

UTILIZAÇÃO DE PELOS DE ANIMAIS SILVESTRES PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL DE Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb E Zn

Carlos Henrique Hoff Brait* e **Nelson Roberto Antoniosi Filho**

Universidade Federal de Goiás – Campus II, 74001-970 Goiânia – GO, Brasil

Mariana Malzoni Furtado

Fundo para a Conservação da Onça-Pintada e Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Dr. Orlando Marques de Paiva, 87, 05208-570 São Paulo - SP, Brasil

Recebido em 20/3/08; aceito em 30/1/09; publicado na web em 28/7/09

UTILIZATION OF WILD ANIMAL HAIR FOR THE ENVIRONMENTAL MONITORING OF Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn. This study investigates the use of wild animal hair of *C. brachyurus*, *C. thous* and *L. pardalis* as biomonitors of trace metal at Parque Nacional das Emas, Brazil. Results reveal a strong correlation between Cd and Pb as well as Cu and Zn, which suggests a single source of emission. Most metals showed a lower or equal concentration than those obtained in previous studies. The research shows that monitoring may be performed only with Zn, Pb, Cd, and Cr because of statistical similarity and of a non-natural occurrence of large amounts of the material under analysis.

Keywords: wild animals; metal; environment.

INTRODUÇÃO

O rápido desenvolvimento tecnológico, bem como o aumento da população mundial, tem contribuído significativamente para a geração de novos problemas ambientais oriundos de ações antrópicas. Assim sendo, novas técnicas de monitoramento de poluentes vêm surgindo, tanto biológicas quanto não biológicas. Embora os métodos biológicos tenham a vantagem de serem um importante complemento dos métodos químicos e físicos, a escolha de um bom indicador pode ser complexa e com resultados controversos.¹

Alguns elementos metálicos são muito importantes para o funcionamento de todos os organismos vivos. No entanto, o excesso ou a falta de alguns pode levar a um estado patológico para os seres vivos. Elementos metálicos tais como Cd, Pb e Cr (VI) são muito tóxicos em concentrações baixas quando comparados com outros como Fe, Zn, Mn e Co que, em geral, compõem a estrutura dos seres vivos.² Desta forma, o biomonitoramento destes elementos torna-se cada vez mais importante para controle de suas concentrações no meio ambiente e nos seres vivos.

Animais selvagens estão normalmente expostos a elementos metálicos no seu ambiente natural, que podem ser advindos do solo, alimentação ou ainda contaminações antropogênicas.³ Amostras biológicas de animais – como pelos, fígado, cérebro e pulmões, além de sangue e urina – têm sido utilizadas para avaliar e quantificar elementos metálicos no meio ambiente.

O cabelo humano e pelos de animais são substratos acessíveis para a investigação de alguns elementos químicos. O cabelo humano foi selecionado como um importante material para monitoramento biológico no Sistema de Monitoramento Ambiental Global (GEMS) do programa ambiental das Nações Unidas.⁴ São bem aceitos em toxicologia, poluição ambiental e criminalística, provavelmente porque neste caso as contaminações endógena e exógena são mais facilmente distinguidas.⁵

Pelos de animais constituem um indicador ambiental melhor que o cabelo humano porque estão expostos a contaminações do solo e alimentos.⁶ Estes refletem o acúmulo e concentração dos elementos

de interesse através de meses ou anos e por isso representam um processo longo de exposição, além de ser um método não invasivo.⁷ Os pontos mais controversos do processo de análise de cabelos humanos e pelos de animais são as várias fases da preparação da amostra, especialmente procedimentos de lavagem.⁸

Mamíferos selvagens são conhecidos por serem indicadores convenientes de poluição por elementos metálicos.^{9,10} Devido ao acúmulo ao longo da cadeia trófica de muitos elementos químicos, os mamíferos fornecem um alerta de efeitos adversos tóxicos nos ecossistemas inteiros. Além disso, possuem relativa vida longa, sofrem os efeitos ambientais durante um longo período de tempo e, por compartilhar algumas características fisiológicas com organismos humanos, podem refletir os mecanismos da poluição que influencia a saúde humana.¹¹

Considerando a origem dos vários elementos nos cabelos e nos pelos, duas fontes principais devem ser distinguidas: a endógena e a exógena. A fonte endógena representa as quantidades de metais que são incorporadas através da dieta às proteínas dos cabelos e pelos durante o curto período de formação destas estruturas. Os elementos traços endógenos são considerados metabolicamente inertes, irreversíveis ou, pelo menos, muito firmes.¹² Por sua vez, quantidades exógenas de elementos são aquelas que ocorrem por contato direto com o ambiente após a formação do cabelo.¹³

Os níveis de Hg, Cd, Pb, Cu, Ni, Zn e Fe foram determinados em pelos de alce, urso castanho, javali e esquilo no Norte da Europa.¹⁴ Cibulka *et al.*¹⁵ determinaram o nível natural e as quantidades de Pb, Cd e Hg nos pelos de bezerros recém-nascidos a partir de diferentes áreas da Checoslováquia.

No Brasil, enfatizando a determinação de metais em pelos citam-se os estudos desenvolvidos por Curi *et al.*¹⁶ que avaliaram a presença dos mesmos elementos metálicos determinados neste trabalho em animais silvestres do Parque Nacional da Serra do Cipó (Minas Gerais – Brasil), exceção feita ao Cd.

Os pelos, com a sua capacidade única de manter a imagem do ambiente impresso durante boa parte do período de vida dos animais, atualmente ganham importância quando comparados com outros

*e-mail: carlosbrait@labexata.com.br

tecidos para se avaliar as concentrações de metais e o estudo de suas consequências no meio ambiente.²

Neste sentido, visando conhecer a difusão desses elementos químicos em animais presentes em áreas conservadas situadas próximas a áreas antropizadas, este trabalho teve como objetivo a determinação de Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr em animais silvestres como lobo-guará, cachorro-do-mato e jaguatirica do Parque Nacional das Emas, avaliando a utilização de pelos desses animais para biomonitoramento.

PARTE EXPERIMENTAL

Área de estudo

Este trabalho foi feito no Parque Nacional das Emas (PNE) que possui uma área de 131.800 ha e situa-se no chamado Planalto Central do Brasil, no extremo sudoeste do estado de Goiás, nos municípios de Mineiros e de Chapadão do Céu, entre as coordenadas 17° 50' a 18° 15' de latitude Sul e 52° 30' a 53° 10' a oeste de Greenwich, já na fronteira com o estado de Mato-Grosso do Sul (Figura 1). Os campos arbustivos formam 70% da vegetação do Parque, sendo que 1,2% é formado por matas. A vegetação nativa do entorno foi ocupada por extensas lavouras de grãos (principalmente milho e soja) e pela pecuária extensiva. Possui uma rica biodiversidade e abundância de espécies como onça-pintada, onça-parda, tatu-canastra, queixada, lobo-guará, anta, veado-campeiro, jaguatirica, cachorro-do-mato, ema, dentre outros.

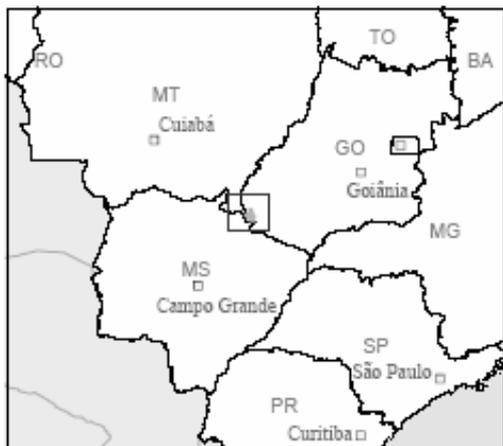


Figura 1. Localização do Parque Nacional das Emas

Durante o período de setembro de 2006 a outubro de 2007 foram coletadas amostras de pelos dos seguintes animais silvestres: Lobo Guará (*Crysocyon brachyurus*) (n=22), Cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) (n=8) e Jaguatirica (*Leopardus pardalis*) (n=3). Os pelos foram cortados na base da pele do animal, embalados em sacos de polietileno livre de contaminação e congelados para posterior análise.

Preparação das amostras e análise

Um dos principais problemas das determinações de elementos metálicos em pelos está na preparação da amostra, principalmente na lavagem. Esta é importante para remoção de poeira, suor, gordura e outros contaminantes em potencial, pois, na maioria dos casos, o objetivo é determinar os elementos provindos da absorção endógena.⁵

Para o procedimento de lavagem dos pelos utilizou-se o método desenvolvido pelo IAEA (International Atomic Energy Agency), que é utilizado pela maioria dos laboratórios para este tipo de monitoramento.^{12,17} Este método consistiu em lavar 0,5 g de pelos sob agitação, sucessivamente, com acetona PA, três vezes com água destilada/desionizada e novamente com acetona PA. Posteriormente, o material foi seco em estufa a 100 °C por 4 h. Os pelos foram, então, cortados com tesoura de aço inoxidável e o material colocado em tubos de ensaio numerados para serem submetidos à digestão.

Com 500 mg de amostra nos tubos de digestão, adicionou-se 6 mL da mistura de ácido perclórico PA e peróxido de hidrogênio PA na proporção de 2:1 v/v. O peróxido de hidrogênio foi adicionado com o objetivo de acelerar a pré-digestão para evitar riscos de explosão quando do contato do ácido perclórico com a matéria orgânica do material. Em seguida, os tubos foram levados ao bloco de digestão, incluindo duas provas em branco, e a temperatura foi gradualmente elevada a partir da temperatura ambiente a até 200 °C, em um período de 30 min. Após atingir 200 °C, as amostras foram mantidas nesta temperatura por 120 min. Após digestão completa dos pelos, no qual os extratos se encontravam totalmente límpidos, procedeu-se à transferência destes para balões volumétricos de 10 mL e completou-se o volume com água destilada/desionizada.¹⁸

Procedeu-se então a determinação dos analitos Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Cr por espectrometria de absorção atômica por chama (FAAS) utilizando-se equipamento marca Perkin Elmer, modelo Analyst 100, seguindo as condições padrão dos elementos com lâmpadas apropriadas. Para aumentar a sensibilidade do método foi utilizado um nebulizador de alta sensibilidade com capilar de platina/irídio e pérola de impacto (B0505480), com o qual se obteve uma melhora na sensibilidade de até três vezes devido a maior eficiência de nebulização obtida. Os padrões utilizados foram preparados por diluição de padrões Titrisol da Merck com concentrações de 1000 mg/L. Todas as vidrarias utilizadas foram anteriormente descontaminadas por 24 h com solução de ácido nítrico 5% em procedimento repetido por duas vezes.

Os resultados obtidos para as concentrações dos analitos foram submetidos a análises estatísticas, utilizando-se os programas Bio-Estat versão 3.0 e Statistica versão 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os limites de detecção do método para os elementos analisados foram obtidos multiplicando-se o desvio padrão de 10 replicatas do branco por três e dividido pela inclinação da curva de calibração. Os resultados obtidos para o LD dos metais de interesse foram: Cu: 1,5; Fe: 2,0; Mn: 1,0; Zn: 1,0; Cd: 0,8; Cr: 3,0; Pb: 10,0 µg/L.

Para avaliação da exatidão do método foi realizado um teste de adição e recuperação utilizando padrões para Cu: 0,5; Fe: 5,0; Mn: 0,5; Zn: 5,0; Cd: 0,1; Pb: 0,1; e Cr: 0,1 mg/L, respectivamente, adicionados às amostras após a digestão com cinco replicações cada. Os resultados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Teste de recuperação para os analitos determinados

Elemento	CV %	% recuperação
Cu	5,5	92,4
Fe	3,4	95,2
Mn	4,0	97,8
Zn	2,5	102,3
Cd	4,4	86,8
Pb	8,5	87,5
Cr	9,2	91,2

Os resultados obtidos para as concentrações dos analitos nos pelos das três espécies de animais silvestres encontram-se na Tabela 2.

Em todas as amostras foi detectada a presença dos elementos de interesse, sendo Fe e Zn encontrados em maior concentração. Para os elementos considerados tóxicos a baixas concentrações, tais como Cd, Pb e Cr, os resultados mostraram-se mais elevados para Pb.

A Tabela 3 mostra a matriz de correlação obtida considerando todos os dados encontrados para os elementos de interesse em pelos de animais silvestres (n=33).

Pode-se observar correlação positiva forte entre Cu e Zn ($r = 0,599$), e Cd e Pb ($r = 0,718$). Correlações médias foram obtidas entre Fe e Zn ($r = 0,449$) e Zn e Cd ($r = 0,435$). Estes resultados orientam no sentido de que os elementos fortemente correlacionados podem ser provavelmente advindos de mesma fonte, o que só poderia ser confirmado com ampliação das análises, considerando-se água, solo e tipo de caça consumidas pelos animais de interesse neste estudo. O PNE está no interior de uma área de grande produção agrícola, com aproximadamente 100 mil hectares de área cultivada, onde há uso intensivo de fertilizantes e defensivos agrícolas. Alguns trabalhos demonstram a existência de metais traço, tais como Pb, Cd e Ni, em fertilizantes fosfatados e micronutrientes utilizados na agricultura.^{19,20} Amaral Sobrinho et al.²⁰ apresentam faixas típicas de elementos potencialmente tóxicos em fertilizantes fosfatados como sendo 0,1-170 mg kg⁻¹ de Cd, 7-225 mg kg⁻¹ de Pb, 7-38 mg kg⁻¹ de Ni, 1-300 mg

kg⁻¹ de Cu e 50-1450 mg kg⁻¹ de Zn.

Para avaliar a distribuição dos analitos nas três espécies de animais silvestres em estudo, utilizou-se a análise gráfica Box-Plot. Esta análise consiste em montar gráficos em formas de caixas onde são representadas a mediana, o primeiro e terceiro quartis dos dados. Conjuntamente, exibe também o maior e menor valor observado nos resultados através de linhas retas verticais que se originam no primeiro e terceiro quartis, respectivamente. A largura do Box pode ser usada assim como o desvio padrão, para se avaliar a dispersão dos dados.² Os gráficos Box-Plot para os analitos e respectivas espécies de animais silvestres encontram-se na Figura 2.

Valores mais elevados e com maior dispersão de Fe foram obtidos nos pelos do cachorro-do-mato (*C. thous*). Também se observou maior variação nos dados para a jaguatirica (*L. pardalis*) e menor para o lobo-guará (*C. brachyurus*). A explicação para a menor dispersão dos dados está no maior número de amostras que foram coletadas para o lobo-guará em relação às demais espécies. O Fe é um elemento metálico muito comum na região de coleta, devido à característica do solo da região que é eutroférico. Assim, o teor deste metal encontrado nos animais é advindo provavelmente da sua dieta.

O gráfico para cobre mostra pouca variação para os pelos de lobo-guará e jaguatirica. Os resultados, no entanto, foram maiores para o cachorro-do-mato, com maior dispersão dos dados. Os dados não se mostram muito diferentes para as três espécies e devido este

Tabela 2. Concentração dos metais (mg/kg) nas três espécies de animais silvestres

<i>Crysocyon brachyurus</i> (Lobo-Guará) (n=22)							
Metal	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Pb
Média	6,9	120,3	5,0	113,1	0,2	1,2	1,0
Desvio Padrão	0,9	44,9	5,7	14,8	0,1	0,6	1,1
Valor Máximo	8,8	262,1	22,0	151,3	0,7	2,7	4,3
Valor Mínimo	5,4	60,0	1,1	85,6	0,1	0,0	0,0
<i>Cerdocyon thous</i> (Cachorro-do-mato) (n=8)							
Metal	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Pb
Média	9,5	200,7	4,6	135,8	0,4	1,1	2,3
Desvio Padrão	2,7	151,4	5,3	29,6	0,2	0,6	0,9
Valor Máximo	12,9	478,5	16,4	204,3	0,6	2,0	3,6
Valor Mínimo	5,4	40,3	1,0	105,0	0,1	0,3	0,9
<i>Leopardus pardalis</i> (Jaguaririca) (n=3)							
Metal	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Pb
Média	6,3	194,2	8,3	135,6	0,4	1,3	1,4
Desvio Padrão	0,7	95,0	2,9	6,7	0,2	0,7	1,1
Valor Máximo	6,8	302,3	10,7	142,8	0,6	2,1	2,5
Valor Mínimo	5,6	124,0	5,0	129,6	0,2	0,9	0,3

Tabela 3. Matriz de correlação dos resultados de concentração de metais em pelos de animais silvestres (n=33)*

Metal	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Pb
Cu	1,000	---	---	---	---	---	---
Fe	0,320	1,000	---	---	---	---	---
Mn	0,051	0,340	1,000	---	---	---	---
Zn	0,599	0,449	0,249	1,000	---	---	---
Cd	0,278	0,160	0,285	0,435	1,000	---	---
Cr	-0,095	0,093	0,220	0,134	0,303	1,000	---
Pb	0,315	-0,096	-0,120	0,195	0,718	-0,075	1,000

Os resultados em negrito representam aqueles com p significativo ($p \leq 0,05$)

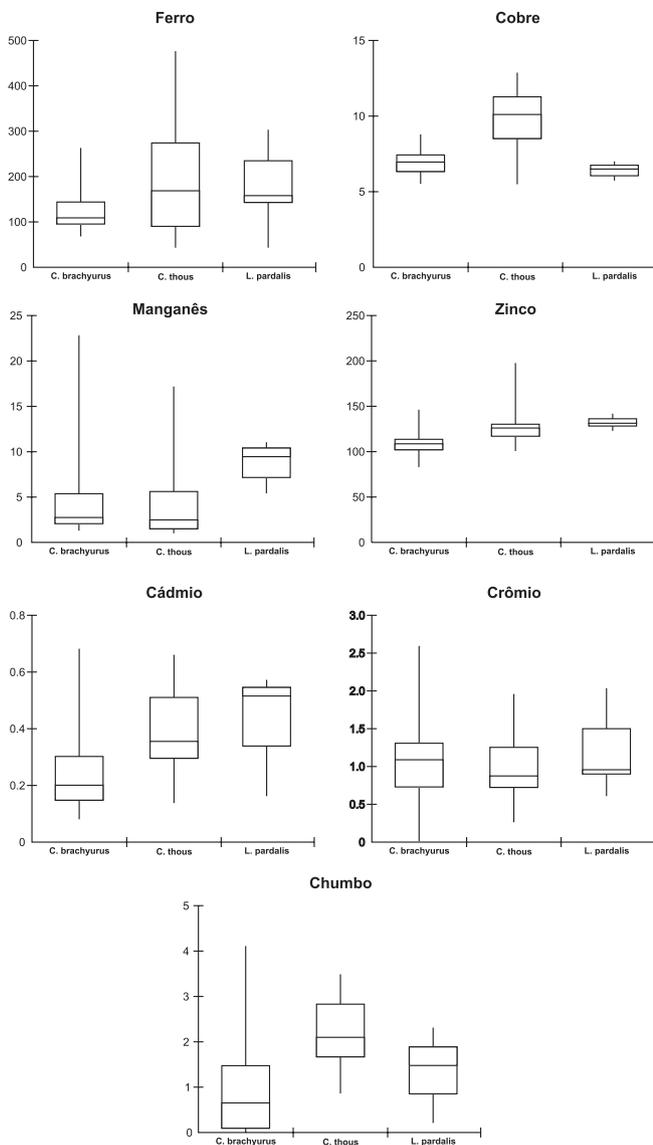


Figura 2. Gráficos Box-Plot para os elementos analisados nos animais silvestres

elemento fazer parte da composição dos tecidos dos seres vivos, não são caracterizados como de elevada preocupação ambiental.

Os valores para os teores de Mn e Zn foram mais altos para a jaguatirica. No entanto, para Mn, os valores foram cerca de quatro vezes menores que os encontrados em trabalhos enfocando a análise de pelos em animais herbívoros vivendo em ecossistema diferente do encontrado neste estudo, tais como cabras, ovelhas e camelos em regiões poluídas do Egito.² Como estes são metais essenciais na dieta dos animais, também não se mostram com concentrações preocupantes.

O gráfico que representa os resultados obtidos para o Cd mostra valores mais elevados de concentração deste analito para o cachorro-do-mato e a jaguatirica. Entretanto, os valores encontrados são cerca de doze vezes menores que os determinados em animais herbívoros que se encontram em regiões poluídas do Egito.² Os resultados para o crômio foram muito parecidos nas três espécies pesquisadas. O gráfico correspondente ao metal mostra resultados mais elevados para a jaguatirica, o que corresponde à metade dos encontrados em outros canídeos no Parque Nacional da Serra do Cipó – MG.¹⁶ Este metal é advindo provavelmente da dieta dos animais, já que são carnívoros e se alimentam principalmente de aves, roedores e pequenos mamíferos encontrados na região. Estes pequenos animais por sua vez, além da provável contaminação exógena de seus tecidos, alimentam-se muitas vezes em lavouras que circundam seu habitat, ingerindo grãos e folhas que contêm em sua composição resíduos de fertilizantes, herbicidas e fungicidas.

A maior média obtida para a concentração de Pb foi para o cachorro-do-mato (2,29 mg/kg). No entanto, a maior dispersão deste analito nos dados foi encontrada para o lobo-guará, conforme pode ser observado no gráfico correspondente da Figura 2. A forte correlação entre Cd e Pb observada na Tabela 2 orienta para que estes elementos tenham a mesma fonte de emissão. Os resultados encontrados foram cerca de três a quatro vezes menores do que aqueles obtidos em herbívoros – cabras, ovelhas e camelos no Egito, na região poluída de Kalabsha.²

A Tabela 4 mostra os dados obtidos em comparação com resultados de outros trabalhos científicos.

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram níveis baixos dos elementos de interesse encontrados nos pelos dos animais silvestres do Parque Nacional das Emas, em comparação com os demais

Tabela 4. Comparação entre as concentrações de metais obtidos em pelos de animais neste e em outros trabalhos científicos

Espécie	Local	Concentração (mg/Kg)							Ref.
		Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Pb	
Lobo-Guará	PNE - Brasil	6,9	120,3	5,0	113,1	0,2	1,2	1,0	Este estudo
Lobo-Guará	PNSC - Brasil	7,6	220,8	12,6	127,4	-	2,9	2,3	16 *
Cachorro-do-mato	PNE - Brasil	9,5	200,7	4,6	135,8	0,4	1,1	2,3	Este estudo
Cachorro-do-mato	PNSC - Brasil	10,2	783,4	18,8	130,6	-	3,0	2,5	16 *
Raposa-do-campo	PNSC - Brasil	9,5	1995,0	60,8	121,4	-	3,6	1,5	16 *
Jaguaririca	PNE - Brasil	6,3	194,2	8,3	135,6	0,4	1,3	1,4	Este estudo
Cabras	Allaqi - Egito	-	342,0	23,0	-	0,3	-	0,2	2
Cabras	Halaiub - Egito	-	879,0	35,0	-	3,3	-	1,0	2
Ovelhas	Allaqi - Egito	-	708,0	36,0	-	0,3	-	0,2	2
Ovelhas	Halaiub - Egito	-	996,0	55,0	-	2,2	-	1,4	2
Camelos	Allaqi - Egito	-	219,0	25,0	-	0,3	-	0,5	2
Camelos	Halaiub - Egito	-	681,0	41,0	-	3,0	-	4,3	2

* Trabalho em fase de publicação. PNE – Parque Nacional das Emas. PNSC – Parque Nacional da Serra do Cipó (Minas Gerais – Brasil)

estudos, principalmente para Fe e Mn, que são elementos que fazem parte da composição dos tecidos dos seres vivos. As concentrações de Cd foram próximas às encontradas em cabras, ovelhas e camelos em Allagi, uma região com baixo nível de poluição atmosférica no Egito.² No entanto, quando comparados com a região de Halaib, Egito, os resultados encontrados para o Cd foram em torno de doze vezes menores.

Para o Pb, podem-se observar resultados muito próximos daqueles obtidos para os animais capturados no Parque Nacional da Serra do Cipó no estado de Minas Gerais (Brasil, PNSC). Para o lobo-guará, os resultados obtidos foram 1,5 vezes menores. Isto pode ser explicado devido ao maior tráfego automotivo nas regiões próximas ao PNSC. No entanto os resultados foram maiores do que aqueles encontrados em herbívoros na região pouco poluída do Egito (Allagi) onde os resultados médios foram entre cinco e dez vezes menores. Os resultados obtidos para o Cr, outro elemento potencialmente tóxico na forma hexavalente, corresponderam à metade dos encontrados na região do PNSC em Minas Gerais.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram correlações entre alguns elementos de interesse como o Cu e Zn, Fe e Zn e Cd e Pb. A principal fonte do elemento Fe sugerida é a geológica, devido a características dos solos eutroféricos da região. Além disso, os resultados orientam como possíveis fontes dos elementos metálicos Cd, Pb e Cr a aplicação na agricultura de fertilizantes e defensivos, em sua maioria tendo estes elementos como componentes ou resíduos, já que os animais que servem de alimentos aos estudados se alimentam fora da área do parque e têm contato com níveis residuais em sua dieta.

Sugere-se que para monitoramento ambiental através de análises de pelos de animais silvestres, sejam determinados elementos que demonstram possuir correlação entre si e diferenças nos resultados, tais como Zn, Pb, Cd e Cr e que, provavelmente, são advindos de ação antrópica.

Desta maneira, a determinação de metais em pelos de animais demonstra inclusive ser útil para comparar os níveis de impacto ambiental sobre os seres vivos de diferentes regiões.

AGRADECIMENTOS

À colaboração de pesquisadores do Fundo para a Conservação da Onça-Pintada, que colheram o material biológico para análise. Ao Zoológico de Memphis – TN (USA) e Earthwatch Institute (USA), pelo apoio financeiro que permitiu a realização das atividades de campo desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Sobanska, M. A.; *Sci. Total Environ.* **2005**, *339*, 81.
2. Rashed, M. N.; Soltam, M. E.; *Env. Monit. Assess.* **2005**, *110*, 41.
3. Kalas, J. A.; Steinnes, E.; Lierhagen, S.; *Environ. Pollut.* **2000**, *107*, 21.
4. <http://epa.gov/eerd/108Complete.pdf>, acessada em Junho 2009.
5. Pozebon, D.; Dressler, V. L.; Curtius, A. J.; *Quim. Nova* **1999**, *22*, 838.
6. Ashurbekov, T. R.; *Sud. Med. Ekspert.* **1989**, *32*, 20.
7. Ray, S. K.; Roychoudhury, R.; Bandopadhyayi, S.; Basu, K. S.; *Vert. Res. Commun.* **1997**, *21*, 541.
8. Bencze K.; *Fresenius J. Anal. Chem.* **1990**, *337*, 867.
9. Chyla, M. A.; *Master of Science Thesis*, Central European University, Hungary, 1998.
10. Chyla, M.; Trzepieczynska, I.; Chyla, A.; *5th International Symposium of Environmental Contamination*, Prague, Czech Republic, 2000.
11. Furness, R. W. Em *Birds as Monitors of Environmental Change*; Furness, R. W.; Greenwood, J. J. D., eds.; Chapman & Hall: London, 1993.
12. Chatt, A.; Katz, S. A.; *Hair Analysis: Applications in the Biomedical and Environmental Sciences*, VCH Publishers: New York, 1988.
13. Leotsinides, M.; Kondakis, X.; *Sci. Total Environ.* **1990**, *95*, 149.
14. Medvedev, N.; *Environ. Monitor. Assess.* **1999**, *56*, 177.
15. Cibulka, J.; Miholava, D.; Pisa, J.; Sova, Z.; Mader, P.; Jandurová, S.; Szakova, J.; Pytloun, J.; *Sci. Total Environ.* **1989**, *84*, 10.
16. Curi, N. H. A.; Brait, C. H. H.; Antoniosi Filho, N. R.; Talamoni, S. A.; *Environ. Monit. Assess.*, submetido.
17. Robbins, C. R.; *Chemical and physical behavior of human hair*, 3rd ed., Springer-Verlag: New York, 1994.
18. Borella, P.; Rovesti, S.; Caselgrandi, E.; Bargellini, A.; *Mikrochim. Acta* **1996**, *123*, 271.
19. Campos, M. L.; Silva, F. N.; Furtini Neto, A. E.; Guilherme, L. R. G.; Marques, J. J.; Antunes, A. S.; *Pesq. Agrop. Bras.* **2005**, *40*, 361.
20. Amaral Sobrinho, N. M. B.; Costa, L. M.; Oliveira, C.; Velloso, A. C. X.; *R. Bras. Ci. Solo* **1992**, *16*, 271.