00	100,20	8,29	16,67	173,33	14,00	25,50
P11 Praça Cerejeiras	14.566,67	157,67	11,57	13,90	133,33	32,00	18,47
P12 UNESP Auditório	15.000,00	106,67	10,12	11,22	92,33	28,00	14,23
P13 UNESP Lago	5.436,67	110,67	6,97	6,61	127,00	2,00	11,88
P 14 UNESP Pista	13.100,00	141,67	10,00	10,26	113,33	38,00	24,70
P 15 Aeroporto	9.280,00	146,67	8,80	9,89	95,83	14,00	20,27
BCR	25.700,00	734,67	54,23	29,60	229,67	10,00	80,30
Branco	15,43	0,98	0,82	1,33	30,47	10,00	0,40

## DISCUSSÃO

As concentrações de cromo não ultrapassam o Valor de Referência de Qualidade (VRQ) que é de 40 mg/kg. Os pontos que apresentam maiores concentrações são: Parque do Povo 2 (30,97 mg/kg), UNESP Auditório (29,63 mg/kg) e Praça das Cerejeiras (28,93 mg/kg).

Embora nenhum dos pontos tenha apresentado valores acima do permitido, as concentrações de níquel nos pontos localizados na Praça das Cerejeiras (11,57 mg/kg), Parque do Povo 2 (11,52 mg/kg) e Praça Monsenhor Sarrion (11,50 mg/kg) apresentam concentrações próximas do Valor de Referência de Qualidade (VRQ) que é de 13,0 mg/kg de solo.

AJMONE-MARSAN et al., 2008:75 consideram o níquel e o cromo como “metais não urbanos” e atribuem sua ocorrência ao material de origem, refletindo uma contribuição litogênica.

Quanto ao chumbo, a Praça da Rodoviária apresenta uma concentração de 16,67 mg/kg que é o valor mais próximo do VRQ (17,0 mg/kg peso seco).

O VRQ para o zinco é de 60 mg/kg de peso seco de solo. A Praça da Bandeira e a Praça Monsenhor Sarrion são as que apresentam os valores mais altos: 30,70 e 30,53 mg/kg, respectivamente. Como já foi dito, a fonte antrópica nesses 2 casos, seria o tráfego de veículos.

A maior concentração de cobre encontrada deu-se na amostra coleta na entrada da Sociedade Hípica que está localizada na área do Distrito Industrial da cidade. O VRQ é de 35 mg/kg e o valor encontrado é de 16,30 mg/kg de peso seco de solo.

O VRQ para o enxofre é bastante restritivo (0,25 mg/kg). Em todos os pontos de coleta, essa concentração é ultrapassada em muitas vezes. A maior concentração ocorre no ponto da Praça da Rodoviária (173,33 mg/kg), o que pode ser atribuído à fumaça dos ônibus movidos a óleo diesel. Este ponto apresenta também o menor valor de pH (6,40) e o maior de condutividade (670,3  $\mu$ S).

Pode-se sugerir 2 possibilidades para os resultados obtidos neste trabalho:

- O fato da cidade estudada ainda não apresentar problemas significativos de poluição do ar de origem industrial e nem resultante do tráfego de veículos, que seriam as 2 principais fontes antrópicas de contaminação de metais e

- Os solos da cidade são predominantemente arenosos. Estudos vêm comprovando que normalmente os metais estão adsorvidos às partículas mais finas do solo: argila e silte.

Vários autores têm demonstrado que as partículas finas de solo normalmente apresentam concentrações de metais mais altas do que as frações mais grosseiras devido à sua grande área superficial, maior teor de argila, conteúdo de matéria orgânica e a presença de óxidos de ferro e manganês que atuam como adsorventes de Metais Potencialmente Tóxicos (AJMONE-MARSAN et al., 2008:76).

Como as amostras foram colhidas em uma profundidade média de 15 cm, pode-se supor que os metais tenham sido drenados para camadas mais profundas e, portanto, não tenham sido coletados. Neste caso os metais podem estar disponíveis para serem absorvidos para plantas e também podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas.

Segundo Sposito et al. (1982) *apud* COSTA et al. (2007:3) Os metais adsorvidos nas entrecamadas de argilas, precipitados com carbonatos, ligados a óxidos ou complexados pela matéria orgânica podem ser considerados menos biodisponíveis, dependendo da combinação das propriedades químicas e físicas do solo.

Considerando que os solos analisados apresentam baixos teores de matéria orgânica e de carbonatos, é de supor que apresentem uma maior biodisponibilidade, o que potencializa riscos de contaminação de organismos vivos.

## CONCLUSÕES

O fato das concentrações encontradas estarem, em sua maioria, de acordo com os Limites Máximos Aceitáveis utilizados em países estrangeiros e com os Valores de Referência de Qualidade utilizados pela CETESB, aponta para a necessidade de um monitoramento permanente uma vez que, como já foi dito, os metais são substâncias tóxicas, não-biodegradáveis e acumulativas.

Como no caso de Presidente Prudente e de muitas cidades não industrializadas, a principal fonte de emissão é constituída por automóveis, a situação tende a se agravar pelo fato de que o número de veículos vem aumentando de maneira bastante significativa e acelerada. Cabe ressaltar que embora a gasolina brasileira seja considerada como isenta de chumbo, possui uma concentração de 0,005 g/L, segundo dados da ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

Os resultados obtidos indicam, ainda, que outra investigação deve ser realizada com amostras colhidas em profundidades maiores nas áreas de maior risco potencial.

## AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores do Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (Espanha) Luis Madrid, Fernando Madrid e Isabel María Serrano Guerra (Técnica de Laboratório), onde este trabalho foi desenvolvido.

## REFERÊNCIAS

AJMONE-MARSAN, F., BIASOLI, M., KRALJ, T., GRČMAN, H., DAVIDSON, C. M., HURSTHOUSE, A.S., MADRID, L., RODRIGUES, S. *Metals in particle-size fractions of the soils of five European cities*. Environmental Pollution, vol. 152, Issue 1, March 2008, p.73-81.

ABRAHAMAS, P.W. *Soils: their implications to human health*. The Science of the Total Environment 291 (2002) 1–32.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DECISÃO DE DIRETORIA Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005. Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005

COSTA, CLÁUDIA DAS NEVES Biodisponibilidade de metais pesados em solos do Rio Grande do Sul. *Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutor em Ciência do Solo Porto Alegre (RS)*. Brasil Agosto de 2005. <http://dominiopublico.mec.gov.br/download/texto/cp002038.pdf>

COSTA, CLÁUDIA NEVES, MEURER, EGON JOSÉ, BISSANI, CARLOS ALBERTO, TEDESCO, MARINO JOSÉ *Fracionamento sequencial de cádmio e chumbo em solos*. Ciência Rural vol.37 no. 5, Santa Maria Sept./Oct. 2007.

CRUZ-GUZMÁN Marta Alcalá *La contaminación de suelos y aguas. Su prevención con nuevas sustancias naturales*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2007. 243 p.

DÍAZ-BARRIENTOS, E. et al. *Copper and zinc retention by an organically amended soil*. Chemosphere 50 (2003) 911–917.

KELLEY, Mark E., BRAUNING, Susan E., SCHOOF, Rosalind A., RUBY, Michael, V. *Assessing Oral Bioavailability of Metals in Soil*. Columbus (Ohio): Batelle Press, 2002.

LOEHR, Raymond *The environmental impact of soil contamination: bioavailability, risk assessment, policy implications*. Reason Foundation, Los Angeles, Aug 1996. Policy Study n. 211.

JOHN, David A., LEVENTHAL, Joel S. *Bioavailability of metals*. Disponível em [pubs.usgs.gov/of/1995/ofr-95-0831/CHAP2.pdf](http://pubs.usgs.gov/of/1995/ofr-95-0831/CHAP2.pdf)

MADRID, Luis, DÍAZ-BARRIENTOS, Encarnación, MADRID, Fernando *Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville*. Chemosphere 49 (2002) 1301–1308.

- MADRID, L. et al. *Metals in urban soils of Sevilla: seasonal changes and relations with other soil components and plant contents*. European Journal of Soil Science, June 2004, 55, 209–217.
- MADRID, F.; REINOSO, R.; FLORIDO, M.C.; DÍAZ BARRIENTOS, E.; AJMONE-MARSAN, F.; DAVIDSON, C.M.; MADRID, L. *Estimating the extractability of potentially toxic metals in urban soils: A comparison of several extracting solutions*. Environmental Pollution, Volume 147, Issue 3, June 2007, Pages 713-722.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.) COMMIT (Author) *Bioavailability of Contaminants in Soils and Sediments: Processes, Tools, and Applications*. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003, 420 p.
- PÉREZ, D. V.; MANZATTO, Celso V.; ALCANTARA, Sarai de ; WASSERMAN, Maria Angélica. *Geoquímica dos solos brasileiros*. In: Cássio Roberto da Silva. (Org.). Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente. Rio de Janeiro: CPRM, 2006, p. 36-42.
- PEIJNENBURG, W.J.G.M., JAGER, T. *Monitoring approaches to assess bioaccessibility and bioavailability of metals: Matrix issues*. Ecotoxicology and Environmental Safety 56 (2003) 63–77.
- RUBY, M. V. et al. *Advances in evaluating the oral bioavailability of inorganics in soil for use in human health risk assessment*. Environmental Science & Technology, Vol. 33, No. 21, 1999.
- RUIZ-CORTES, E. et al. *Concentrations of potentially toxic metals in urban soils of Seville: relationship with different land uses*. Environmental Geochemistry and Health (2005) 27: 465–474
- SOARES, H.M.V.M. et al. *Sediments as monitors of heavy metal contamination in the Aveiro river basin (Portugal): multivariate analysis of data*. Environmental Pollution 105 (1999) 311-323.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY *Guidance for Evaluating the Oral Bioavailability of Metals in Soils for Use in Human Health Risk Assessment*. OSWER 9285.7-80, Maio 2007.