

Utilização de cascas de árvores como biomonitores da poluição atmosférica no Parque Ibirapuera – São Paulo

Ana P. G. Martins^{1,3}, Marco A. G. Martins¹, Elnara M. Negri¹, Marcos A. Scapin², Andreza P. Ribeiro², Mitiko Saiki² and Paulo H. N. Saldiva¹

¹Faculdade de Medicina da USP, Departamento de Patologia

²Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP)

³Instituto Itapetiningano de Ensino Superior - IIES

INTRODUÇÃO

A cidade de São Paulo é uma das maiores cidades do mundo, sendo a maior da América Latina, com aproximadamente 11 milhões de habitantes (IBGE, 2008) e 1525 km², onde circulam, diariamente mais de 6 milhões de veículos (CET, 2008). A poluição atmosférica que afeta a cidade é proveniente, principalmente de emissões veiculares e também de setores industriais situados no entorno da cidade.

A impermeabilização do solo e a falta de áreas verdes fazem com que a cidade armazene calor ao longo do dia, o que somado à exposição aos poluentes pode aumentar o risco de doenças respiratórias e cardiovasculares na população da cidade. Segundo SALDIVA (2008) estima-se que os níveis atuais de poluição em São Paulo reduzam a expectativa de vida em cerca de um ano e meio.

O processo de ocupação muito rápido da cidade de São Paulo e dos municípios do entorno fez com que a cidade avançasse sobre as áreas verdes, que hoje se restringem a parques estaduais e municipais, que são meios de lazer e recreação para os habitantes da cidade e que, principalmente, têm papel fundamental no combate às ilhas de calor, seqüestro de carbono e filtro de poluentes, infiltração de água da chuva, entre outros.

Na região metropolitana de São Paulo foram feitos alguns estudos utilizando biomonitores de poluição atmosférica, como líques e bromélias (FIGUEIREDO *et al*, 2007; FUGA *et al*, 2008) visando complementar o monitoramento feito pela CETESB. Como ficaria muito caro instalar monitores mecânicos por toda a cidade e, devido à sua extensão, a poluição varia de uma área para outra, torna-se necessário monitorar vários pontos.

O uso de vegetais, principalmente cascas de árvores, no biomonitoramento de poluição atmosférica é uma alternativa muito eficiente para a complementação do monitoramento tradicional, mais complexo e sofisticado (ainda que esse não deva ser descartado), num

grande centro urbano como São Paulo, como também é uma opção segura, disponível e barata de monitoramento em locais onde não há outras fontes.

Neste contexto, o presente trabalho visa estudar o uso de cascas de árvores como biomonitores da poluição atmosférica da cidade de São Paulo e caracterizar a existência de possíveis gradientes de poluição no ambiente urbano em microescala (parques) sob a influência do tráfego veicular, por meio de mapas de isolinhas de concentração de quatro elementos químicos (Cu, Fe, S, Zn) obtidos a partir da análise de amostras de cascas coletadas em árvores situadas no parque do Ibirapuera.

Biomonitores vegetais para avaliar a qualidade do ar têm sido utilizados em muitos países, como uma alternativa fácil, disponível e barata em relação aos métodos tradicionais de monitoramento do ar. Os elementos mais utilizados para esse fim são líquens, musgos, epífitas e folhas e cascas de árvores (KLUMPP, 2003; CARRERAS *et al*, 2006; BERLIZOV *et al*, 2008)

A utilização de cascas de árvores no biomonitoramento da poluição atmosférica tem sido estudada em diversos países, desde a década de 70. No entanto, no Brasil, os estudos utilizando cascas para esse fim são muito poucos e a poluição atmosférica tem se tornado um problema cada vez maior, principalmente nas grandes cidades, como São Paulo.

BARNES *et al* (1976) em um estudo na Escócia, sobre acúmulo de Pb, Cu e Zn em cascas de árvores, observou que as cascas apresentaram maiores concentrações desses elementos do que os anéis de crescimento. Também observou que, independentemente da espécie estudada, cascas ásperas demonstraram maior potencial para acúmulo de metais do que cascas lisas, de um mesmo local.

SANTAMARIA e MARTIN *et al* (1997) também demonstraram que as cascas ásperas, grossas, externas e decíduas são mais indicadas como biomonitores de poluentes atmosféricos. Com relação à diferença entre cascas internas e externas (inner e outer bark), há um consenso entre mais alguns autores de que as camadas externas da casca (outer bark) são mais indicadas para estudos de poluição atmosférica (KUANG *et al*, 2007).

Em um estudo realizado na Itália, SANTITORO *et al* (2004) observou que líquens apresentaram maiores concentrações de Fe, Ni e Zn quando comparados a cascas de árvores do mesmo local. Porém, as concentrações de Pb nas cascas foram da ordem de grandeza cinco vezes maior que as concentrações nos líquens. Já outros estudos revelaram maiores concentrações de Cr em cascas do que em líquens.

PACHECO *et al* (2002) em um estudo realizado em Portugal com análise de 46 elementos-traço, mostrou que as cascas de árvore apresentaram maiores concentrações de

todos os elementos do que os líquens. Os autores ressaltam que as cascas podem ser utilizadas para o bimonitoramento de poluentes atmosféricos, ao invés de líquens e epífitas, por demonstrarem maior acúmulo de poluentes, sendo que as concentrações de elementos podem ser analisadas da mesma maneira e, principalmente, porque evitam uma possível perda de biodiversidade.

Área de Estudo

O Parque Ibirapuera (figura 1) foi inaugurado em 21 de agosto de 1954, durante as comemorações do IV Centenário de São Paulo e concebido pelos arquitetos Oscar Niemeyer, Ulhôa Cavalcanti, Zenon Lotufo, Eduardo Knesse de Mello, Ícaro de Castro Mello, além do paisagista Augusto Teixeira Mendes. É um dos parques mais procurados pela população paulistana, chegando a ter aproximadamente 400.000 visitantes nos finais de semana, sendo uma das mais importantes áreas verdes e de lazer da cidade, com área de 1.584.000 m².

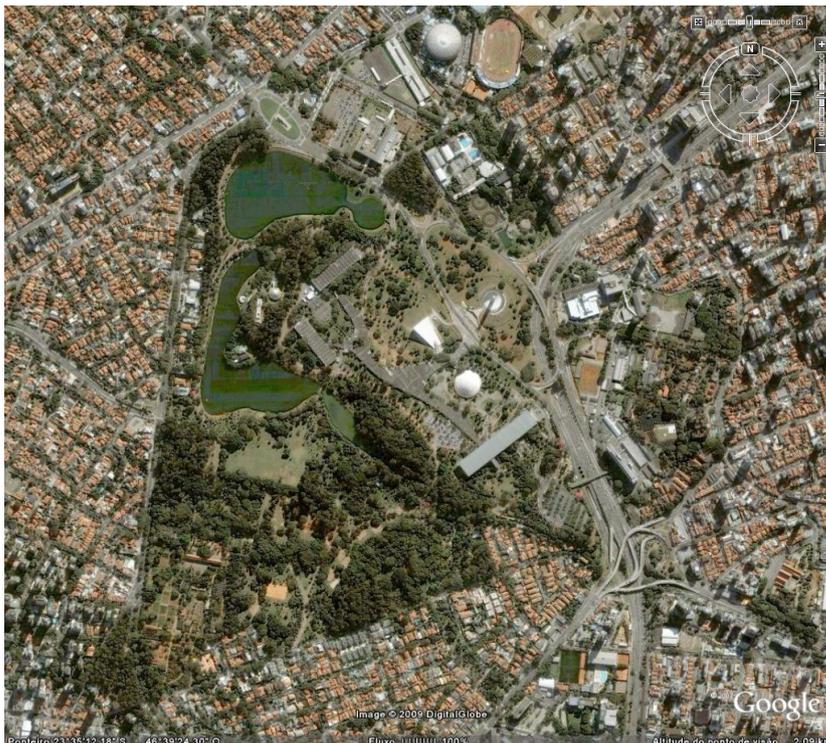


Figura 1 - Vista aérea do Parque Ibirapuera (fonte: Google Earth, em 01/02/2009)

Amostragem

Foram coletadas amostras (figura 2) de cascas externas de árvores de espécies predominantes no parque, com CAP (Circunferência à Altura do Peito) entre 0,4 a 3,44m,

que foram geo-referenciadas utilizando um GPS Garmin, com precisão (erro) de 10 a 20 m. Devido à heterogeneidade de espécies no parque, espécies diferentes foram utilizadas nesse estudo. A escolha das mesmas foi feita com base em distribuição geográfica dentro dos parques e tipo de casca. As principais espécies coletadas foram: - eucalipto (*Eucaliptus* sp.) e tipuana (*Tipuana tipu*).

As amostras das cascas de árvores foram coletadas a aproximadamente 1.20m do solo, com o auxílio de um canivete e armazenadas em envelopes de papel pardo.

Foram também coletadas amostras de cascas de árvores situadas fora da cidade de São Paulo, na área rural de Embu-Guaçu, num local distante de vias de tráfego e indústrias, como região controle.

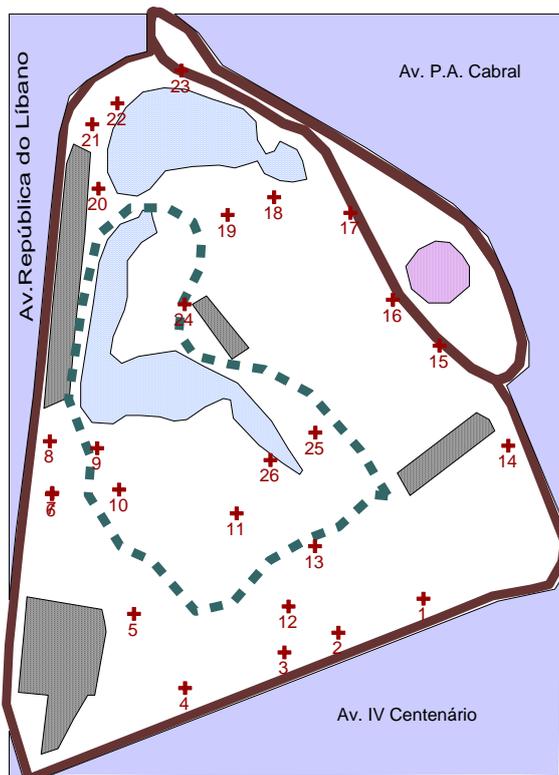


Figura 2 - Pontos de coleta no Parque Ibirapuera (Elaboração: Ana P. G. Martins – 01/02/2009)

2.3 Preparo das Amostras

No laboratório, as amostras foram limpas utilizando uma escova de dente e a camada externa da casca (aproximadamente 3mm) foi utilizada. Essa camada foi ralada em ralador de titânio (figura 3) e peneirada, para obter pequeninos pedaços (de aproximadamente 0.2mm).

Para o preparo das pastilhas, que foram analisadas por Fluorescência de Raio X por Dispersão de Energia (EDXRF), aproximadamente 0,5g de cada amostra e 2,5g de ácido bórico foi prensada em prensa hidráulica a 4 toneladas por minuto.



Figura 3 - Ralador de Titânio (foto de Ana Paula G. Martins – 15/12/2008)

2.4 Análise - Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia - EDXRF

No sistema de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF), os raios X característicos incidem em um detector eletrônico de estado sólido, que produz pulsos elétricos com a amplitude proporcional à energia da radiação incidente. Um software processa os pulsos elétricos em função da energia, visualizando o espectro de emissão característico dos elementos.

O espectrômetro de Fluorescência de raios X utilizado foi o da marca SHIMDZU Co. modelo EDX-700HS (figura 4).

Entre as vantagens da utilização da técnica de Fluorescência de raios X para análise química de elementos pode-se citar: a sua adaptabilidade para automação, limite de detectabilidade dentro do exigido por muitas amostras biológicas, preparação rápida e

simplificada da amostra e análise multi-elementar, muito importante devido a interdependência entre micronutrientes nos sistemas biológicos. Assim é uma técnica utilizada onde há necessidade de se correlacionar os elementos essenciais e tóxicos de uma amostra.



Figura 4 – Fluorescência de Raio X - EDXRF (foto de Ana Paula G. Martins – 20/09/2008)

2.5 Mapas de Concentração de Poluentes

Com os resultados obtidos no EDXRF, foram gerados mapas de isolinhas de concentração de poluentes no parque, através do programa SURFER 8.0.

1. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para assegurar a precisão e exatidão dos resultados, foram analisados dois materiais de referência: Peach Leaves (NIST-1547) e Mixed Polish Herbs (INCT-MPH-2). Os resultados são demonstrados na tabela abaixo:

	INCT-MPH-2		NIST-1547	
elemento	Obtido	Certificado	Obtido	Certificado
Cu	6,2	7,8 (+/- 0,53)	4,7	3,7(+/- 0,4)
Fe	450,3	460,0 (*)	201,4	218,0(+/-14)
S (%)	0,2	0,2(+/- 0,014)	0,2	0,2(*)
Zn	31,0	33,5(+/- 2,1)	18,1	17,9(+/- 0,4)

Tabela1: Concentração de elementos encontrada em material certificado.
(Elaboração: Ana P. G. Martins – 01/02/2009) (*) valor indicativo

Na tabela 2 são apresentados os resultados das concentrações obtidas (mínima-máxima) nas amostras coletadas no Parque Ibirapuera e na região rural de Embu-Guaçú, utilizada como área “controle”, por ser uma região afastada de corredores de tráfego veicular.

Elemento (mg/kg)	Parque Ibirapuera	Embú-Guaçú
Cu	28,86 - 95,92	19,15 - 26,27
Fe	490,54 - 6858,88	193,3 – 2438,11
S (%)	0,25 – 0,61	0,21 – 0,33
Zn	32,89 – 257,80	11,60 – 36,87

Tabela 2 : Concentração de elementos encontrada nas amostras do parque e da área controle
(Elaboração: Ana P. G. Martins – 01/02/2009)

Com os resultados obtidos, podemos observar que os valores encontrados nesta pesquisa estão em concordância com valores obtidos em outros países, em estudos anteriores. Por exemplo, EL-HAZAN *et al* (2002) em estudo com cascas de árvores na capital da Jordânia, encontrou concentrações de Zinco um pouco superiores a estas (16 – 442ppm, com média de 295ppm), também associadas à proximidade de vias de tráfego intenso, indicando provável fonte veicular do elemento (emissões veiculares e desgaste de pneus).

Já SANTITORO *et al* (2004), em estudo na Itália, encontrou concentrações mais baixas de zinco (43-88ppm); porém, ainda assim, notou o aumento da concentração em locais próximos de ruas e avenidas movimentadas.

Um estudo realizado com cascas de árvores e solo na China, para investigar possíveis emissões de uma indústria, apontou concentrações médias de 39,5 ppm de Zn em área de

reserva florestal e 241,0 ppm de Zn nos solos próximos à indústria (KUANG, 2007), indicando possíveis fontes industriais para esse elemento.

Em São Paulo, FUGA *et al* (2008) realizaram estudos utilizando líquens como biomonitores de poluição atmosférica e encontraram altas concentrações de Zn em Congonhas, Santo Amaro e Osasco (599ppm em Congonhas), indicando possível fonte veicular e industrial para o elemento (emissões veiculares de avenidas de tráfego pesado e intenso e área industrial) . Ainda neste estudo, as maiores concentrações de Ferro foram encontradas na região de Mauá e São Miguel Paulista (8000ppm e 6300ppm).

Outro estudo realizado em São Paulo, por FIGUEIREDO *et al* (2007) utilizando bromélias, obteve concentrações de 41-182ppm de Zinco na cidade, apontando os elementos Bário e Zinco como “elementos relacionados ao tráfego”. MONACI *et al* (2000), sugere que Bário e Zinco podem ser considerados como novos traçadores de emissões veiculares, em substituição ao chumbo.

Neste trabalho, pudemos notar que os elementos estudados apresentaram concentrações mais elevadas no Parque Ibirapuera (Tabela 2) do que na área rural de Embú, mostrando uma maior emissão de poluentes atmosféricos na área urbana. Além disso, um gradiente de concentração de elementos no parque foi observado (maior concentração de elementos na periferia – vide mapas).

Mapas de Concentração de Poluentes

Foram gerados mapas de concentração de Zinco, Cobre, Ferro e Enxofre no parque do Ibirapuera, através do programa SURFER 8.0 (Figuras 5 – 8).

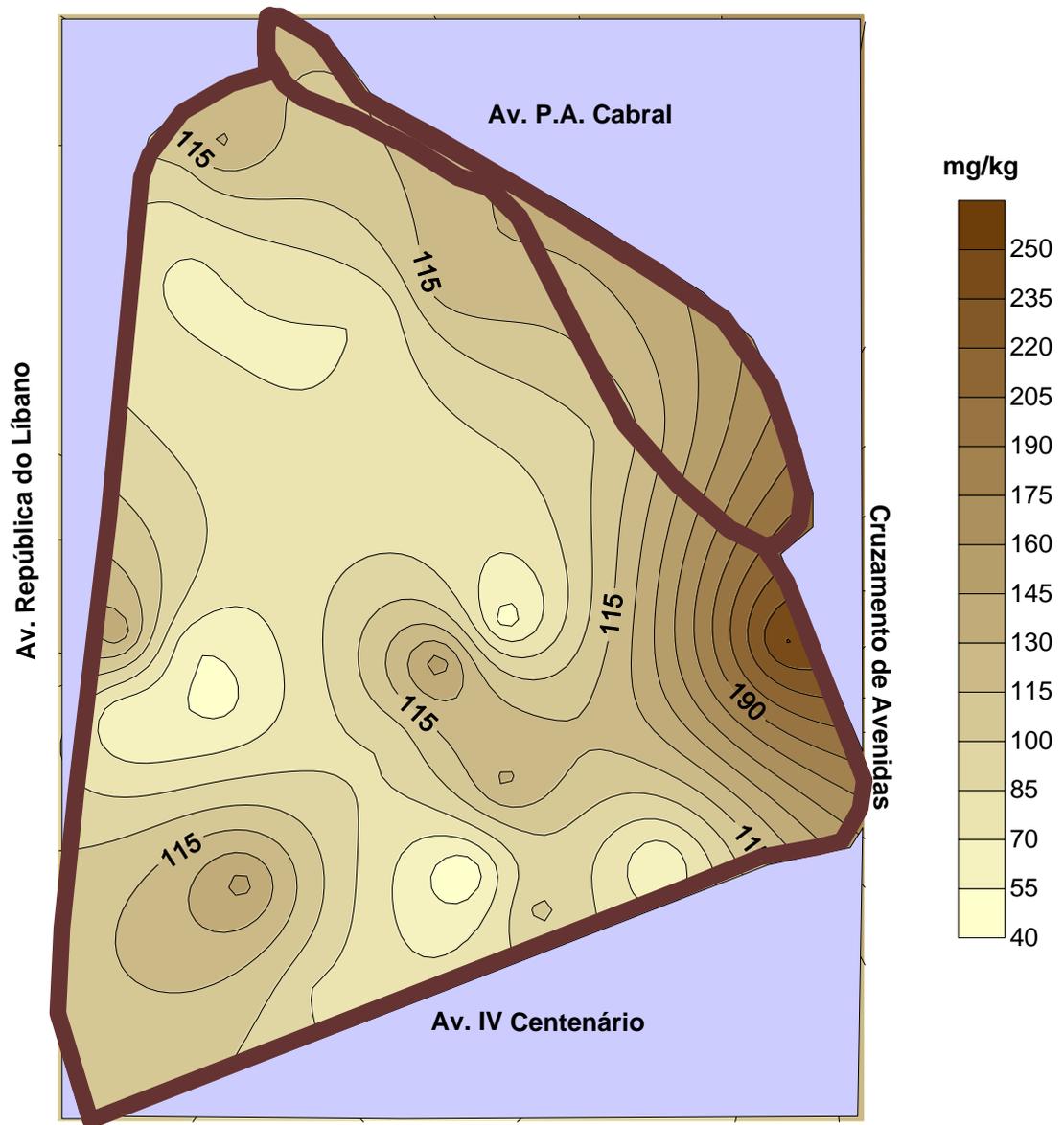


Figura 5 - Concentração de Zinco nas amostras de cascas de árvores no Parque Ibirapuera (Elaboração: Ana P. G. Martins – 05/12/2008)

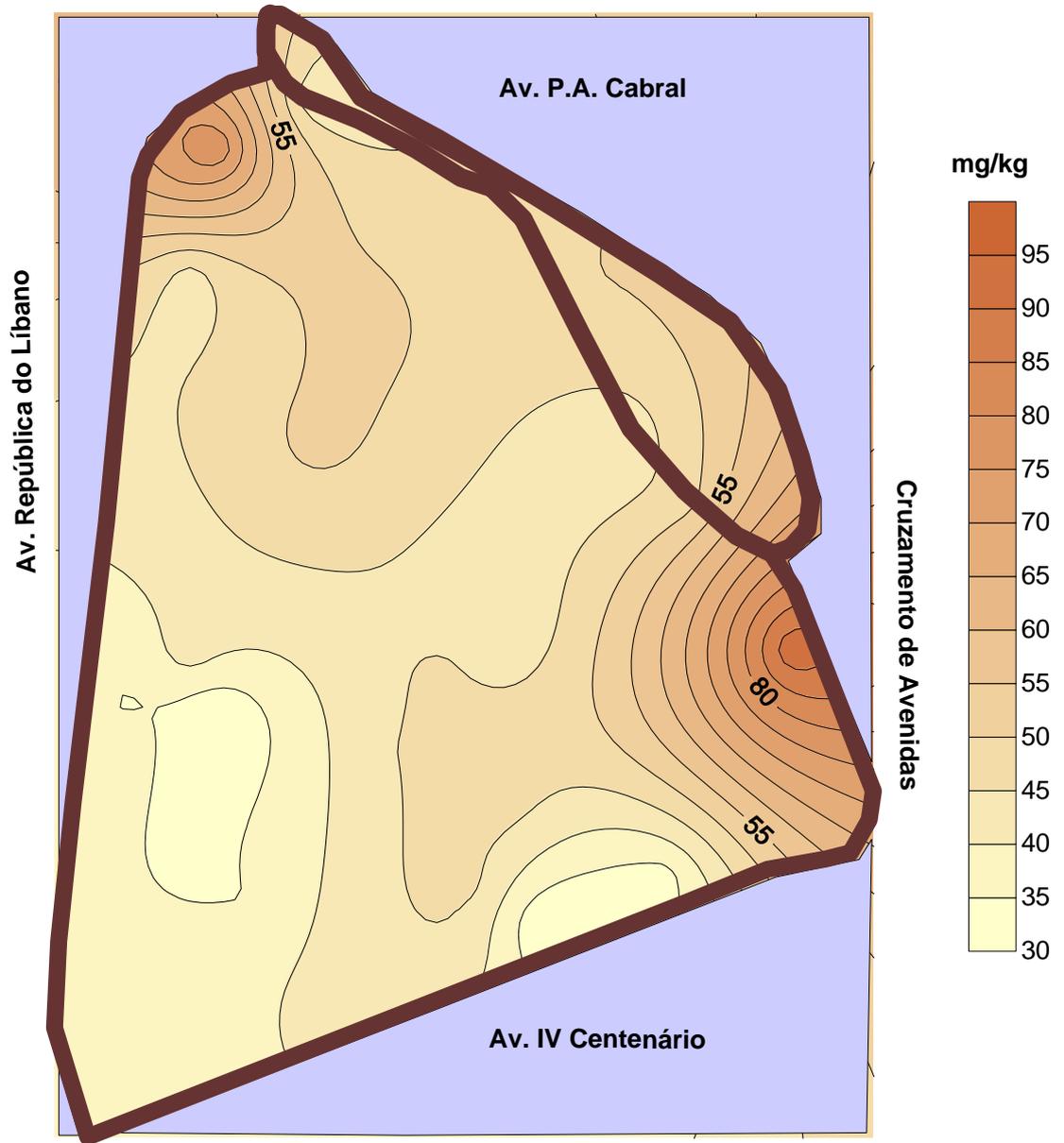


Figura 6 - Concentração de Cobre nas amostras de cascas de árvores no Parque Ibirapuera (Elaboração: Ana P. G. Martins – 05/12/2008)

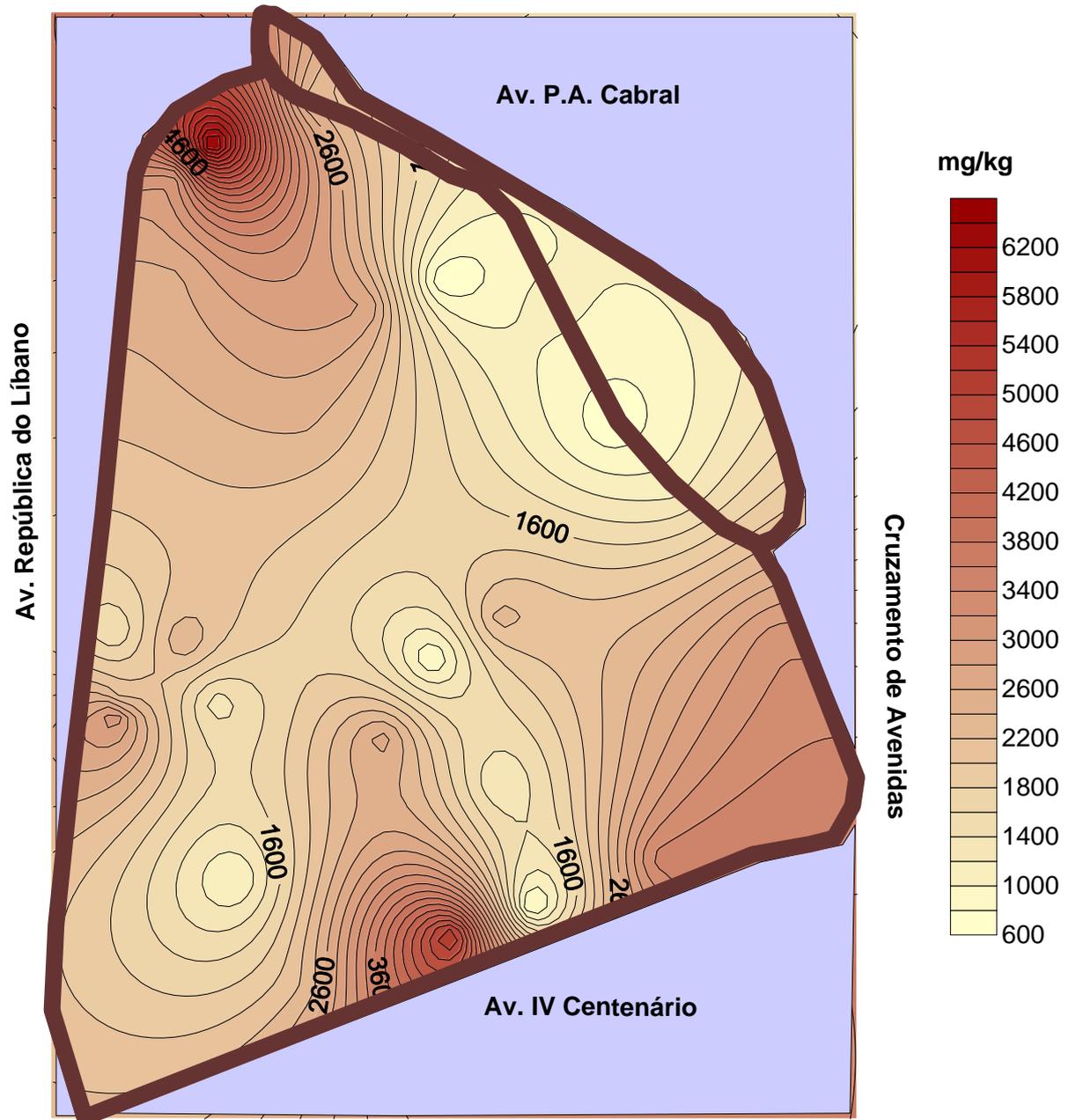


Figura 7 - Concentração de Ferro nas amostras de cascas de árvores no Parque Ibirapuera (Elaboração: Ana P. G. Martins – 05/12/2008)

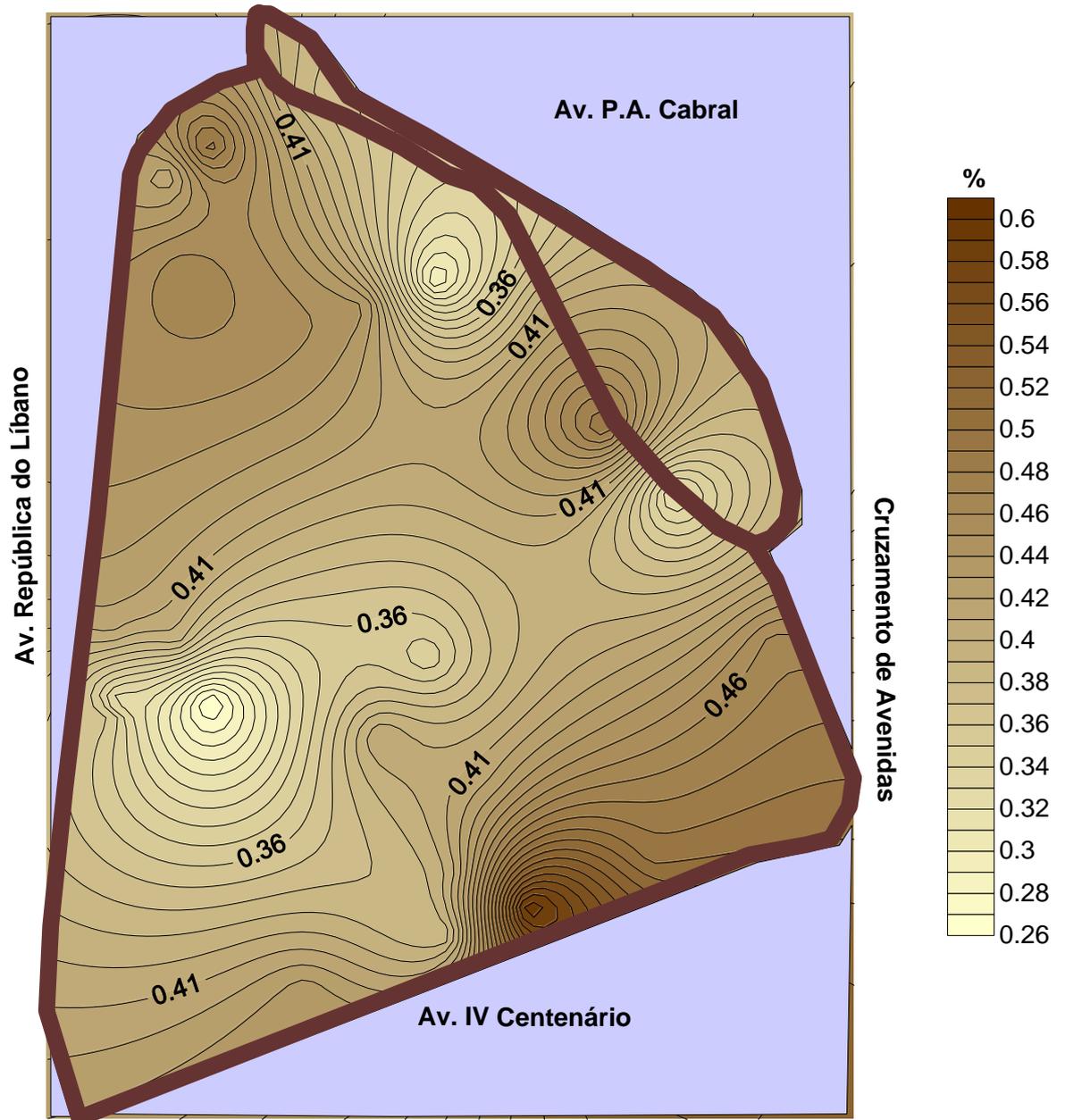


Figura 8 - Concentração de Enxofre nas amostras de cascas de árvores no Parque Ibirapuera (Elaboração: Ana P. G. Martins – 05/12/2008)

A região periférica de parques urbanos está em estreito contato com o tráfego e representa uma espécie de “filtro de ar” para o centro do parque. Os elementos escolhidos para representar a poluição do ar urbano no presente estudo (Cu, Fe, S e Zn) são comumente

citados na literatura como "elementos relacionados ao tráfego" (BOHN *et al*, 1998; ELHAZAN *et al*, 2002; MONACI *et al*, 2000). Nos mapas gerados, podemos verificar que as amostras coletadas na parte mais externa do parque apresentaram maiores concentrações dos elementos estudados. Este gradiente pode ser explicado devido ao fato de estas áreas serem direta e continuamente expostas a níveis mais elevados de poluentes, produto do intenso tráfego nas esquinas e grandes avenidas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi capaz de mostrar que cascas de árvore podem ser utilizadas como biomonitores de poluição atmosférica urbana, registrando a forte influência do tráfego na criação de “hot spots” de poluição na cidade. Também pudemos observar a existência de um gradiente descendente de poluição da periferia para o centro do parque estudado, diretamente proporcional ao tráfego.

Assim, o estudo pode ser utilizado como ferramenta no planejamento de áreas adequadas para a prática de esportes nos parques urbanos com direta repercussão na saúde dos frequentadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES et al. "The lead, copper and zinc content of tree rings and bark. **The Science of the Total Environment**, 5: 63-67, 1976.
- BERLIZOV et al. "Black poplar-tree (*Populus nigra* L.) bark as an alternative indicator of urban air pollution by chemical elements". **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, 1 (276): 15-21, 2008.
- BÖHM et al. "The use of tree bark for environmental pollution monitoring in the Czech Republic". **Environmental Pollution**, 102: 243-250, 1998.
- CARRERAS, Hebe; PIGNATA, María e SALDIVA, Paulo. "In situ monitoring of urban air in Córdoba, Argentina using the *Tradescantia*-micronucleus (Trad-MCN) bioassay". **Atmospheric Environment**, 40: 7824-7830, 2006.
- EL-HAZAN et al. "Cypress tree (*Cupressus semervirens* L.) bark as an indicator for heavy metal pollution in the atmosphere of Amman city, Jordan". **Environment International**, 28: 513-519, 2002.
- FIGUEIREDO et al. "Assessment of atmospheric metallic pollution in the metropolitan region of São Paulo, Brazil, employing *Tillandsia usneoides* L. as biomonitor". **Environmental Pollution**, 145: 279-292, 2007.
- FUGA et al. "Atmospheric pollutants monitoring by analysis of epiphytic lichens". **Environmental Pollution**, 151: 334-340, 2008.
- KLUMPP et al. "Bioindication of air pollution effects near a copper smelter in Brazil using mango trees and soil microbiological properties". **Environmental Pollution**, 126: 313-321, 2003.
- KUANG et al. "Heavy metals in bark of *Pinus massoniana* (Lamb.) as an indicator of Atmospheric deposition near a smeltery at Qujiang, China". **Environmental Science Pollutant Research**, 14(4): 270-275, 2007.
- MONACI et al. "Biomonitoring of airborne metals in urban environments: new tracers of vehicle emission, in place of lead". **Environmental Pollution**, 107: 321-327, 2000.
- NASCIMENTO et al. "Effects of air pollution on children's in a city in Southeastern, Brazil". **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, 1(40): Janeiro/Fevereiro, 2006.
- NOGUEIRA, Claudio. "Avaliação da poluição atmosférica por metais na região metropolitana de São Paulo utilizando a bromélia *Tillandsia Usneoides* L. como biomonitor". Tese de doutorado, IPEN/USP, São Paulo: 2006.
- PACHECO et al. "An evaluation of olive-tree bark for the biological monitoring of airborne trace-elements at ground level". **Environmental Pollution**, 120: 79-86, 2002.
- PEREIRA FILHO et al. "Effect of air pollution on diabetes and cardiovascular diseases in São Paulo, Brazil". **Brazilian Journal of Medicine Research**, 41(6): 526-32, 2008.
- SANTAMARIA, J. e MARTÍN, A. "Tree bark as a bioindicator of air pollution in Navarra, Spain". **Water, Air, and Soil Pollution**, 98: 381-387, 1997.
- SANTITORO et al. "Trace element analyses in an epiphytic lichen and its bark substrate to assess suitability for air biomonitoring". **Environment Monitoring and Assessment**, 98: 59-67, 2004.
- SAVÓIA, E.J. et al. "Biomonitoring genotoxic risks under the urban weather conditions and polluted atmosphere in Santo André, SP, Brazil, through Trad-MCN bioassay". **Ecotoxicology Environmental**, 72(1): 255-60, 2009.
- SHELLE, E. et al. "Mapping aerial metal deposition in metropolitan areas from tree bark: A case study in Sheffield, England". **Environmental Pollution**, 155: 164-173, 2008.