

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E
ZOOTECNIA

**MONITORAMENTO AMBIENTAL EM REGIÃO
CONTAMINADA POR CHUMBO.**

PATRÍCIA MARQUES MUNHOZ

Tese apresentada junto ao Programa
de Pós-graduação em Medicina
Veterinária para a obtenção do título
de Doutor na área de Clínica
Veterinária, subárea de Ecotoxicologia
e Toxicologia Animal

Orientadora: *Prof^a. Adj. Michiko Sakate*

Julho de 2010

Nome da autora: Patrícia Marques Munhoz

Título: **MONITORAMENTO AMBIENTAL EM REGIÃO CONTAMINADA
POR CHUMBO**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Adj. Michiko Sakate
Presidente e Orientadora
Departamento de Clínica Veterinária
FMVZ – UNESP – Botucatu, SP

Prof. Dr. Roberto Calderon Gonçalves
Membro
Departamento de Clínica Veterinária
FMVZ – UNESP – Botucatu, SP

Prof. Dr. José Paes de Almeida Nogueira Pinto
Membro
Departamento de Higiene Veterinária e Saúde Pública
FMVZ – UNESP – Botucatu, SP

Prof. Dr. Wilmar Sachetin Marçal
Membro
Departamento de Clínica Veterinária
UEL – Londrina, PR

Prof. Dr. Mário Roberto Hatayde
Membro
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária
FCAV – UNESP – Jaboticabal, SP

Data da defesa: 07 de julho de 2010

DEDICATÓRIA

A DEUS

Este trabalho é dedicado com gratidão e acima de tudo a Deus, por sua fidelidade a mim, sempre dirigindo e guardando a minha vida, dando-me forças quando necessário e estando ao meu lado a cada instante, sendo este um momento difícil ou de regozijo. A Ele toda honra e toda glória!

“Senhor, tu me sondas e me conheces. Sabes quando me assento e quando me levanto; de longe penetras os meus pensamentos. Esquadrinhas o meu andar e o meu deitar, e conheces todos os meus caminhos. Ainda a palavra não me chegou à língua, e tu, Senhor, já a conheces toda. Tu me cercas por trás e por diante, e sobre mim pões a tua mão. Tal conhecimento é maravilhoso demais para mim: é sobremodo elevado, não o posso atingir” (Sal. 139: 1-6).

“Todas as coisas vêm única e exclusivamente de Deus. Tudo vive por seu poder, e tudo é para a sua glória. A Ele seja a glória para todo o sempre” (Rom. 11: 36).

AO MEU ESPOSO FÁBIO E NOSSA FILHA LAVÍNIA

Vocês são verdadeiros presentes de Deus para a minha vida! Obrigada por todos os momentos de alegria, pelo carinho, pelo amor diário e por acreditarem em mim nesta jornada de trabalho. Por sermos não somente uma família, mas um lar abençoado, com demonstrações renovadas de carinho e união, o meu sincero agradecimento! Amo vocês de todo o coração!

“Ainda que eu fale as línguas dos homens e dos anjos, se não tiver amor, serei como o bronze que soa, ou como o címbalo que retine” (I Coríntios 13: 1).

“O amor é a asa veloz que Deus deu à alma para que ela voe até o céu” (Michelangelo).

AOS MEUS PAIS ODUVALDO E REGINA CÉLIA E AOS MEUS IRMÃOS ODUVALDO JÚNIOR E RAQUEL

Sou extremamente grata pelo constante e precioso apoio que me deram não só durante esta jornada de pesquisas, mas em todos os momentos de minha vida.

Pelo carinho, pelas orações que me fortalecem, pela união que sempre teremos, o meu muito obrigada! Amo muito vocês!

"Com a sabedoria se edifica a casa, e com o entendimento ela se estabelece; E pelo conhecimento se encherão as câmaras com todos os bens preciosos e agradáveis." (Provérbios 24:3-4).

"A gratidão desbloqueia a abundância da vida. Ela torna o que temos em suficiente, e mais. Ela torna a negação em aceitação, caos em ordem, confusão em clareza. Ela pode transformar uma refeição em um banquete, uma casa em um lar, um estranho em um amigo. A gratidão dá sentido ao nosso passado, traz paz para o hoje, e cria uma visão para o amanhã" (Melody Beattie).

AGRADECIMENTOS

Sou grata às muitas pessoas que contribuíram para o desenvolvimento e realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos:

À Prof^a. Adj. Michiko Sakate, pela orientação, por tantos conhecimentos compartilhados e pela amizade ao longo destes anos. Obrigada por ter acreditado e depositado sua confiança em mim, possibilitando-me a realização deste Doutorado.

Ao Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária da FMVZ – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Botucatu – pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro.

À Secretaria Municipal de Saúde de Bauru, pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho, envolvendo regiões sob seu domínio.

A todas as pessoas vinculadas à Secretaria de Saúde de Bauru, pelo apoio, prontidão e disposição em nos acompanhar até as propriedades de colheita; pela amizade, momentos de descontração e também de informação e por seu tempo compartilhado.

À Dr^a. Maria Helena de Abreu, diretora do Departamento de Saúde Coletiva (DSC) e responsável pela Comissão de Ética em Estudo e Pesquisas sobre a Contaminação por Chumbo em Bauru, pelo apoio, confiança na realização deste trabalho, e por oferecer condições para o conhecimento das regiões a serem pesquisadas.

Aos responsáveis pelas propriedades rurais visitadas durante este trabalho, pela confiança no desenvolvimento desta pesquisa, por me conceder a entrada em suas dependências e total liberdade para a colheita das amostras.

A todas as pessoas que estavam trabalhando nas propriedades rurais visitadas, que prontamente me ajudaram na contenção dos animais para que pudessem ser realizadas as colheitas de sangue e de leite.

Ao Dr. Alaor Aparecido de Almeida, pesquisador do Centro de Assistência Toxicológica (CEATOX) de Botucatu, pela amizade e confiança demonstradas, pela dedicação e prontidão em processar as amostras no Espectrofotômetro de Absorção Atômica e pelos preciosos conhecimentos compartilhados para a elaboração deste trabalho.

Ao meu pai, Prof. Oduvaldo Câmara Marques Pereira, pelo precioso tempo dispensado à leitura e correção deste trabalho, pelas sugestões e orientações tão valiosas; pelo incentivo e ajuda sempre presentes.

Ao meu irmão, Oduvaldo Câmara Marques Pereira Júnior, por me ajudar sempre que necessário, pelas sugestões e auxílios para uma apresentação mais elaborada desta tese.

Ao então pós-graduando e agora Dr. Jayme Augusto Peres, por me acompanhar nas visitas às fazendas e me auxiliar nas colheitas das amostras durante toda a fase experimental deste trabalho.

À bibliotecária Rosemeire Aparecida Vicente pela elaboração da ficha catalográfica desta tese de doutoramento.

A vocês todos o meu muito obrigada!

LISTAS

LISTA DE QUADROS

| | |
|----------|--|
| Quadro 1 | Amostras colhidas nas dependências da Propriedade rural “A” e suas respectivas quantidades 59 |
| Quadro 2 | Amostras colhidas nas dependências da Propriedade rural “B” e suas respectivas quantidades59 |
| Quadro 3 | Amostras colhidas nas dependências da Propriedade rural “C” e suas respectivas quantidades59 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|----------|---|
| Figura 1 | <i>Outdoor</i> erguido nas dependências da antiga localização da Indústria Acumuladores Ajax Ltda – município de Bauru, SP.....61 |
| Figura 2 | Localização geográfica da região pesquisada em Bauru-SP, compreendendo propriedade rural A (a), propriedade rural B (b), propriedade rural C (c), Indústria Acumuladores Ajax Ltda. (d) e área do córrego utilizada para a colheita de amostras (e)62 |
| Figura 3 | Distância entre os pontos de colheita estabelecidos para as amostras de solo e de vegetação nas propriedades rurais estudadas64 |
| Figura 4 | Localização dos pontos de colheita das amostras de solo obtidas nas adjacências da Indústria Acumuladores Ajax Ltda.....64 |
| Figura 5 | Localização dos pontos de colheita das amostras de solo superficial e vegetação (<i>Brachiaria</i> spp) às margens esquerda (ME) e direita (MD) e na região frontal (F) do córrego.....65 |
| Figura 6 | Forno de micro-ondas (PROVETTO DGT 100 Plus) e unidades mineralizadoras utilizados para a conversão das amostras em fração líquida.....69 |
| Figura 7 | As amostras mineralizadas e leitura em Espectrofotômetro de Absorção Atômica – EAA (GBC AA 932).....69 |
| Figura 8 | Descarte e aterramento de carcaça de bateria chumbo-ácida próxima ao lago da Propriedade rural “B”86 |
| Figura 9 | Carcaças de baterias chumbo-ácidas visíveis por entre o solo de diversas regiões da Propriedade rural “B”87 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|-----------|--|
| Tabela 1 | Concentração de chumbo (Pb) nas amostras de solo, colhidas nas adjacências da Indústria Acumuladores Ajax Ltda72 |
| Tabela 2 | Concentração de chumbo (Pb) nas amostras de solo e vegetação, colhidas na Propriedade rural “A”.....72 |
| Tabela 3 | Concentração de chumbo (Pb) nas amostras de solo e vegetação, colhidas na Propriedade rural “B”73 |
| Tabela 4 | Concentração de chumbo (Pb) nas amostras de solo e vegetação, colhidas na Propriedade rural “C”73 |
| Tabela 5 | Concentração de chumbo (Pb) nas amostras superficiais de solo (lodo) e vegetação, colhidas às margens do córrego.....73 |
| Tabela 6 | Bovinos de leite pertencentes à Propriedade rural “A”, suas respectivas idades e concentração de chumbo no sangue.....77 |
| Tabela 7 | Bovinos de leite pertencentes à Propriedade rural “C”, suas respectivas idades e concentração de chumbo no sangue.....77 |
| Tabela 8 | Caprinos pertencentes à Propriedade rural “A”, suas respectivas idades e concentração de chumbo no sangue.....79 |
| Tabela 9 | Ovinos pertencentes à Propriedade rural “A”, suas respectivas idades e concentração de chumbo no sangue.....80 |
| Tabela 10 | Cães pertencentes à Propriedade rural “A”, suas respectivas idades e concentração de chumbo no sangue.....81 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 11 | Animais produtores de leite, seu local de origem, suas respectivas idade e concentração de chumbo nas amostras de leite..... | 82 |
| Tabela 12 | Amostras de ovos, suas respectivas propriedades de colheita e seu teor de chumbo..... | 84 |
| Tabela 13 | Teor de chumbo encontrado na musculatura dos peixes pertencentes à Propriedade rural “B”..... | 85 |
| Tabela 14 | Resultado da análise da amostra de água, colhida no lago pertencente à Propriedade rural “B”..... | 88 |
| Tabela 15 | Amostras dos produtos de origem animal, colhidos na Propriedade rural “A”, e sua concentração de chumbo..... | 89 |

SUMÁRIO

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| Resumo..... | 16 |
| Abstract..... | 18 |
| | |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 20 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 25 |
| 2.1 Histórico sobre o chumbo..... | 26 |
| 2.2 Chumbo – aspecto e forma | 27 |
| 2.3 Chumbo – ocorrência | 28 |
| 2.4 Fontes de exposição ao metal chumbo | 29 |
| 2.5 Toxicocinética do chumbo | 30 |
| 2.5.1 Absorção do chumbo | 31 |
| 2.5.2 Distribuição do chumbo | 32 |
| 2.5.3 Eliminação do chumbo | 34 |
| 2.6 Toxicodinâmica do chumbo | 35 |
| 2.7 Chumbo no solo | 36 |
| 2.8 Chumbo nas plantas | 38 |
| 2.9 Chumbo em ambientes aquáticos | 40 |
| 2.10 Chumbo em animais terrestres | 40 |
| 2.11 Chumbo em seres humanos | 44 |
| 2.12 Chumbo em alimentos | 46 |
| 2.13 Biomonitoramento Ambiental | 49 |
| 2.14 Espectrofotometria por Absorção Atômica..... | 52 |
| 3 OBJETIVOS | 54 |
| 3.1 Objetivo geral | 55 |
| 3.2 Objetivos específicos | 55 |
| 4 MATERIAL E MÉTODO | 56 |
| 4.1 Avaliação ética em experimentação animal | 57 |
| 4.2 Consentimento de livre acesso às áreas de colheita das amostras...57 | |
| 4.3 Delineamento experimental – local de colheita das amostras | 58 |
| 4.4 Colheita e análise das amostras de solo | 63 |
| 4.5 Colheita e análise das amostras de vegetação | 63 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.6 | Colheita e análise das amostras de sangue | 65 |
| 4.7 | Colheita e análise das amostras de leite | 66 |
| 4.8 | Colheita e análise das amostras de ovos | 66 |
| 4.9 | Colheita e análise das amostras de produtos de origem vegetal | 66 |
| 4.10 | Colheita e análise das amostras de peixe (tilápia) | 67 |
| 4.11 | Colheita e análise da amostra de água | 67 |
| 4.12 | Preparo das amostras (mineralização) para o procedimento metodológico de análise pela Espectrofotometria de Absorção Atômica..... | 68 |
| 4.13 | Análise por Espectrofotometria de Absorção Atômica | 70 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 71 |
| 5.1 | Amostras de solo e vegetação (<i>Brachiaria</i> spp) | 72 |
| 5.2 | Amostras de sangue | 76 |
| 5.2.1 | Amostras de sangue de bovinos | 76 |
| 5.2.2 | Amostras de sangue de caprinos | 78 |
| 5.2.3 | Amostras de sangue de ovinos | 79 |
| 5.2.4 | Amostras de sangue de cães | 80 |
| 5.3 | Amostras de leite | 82 |
| 5.4 | Amostras de ovos | 83 |
| 5.5 | Amostras de peixe (tilápia) | 85 |
| 5.6 | Amostra de água | 87 |
| 5.7 | Amostras de produtos de origem vegetal | 88 |
| 6 | CONCLUSÕES | 90 |
| 7 | REFERÊNCIAS | 92 |
| 8 | ANEXO..... | I |
| 8.1 | Artigo submetido para publicação na Revista Brasileira de Toxicologia (Brazilian Journal of Toxicology) em 25/05/2010..... | II |

RESUMO

MUNHOZ, P.M. **MONITORAMENTO AMBIENTAL EM REGIÃO CONTAMINADA POR CHUMBO**. Botucatu, 2010. 107p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária, área de Clínica Veterinária, subárea de Ecotoxicologia e Toxicologia Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Botucatu.

RESUMO

Devido ao seu amplo emprego industrial, o chumbo vem sendo responsabilizado por inúmeros acidentes ambientais, além de classificado como o metal pesado encontrado em maior quantidade no ambiente e causador de sérios riscos à saúde humana e animal. Neste estudo, propôs-se promover um mapeamento da situação de contaminação ambiental e animal por chumbo, num raio de um quilômetro de distância ao redor da antiga sede de uma indústria poluidora situada em Bauru, SP, cerca de oito anos após sua interdição. Preconizou-se a pesquisa e quantificação do chumbo por meio da análise de solo, pastagem, água, produtos vegetais, leite, ovos, peixes e sangue de animais da região, estes últimos atuando como bioindicadores ambientais. Foram colhidas 89 amostras, provenientes de três propriedades rurais, de um córrego e da região limítrofe da antiga empresa poluidora. A quali-quantificação do chumbo deu-se por meio da técnica de Espectrofotometria por Absorção Atômica – EAA, realizada no Centro de Assistência Toxicológica (CEATOX) do Instituto de Biociências da UNESP, Botucatu - SP. O estudo revelou excesso de chumbo em 64,70% das amostras de solo e em 42,80% das amostras de vegetação. Em relação aos bovinos, 57,00% apresentaram intoxicação pelo metal, enquanto que o sangue dos demais animais encontrou-se dentro do limite considerado aceitável. Um “pool” de leite bovino foi considerado impróprio para consumo, bem como a amostra de mandioca, uma amostra de ovo (6,25%) e uma amostra de tilápia (16,66%). A amostra de água, embora imprópria para consumo, encontrou-se apta para uso em irrigação. Os resultados revelam o efeito de uma contaminação ambiental remanescente por chumbo, apontando para a necessidade de esclarecimento populacional na tentativa de se preservar a saúde pública e o meio ambiente.

Palavras-chave: Pb; chumbo; contaminação ambiental; animal sentinela.

ABSTRACT

MUNHOZ, P.M. Botucatu, 2010. 107p. **ENVIRONMENTAL MONITORING AT A LEAD CONTAMINATED AREA.** Tese (Doutorado em Medicina Veterinária, área de Clínica Veterinária, subárea de Toxicologia Ambiental) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Botucatu.

ABSTRACT

Because of its large industrial application, the heavy metal lead has been responsible for a vast environmental accident's roll, farther to be classify like the most abundant heavy metal in the environment and to give rise to human and animal health' serious hazards. The aim of the present study was to foment an animal and environmental contamination' situation landscape by lead, including one kilometer around the former industry location, approximately eight years after the disaster. The research also estimated the lead quantify through soil, herbage, water, vegetal products, eggs, fishes, milk and animals' blood samples, this one acting like biological monitors. Is was gathered 89 samples from three rural properties, from a streamlet and also from the border of the former industry location. The metal was quantified by Atomic Absorption Espectrophotometry at CEATOX, a toxicology laboratory located at UNESP, Botucatu city, SP. The present research showed excessively lead in 64,70% of the soil samples and in 42,80% of the herbage samples. 57,00% of the bovine herb showed lead intoxication, while the other animal's blood samples showed normal values for lead concentration. A bovine milk "pool" sample was considered unsuitable for consumption, as well as the manioc sample, one sample of egg (6,25%) and one sample of muscle fish (16,66%). The water sample was repudiated for consumption, but it was able to be used in irrigation form, according to the legislation rules. These results have been confirmed the vast lead environmental contamination effects, and show the need to explain the problem for the people, looking for a public health and environment preservation.

Key-words: Pb; lead; environmental contamination; animal monitor.

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A poluição e a degradação ambiental são diretamente responsáveis por cerca de um quarto de todas as doenças evitáveis do mundo atual (ANDRADE et al., 2004). Um dos problemas mais sérios que afetam o meio ambiente é a poluição química de natureza orgânica ou inorgânica, decorrente dos despejos residenciais e industriais. Define-se como poluição qualquer alteração física, química ou biológica que produza modificação no ciclo biológico normal, interferindo na composição da fauna e da flora do meio ambiente (FELLENBERG, 1980).

Dentre os contaminantes do meio ambiente, alguns têm recebido atenção diferenciada nos últimos anos e, entre eles, encontra-se o chumbo (Pb) (ANDRADE et al., 2004). Devido ao seu largo emprego industrial, o chumbo vem sendo responsabilizado por extensa lista de acidentes ambientais (PAOLIELLO & CHASIN, 2001), sendo classificado como o metal pesado encontrado em maior quantidade no ambiente (AZEVEDO & CHASIN, 2003). Designa-se como “metal pesado” o grupo de elementos que ocorre em sistemas naturais em pequenas concentrações, apresentando densidade $\geq 5 \text{ g/cm}^3$ (ADRIANO, 1986; POVINELLI, 1987; EGREJA FILHO, 1993). O chumbo, além de ser um metal não-essencial aos organismos, possui elevada toxicidade e efeitos cumulativos nos seres vivos (JOIRIS et al., 2000).

A ausência de planejamento urbano adequado tem originado crescimento industrial desordenado em algumas cidades brasileiras, com conseqüências indesejáveis principalmente aos animais de exploração pecuária. Localidades rurais que, anteriormente, serviam somente como *habitats* para criação de animais de produção, hoje dividem espaço com fábricas e indústrias que poluem o ar, o solo, as plantas e os mananciais hídricos, tornando os seres vivos vulneráveis à toxidez de seus efluentes (MARÇAL, 2005). Assim, dentre os poluentes ambientais, o chumbo recebe destaque sendo considerado o elemento químico inorgânico de maior risco à saúde dos homens e animais de criação, particularmente para a espécie bovina (KANEKO, 1989; VILLEGAS NAVARRO et al., 1993; MARÇAL & TRUNKL, 1994; MARÇAL et al., 1999). Sua veiculação aos animais pode ocorrer através da ingestão de capim, água e formulações minerais comprometidas

(JUNQUEIRA, 1993; ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS INCORPORATED, 2001). Alimentos como leite e seus derivados podem apresentar níveis variáveis de chumbo, dependendo da exposição do animal ao metal e, conseqüentemente, por sua absorção e/ou ingestão. Isto nos remete a um importante aspecto da saúde pública – a contaminação do homem através da ingestão de produtos e subprodutos de origem animal, provenientes de animais contaminados pelo metal (SHARMA et al., 1982; MARÇAL et al., 2001; SALGADO, 2003).

O risco associado à presença de elementos tóxicos no ambiente é influenciado por três fatores: quantidade total de metal presente no ambiente; toxicidade e biodisponibilidade deste metal. Para associar estes parâmetros com a sua fonte, diversas matrizes como ar, água, solo, sedimentos e alimentos podem ser amostrados e analisados (BROWN et al., 1995). Sabe-se, inclusive, que a poluição aquática, uma das mais sérias, provoca mudanças nas características física, química e biológica das águas, interferindo na sua qualidade, impossibilitando o seu uso para consumo humano (FELLENBERG, 1980). Adiciona-se a este fato a possível detecção de teores de metais pesados concentrados nas vísceras e na musculatura de peixes, que é a parte de maior aproveitamento como alimento (ROCHA et al., 2004), o que remete novamente ao problema de saúde pública.

As fontes mais comuns de chumbo no ambiente são fertilizantes, pesticidas, combustões de carvão e óleo, emissões veiculares em determinados países onde ainda se utiliza gasolina adicionada do metal, mineração, fundição, refinamento e incineração de resíduos urbanos e industriais. Já nos países em desenvolvimento, as reformadoras de baterias ainda são uma das principais fontes de emissão estacionária de chumbo, contaminando o ambiente, as populações e suas residências adjacentes (YEH et al., 1996), promovendo o aumento das concentrações do metal no solo e na poeira em áreas vizinhas (WHO, 1992). As emissões industriais podem aumentar os níveis ambientais de chumbo, principalmente em áreas circunvizinhas a essas indústrias, pois nelas são geralmente utilizados processos e tecnologia obsoletos. Em geral, tais empresas têm instalações precárias, são ampliadas sem planejamento ou cuidados com a purificação do

ar, funcionando, assim, como perigosas fontes de emissão de chumbo para o ambiente externo (TANNER, 2003).

O município de Bauru está entre as importantes aglomerações urbanas do Brasil e do Estado de São Paulo, sendo que o setor industrial responde por 17% dos postos de trabalho, de acordo com a Secretaria de Planejamento do Município. Coube à Indústria Acumuladores Ajax Ltda, uma das maiores fábricas de baterias automotivas do Brasil, inaugurar, na década de 1960, o primeiro pólo do distrito industrial em Bauru, fora do centro da cidade, instalando-se à margem da Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros (TOLEDO, 2008). No ano de 2002, já com vários bairros situados ao redor da empresa e após 27 autuações recebidas, a Ajax foi interditada pela Cetesb, órgão ambiental do Estado de São Paulo. Desde então, responde por intensa contaminação de material particulado enriquecido com chumbo, o qual, durante o período de funcionamento da empresa, se depositou na superfície dos solos circunvizinhos, atingindo as populações ali residentes. A área mais atingida compreendeu um raio de mil metros ao redor da empresa, incluindo o Jardim Botânico Municipal, algumas chácaras rurais e os bairros Tangarás, Manchester, Parque Bauru, Bauru 22 e Vila Tecnológica (VIANA, 2005). Atualmente, a Indústria Acumuladores Ajax Ltda encontra-se funcionando em outro pólo industrial, tendo sido a empresa responsabilizada por despoluir o ambiente contaminado por décadas de seu funcionamento, após ter sido detectado risco grave de contaminação ambiental e de funcionários em quase todas as etapas do processo de fabricação de suas baterias chumbo-ácidas (FUNDACENTRO, 1987).

Com o surgimento de tantos casos de contaminação ambiental, nos últimos anos, tem-se observado uma crescente sensibilização da sociedade frente aos problemas relacionados ao meio ambiente e a necessidade de se tomar medidas eficazes que minimizem tais danos ambientais ou corrijam seus efeitos. Busca-se cada vez mais uma solução para o problema por meio do desenvolvimento de tecnologias alternativas que permitam evitar a geração de resíduos tóxicos e perigosos ao ecossistema. Neste sentido, surge o monitoramento ambiental utilizando-se de bioindicadores, recurso que pode ser de fundamental importância para estudos em que se objetive preservar a saúde pública, sobretudo em localidades críticas onde existam indústrias poluindo o

meio ambiente e dividindo espaço com os seres humanos (MARÇAL, 2000). Monitoramento em seu sentido original significa medir de forma contínua uma variável em um determinado período de tempo. Já o biomonitoramento ou monitoramento biológico significa obter medidas por meio de um organismo biológico, seja ele como um todo ou através de um determinado tecido. Existem três principais situações que levam a um biomonitoramento: (1) onde existem razões para se acreditar que espécies nativas estão ameaçadas; (2) quando há implicações para a saúde humana quanto ao consumo de produtos e sub-produtos potencialmente afetados; e (3) quando existe o interesse de conhecer a qualidade ambiental (SILVA et al., 2003).

O modelo no qual se utiliza o animal pecuário como biomonitor no reconhecimento de poluição ambiental vem sendo amplamente utilizado (MARÇAL & TRUNKL, 1994; MARÇAL, 2000) e sua prática é observada há tempos (HATCH & FUNNEL, 1969). Pesquisas de chumbo em sangue bovino provou ser esta espécie animal um bom bioindicador de contaminação ambiental (MARÇAL et al., 1998; MARÇAL et al., 2003; ZADNIK, 2004). Sabe-se que a manifestação toxicológica nos animais criados em seu ecossistema natural será sempre mais precoce do que no homem, devido à relação mais restrita que possuem com a natureza – isto devido a uma possível exposição constante quando se alimentam de pastagens e água contaminados pelo metal (MOREIRA & MOREIRA, 2004). Embora ligações diretas entre efeitos ecológicos e a saúde humana por vezes mostrem-se difíceis de estabelecer, o uso de espécies animais como sentinelas de problemas ambientais ainda é a base conceitual para esta conexão (SILVA et al., 2003).

REVISÃO DE LITERATURA

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico sobre o chumbo

O chumbo encontra-se naturalmente na crosta terrestre em concentrações de aproximadamente 13 ppm (13mg/Kg) e vem sendo usado pelo homem praticamente desde o início da civilização (MOREIRA E MOREIRA, 2004). Foi reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um dos elementos químicos mais perigosos à saúde humana (VANZ et al., 2003). Há mais de 4.000 anos, o homem utiliza o chumbo sob várias formas. Os romanos já utilizavam-no na área de engenharia, fabricando tubulações para o transporte de água e também na confecção de utensílios domésticos. Desta maneira, nas áreas em que a água era de caráter ácido, havia maiores riscos de exposição e contaminação pelo metal (OGA, 1996). A mobilização do chumbo de tubulações em construções ainda pode ser observada nos dias de hoje, pois este elemento entra na composição dos tubos de policloreto de vinila (PVC), com a finalidade de fornecer moderada capacidade de maleabilidade ao material (VANZ et al., 2003). Data da Roma antiga o termo “saturnismo”, nome como é conhecida a intoxicação crônica produzida por excesso de chumbo no organismo humano. O termo “saturnismo” é uma referência ao deus Saturno, idolatrado em Roma. Os romanos acreditavam que o chumbo havia sido um presente de Saturno e com ele construíam aquedutos e produziam acetato de chumbo, utilizado pelos aristocratas da época para adocicar o vinho. Acreditava-se que essa mistura, e a conseqüente intoxicação por ela provocada, seria a causa das imbecilidade, perversidade e esterilidade reconhecidas em imperadores como Nero, Calígula, Caracala e Domiciano – este último construtor de fontes que jorravam vinho “chumbado” nos jardins de seus palácios (MUNIZ, 2007).

Com relação à história da intoxicação pelo chumbo, o mundo das artes também inclui vítimas famosas, entre elas os pintores Van Gogh e Portinari (fonte da intoxicação: tintas), o vidralista Dirk Vellert (fonte da intoxicação: vidros coloridos) e o compositor Beethoven (provável fonte da intoxicação: tipografia das partituras) (MUNIZ, 2007). Provavelmente, o primeiro médico a relacionar quadro de cólica abdominal grave em trabalhador

de minas do metal foi Hipócrates, em 370 a.C. Mais de mil anos depois, Avicena recomendou tratamento purgativo em quadros clínicos de cólica possivelmente causados por exposição ao metal. A Revolução Industrial também trouxe uma acentuação sem precedentes na intensidade das emissões de chumbo, tanto em massa absoluta quanto no número e no tipo de compostos metálicos liberados para o ambiente (NRIAGU, 1996).

Estudos sobre intoxicação por chumbo fazem parte da história da medicina baiana, com inúmeras teses defendidas na Faculdade de Medicina da Bahia, descrevendo quadros clínicos em expostos ocupacionais e trabalhos sobre contaminação de água potável veiculada em canos de chumbo, no início do século XIX (SPÍNOLA et al., 1980). Ainda no Brasil, elevadas concentrações de chumbo podem ser encontradas em solos no entorno de áreas industriais, em atividades de reciclagem de baterias automotivas ou em áreas onde ocorreram atividades industriais de exploração e refino de minérios de chumbo (PAOLIELLO & DE CAPITANI, 2005), colocando em risco a vida de animais e seres humanos. Inúmeros acidentes ambientais envolvendo o chumbo já foram registrados, fato bastante relevante para a saúde pública, visto que o metal apresenta riscos considerados graves, ocasionando danos muitas vezes irreversíveis, associados à sua exposição (FIRJAN, 2000).

2.2 Chumbo - aspecto e forma

O chumbo é um metal cinza-azulado, sem odor, maleável, sensível ao ar e pertencente ao grupo IV-B da Tabela Periódica de classificação dos elementos químicos. Seu ponto de fusão é igual a 327°C; a partir de 550°C começa a produzir vapor, e encontra-se em ebulição a 1740°C (WHO, 1995). Possui quatro isótopos de ocorrência natural, entretanto as razões isotópicas para as várias fontes minerais podem diferir. O chumbo é um dos metais mais resistentes à corrosão, sendo extremamente resistente tanto em atmosferas urbanas, como rurais e marítimas. Quando recém cortado, possui um brilho metálico que desaparece ao contato com o ar – reação causada pela ação do oxigênio, do dióxido de carbono e do vapor de água, que produzem uma camada fina na superfície do metal, agindo como camada protetora para o chumbo (ROCHA, 1973).

O chumbo pode ser encontrado na forma de metal, puro ou ligado a outros metais, ou ainda, formando óxidos quando unido a outros compostos químicos. As seguintes propriedades do chumbo determinam sua importância comercial e ampla aplicação industrial: excepcional maleabilidade, baixo ponto de fusão, alta resistência à corrosão, alta densidade, alta opacidade aos raios X e gama, reação eletroquímica com ácido sulfúrico (importante na fabricação de baterias automotivas chumbo-ácidas), além de possuir estabilidade química ao ar, solo e água (PAOLIELLO & CHASIN, 2001). Tanto o chumbo tetraetila como o tetrametila são exemplos importantes de compostos orgânicos sintetizados industrialmente em que o metal aparece ligado ao carbono. Apresentam características lipossolúveis, sendo facilmente absorvidos pela pele, trato gastrointestinal e pulmões (KLAASSEN, 1991; SADAQ, 2002). A toxicidade desses, todavia, deve-se à conversão do metal na forma inorgânico bivalente. O ponto de ebulição do chumbo tetrametila é 110°C e do chumbo tetraetila é 200°C (KLAASSEN, 1991). Existe ainda o chumbo em sua forma inorgânica, sendo que a intoxicação por este grupo ocorre principalmente através das vias respiratória e digestória (SADAQ, 2002).

2.3 Chumbo - ocorrência

O chumbo é um elemento de ocorrência natural, encontrado com relativa abundância na crosta terrestre, em concentrações de aproximadamente 13ppm (13mg/Kg), quase sempre como sulfeto de chumbo (galena). É registrado em todos os compartimentos da biosfera e em diversas formas químicas (ATSDR, 1999). As principais fontes naturais do metal são emissões vulcânicas, intemperismo geoquímico e névoas aquáticas. As maiores fontes geológicas do chumbo são as rochas ígneas e metamórficas (WHO, 1995). Estima-se que as suas taxas de emissão natural sejam da ordem de 19.000 toneladas por ano, com as fontes vulcânicas sendo responsáveis por 6.400 toneladas anuais (NRIAGU & PACINEA, 1988).

2.4 Fontes de exposição ao metal chumbo

O chumbo é encontrado em tintas antigas, algumas tintas de artistas, brinquedos de chumbo, chumbada utilizada em pesca, chapa metálica que prende a rolha de garrafas de vinho, baterias, bolas de golfe, pratos de cerâmica esmaltados inadequadamente, óleo de motor usado proveniente de motores que consomem gasolina com chumbo, linóleo, telha, caldeiras de fundir chumbo e munições (GFELLER & MESSONNIER, 2006). As indústrias metalíferas podem tornar-se fontes poluidoras do meio ambiente quando não obedecem as regras legais adequadas dos encaminhamentos de seus efluentes de despejos (MARÇAL, 2006).

Os contaminantes transferidos através da rede trófica também exercem um papel importante na ação e persistência do chumbo no ecossistema. O metal pode ser acumulado lentamente nos tecidos dos indivíduos ao longo do tempo, com características de baixa toxicidade até atingir níveis que podem ser danosos e até mesmo letais ao organismo. A transferência do chumbo dos tecidos dos organismos para os de seus predadores sempre levará a concentrações de maiores magnitudes nos níveis tróficos superiores, visto que o metal possui caráter acumulativo (LEMOS & TERRA, 2003). As fontes mais comuns de chumbo, na maioria dos pequenos animais, são as tintas à base de chumbo, que podem ser encontradas em casas antigas que estão sendo reformadas. A intoxicação destes animais, em situações como esta, se dá através de lambeduras e ingestão de partículas do metal (GFELLER & MESSONNIER, 2006). A ingestão de pilhas por cães jovens também é muito comum, reforçando o caso mais comum de intoxicação acidental pelo metal (LACERDA, 2009). Já com relação aos grandes animais, a ingestão acidental, aguda ou crônica, de metais pesados pode resultar em inúmeras afecções que, em determinadas ocasiões, podem não ser perceptíveis clinicamente. Por serem animais pouco seletivos, os bovinos podem se contaminar mediante a mastigação de objetos contendo esses elementos químicos ou ingestão de água ou alimento contaminado (SOUZA et al., 2009). Além disso, o chumbo pode ser encontrado em concentrações consideráveis em rações utilizadas como suplemento nutricional para bovinos, sendo que isto é favorecido pela baixa qualidade dos subprodutos utilizados para a elaboração dessas rações. No mercado interno, existem

aproximadamente 5.500 diferentes misturas minerais, as quais são amplamente comercializadas. Esta diversidade é preocupante, pois formulações podem estar contaminadas por metais pesados, comprometendo a cadeia alimentar atingindo os bovinos e, por conseguinte, o homem, oferecendo riscos à saúde pública pelo consumo de produtos e subprodutos de origem animal (MARÇAL et al., 2003; MARÇAL et al., 2004; MARÇAL et al., 2005).

Partículas de chumbo podem ainda ser inaladas do escapamento de motores que consomem gasolina com chumbo (GFELLER & MESSONNIER, 2006). O uso de gasolina com chumbo está diminuindo, fato que pode ser melhor observado na Europa e no México porque todos os carros novos devem ter catalisadores. Mas o consumo de gasolina contendo o metal pesado ainda continua na maior parte do restante do mundo, podendo-se observar chumbo adicionado à gasolina em muitas regiões da África (VIANA, 2005), Ásia e América do Sul (SPIRO & STIGLIANI, 2009). No Brasil, ainda que sem uma legislação específica que proíba o chumbo como aditivo na gasolina, o seu emprego tornou-se totalmente dispensável quando ficou estabelecida, por meio da Lei nº 7.823/93, a obrigatoriedade de se utilizar 22% de etanol como aditivo na gasolina. Com esta porcentagem de etanol, o chumbo comprometeria o funcionamento adequado dos motores dos veículos (VIANA, 2005). Em nosso país, atualmente, apenas a gasolina de aviação ainda continua utilizando o chumbo em sua composição (JURAS, 2006). O fato de ainda existir chumbo na gasolina dos meios de transporte aéreo é preocupante, o que se pode constatar em pesquisa realizada nos troncos de árvores dos parques Ibirapuera e Trianon, importantes áreas verdes nobres da cidade de São Paulo. Estes parques estão na rota mais intensa do tráfego aéreo da metrópole, cuja frota de helicópteros só perde para a de Nova Iorque, fato este que reforça a hipótese da contaminação do meio ambiente por partículas de chumbo presentes na gasolina que vem do céu (BONI, 2009).

2.5 Toxicocinética do chumbo

A maioria dos metais pesados afeta múltiplos sistemas orgânicos, sendo os alvos de sua toxicidade os processos bioquímicos específicos

(enzimas) e/ou membranas de células e organelas. O efeito tóxico do metal envolve, geralmente, uma interação entre o íon metálico livre e o alvo toxicológico (FIRJAN, 2000). Diferentemente de outros metais – como o ferro, o zinco, o cobalto, o cromo, o manganês e o cobre – o chumbo é um elemento absolutamente estranho ao metabolismo dos seres vivos, em qualquer quantidade. É uma neurotoxina cuja presença nos diversos tecidos, a partir de uma concentração limiar, interfere em diversas passagens metabólicas, causando os sinais e sintomas da doença conhecida como saturnismo (em seres humanos) ou intoxicação crônica pelo chumbo (CORDEIRO et al., 1996).

Os metais pesados, de um modo geral, têm grande afinidade por grupamentos orgânicos contidos em frações de solo, sedimentos e tecidos biológicos, que lhes conferem as propriedades de bioacumulação, biomagnificação na cadeia alimentar e persistência no meio ambiente. A persistência dos metais pesados no ambiente por períodos prolongados garante a prevalência de seus efeitos a longo prazo, mesmo depois de interrompidas as emissões desses metais pesados (FRANCO & FRANCO, 2003), fato bastante observado em regiões contaminadas por chumbo.

2.5.1 Absorção do chumbo

O processo de absorção do chumbo proveniente de fontes ambientais depende da quantidade deste metal nas portas de entrada, dos seus estados físico e químico, além de ser influenciado por fatores relacionados ao organismo intoxicado, como idade, estado fisiológico, condição nutricional e, possivelmente, fatores genéticos (PAOLIELLO & CHASIN, 2001). O chumbo pode ser absorvido por todas as vias, sendo que pela via respiratória, a absorção de seus vapores é quase imediata. A absorção pela via oral, a principal via de exposição para animais, depende da solubilidade do sal de chumbo ingerido. Desta forma, o chumbo metálico e sua forma sulfídrica são pouco absorvidos. No entanto, apesar de a absorção de chumbo ser baixa (1 a 2%), na forma de sais de acetato, de fosfato e de óxido de carbonato, esse metal é facilmente absorvido pelo trato gastrointestinal (TGI). Deve-se lembrar que animais jovens absorvem maiores quantidades de chumbo que indivíduos adultos, por causa da particularidade dos enterócitos na fase de desenvolvimento, de maneira semelhante a que é observada na espécie

humana. Deficiências nutricionais também podem promover o aumento na taxa de absorção do chumbo no TGI, como, por exemplo, a deficiência de cálcio na dieta, a qual impede a competição entre esse elemento e o chumbo, aumentando, assim, a absorção do metal. Já a absorção cutânea tem pouca importância, embora projéteis bélicos depositados nos tecidos moles se solubilizem e passem a ser absorvidos e desta forma sendo rapidamente distribuídos para o organismo animal ou ser humano atingido (SPINOSA et al., 2008).

A absorção do chumbo da atmosfera para o sangue envolve dois processos: a deposição das partículas de chumbo do ar no trato respiratório e a sua remoção seguida da absorção do metal do trato respiratório para a circulação. As partículas são depositadas principalmente nos sacos alveolares do pulmão. Fumos e vapores, gerados em operações nas quais os metais são cortados ou aquecidos, apresentam partículas de tamanho muito pequeno de chumbo, facilitando assim sua absorção. Tal absorção depois da deposição varia conforme a solubilidade dos compostos de chumbo e da toxicidade inerente para os macrófagos e cílios do pulmão. A absorção do chumbo no sangue pode ser superior a 50% da dose inalada / ingerida para gases de exaustão e sais altamente solúveis, assim como para fumantes e pessoas com doenças das vias respiratórias superiores, que têm a atividade ciliar prejudicada, favorecendo assim a maior deposição das partículas de chumbo no trato respiratório. De qualquer forma, uma vez absorvido, a distribuição do chumbo ocorre de maneira similar, independente da via de absorção (ATSDR, 1999; WHO, 1995).

2.5.2 Distribuição do chumbo

A presença do chumbo em diferentes partes do organismo depende inicialmente da taxa de distribuição, através do fluxo sangüíneo, para vários órgãos e tecidos. Uma redistribuição subsequente pode ocorrer baseada na afinidade relativa do elemento nos tecidos e sua toxicodinâmica (ATSDR, 1999). O chumbo se distribui pelos tecidos orgânicos, sendo os eritrócitos as células escolhidas para a deposição deste metal. Calcula-se que cerca de 90% do chumbo absorvidos encontram-se nos eritrócitos, ligados principalmente à hemoglobina (SPINOSA et al., 2008). O chumbo interfere com as vias

metabólicas da síntese da hemoglobina e da maturação normal dos eritrócitos. Estes se tornam mais frágeis, tendo seu tempo de vida diminuído, além de possuírem capacidade reduzida de carrear oxigênio (GFELLER & MESSONNIER, 2006).

O chumbo presente no sangue é distribuído entre os órgãos, dependendo do gradiente de concentração e da afinidade pelo tecido específico. O chumbo é distribuído entre o sangue, os tecidos moles (fígado, rins, entre outros) e rígidos (ossos e dentes). Portanto, o metal não é distribuído de forma homogênea no organismo. Três compartimentos distintos foram identificados (sangue, ossos e tecidos moles) tendo o chumbo diferentes tempos de meia-vida nestes compartimentos. O sangue foi considerado o mais lábil, com meia-vida de aproximadamente 36 dias; os ossos, o compartimento mais estável, com meia-vida de aproximadamente 27 anos. Nos tecidos moles, o chumbo apresenta meia-vida de aproximadamente 40 dias (ATSDR, 1999; WHO, 1995).

Níveis elevados de chumbo têm sido encontrados na aorta, fígado e rins. A retenção do chumbo nos tecidos moles estabiliza-se na vida adulta e pode decrescer em alguns órgãos com a idade, contudo continua a se acumular nos ossos e na aorta durante toda a vida. Desta forma, o chumbo depositado nos ossos pode ser uma fonte de exposição interna ao indivíduo. Mesmo após a excreção deste metal, presente no sangue e em outros tecidos moles, sistema nervoso central (SNC), rins e fígado, o chumbo ainda pode ser mobilizado dos ossos, podendo ocasionar um quadro de redistribuição no organismo e agudização da intoxicação. Esta situação é dependente de certos fatores, tais como diminuição dos níveis séricos de cálcio, prenhez e até mesmo osteoporose, (SPINOSA et al., 2008), podendo também ser intensificada durante os períodos de rápido crescimento ósseo na infância, lactação, menopausa, desequilíbrios hormonais, entre outros. Uma vez na corrente sangüínea, os processos cinéticos de absorção, trocas com outros compartimentos do organismo e de eliminação determinam o teor de chumbo no sangue (HRYHORCZUK et al., 1985).

Outra característica importante do metal é que ele penetra a placenta, atingindo o organismo fetal, o qual conterá quase os mesmos níveis do metal que ao do sangue materno (NASHASHIBI et al., 1999). Existe ainda

uma correlação positiva entre o chumbo nos tecidos e as concentrações do metal da dieta, embora os níveis tissulares sejam quase sempre mais baixos. Sabe-se que a distribuição do metal no organismo animal está intimamente relacionada ao metabolismo do cálcio; entretanto, a forma orgânica tetravalente do chumbo, considerada a mais tóxica, não segue esse metabolismo (WHO, 1989). Quanto ao nível bioquímico, o chumbo é distribuído para todas as células e sua toxicidade é mediada por meio de vários mecanismos. As proteínas ligadas ao cálcio, preferencialmente se ligam ao chumbo quando este metal está presente em altas concentrações. Uma vez ligado a estas proteínas, os processos que normalmente são mediados pelo cálcio podem ser ativados ou inibidos, contendo, assim, as mensagens normalmente retransmitidas pelo cálcio intracelular. Deste modo, a liberação do neurotransmissor dependente de cálcio pode também ser prejudicada na presença do chumbo, resultando na alteração da comunicação intercelular (MARKOWITZ, 2000).

2.5.3 Eliminação do chumbo

Parte do metal ingerido e não absorvido pelo TGI, assim como o metal proveniente do ar, são excretados pelas fezes. Quando sob condições constantes de exposição a chumbo em baixas concentrações, a excreção urinária se torna importante, sendo aproximadamente 70% da quantidade absorvida (ONG et al., 1985). A eliminação, por meio de qualquer via, é afetada pela idade e características da exposição, além de ser dependente da espécie animal. Cerca de 60% do chumbo absorvidos são retidos pelo organismo e 40%, excretados. As vias de menor excreção, mas também participativas, são: suor, saliva, pêlos, cabelo, unhas e leite materno (OGA et al., 2008). Embora o leite materno tenha pouca importância do ponto de vista de liberação do chumbo (<8%), pode representar um risco para o lactente, já que existe uma correlação entre a concentração do chumbo no sangue e no leite: a concentração de chumbo secretado pelo leite materno varia entre 10 e 30% da concentração materna de Pb no sangue ou na plumbemia (ONG et al., 1985).

O organismo acumula chumbo durante toda a vida e o libera de forma extremamente lenta, devido à sua grande afinidade pelo sistema ósseo. Conseqüentemente, após uma única exposição, o nível de chumbo no sangue de um indivíduo pode retornar ao máximo permitido e, no entanto, o conteúdo

corpóreo total pode ainda ser elevado. Mesmo doses pequenas de chumbo, se por tempo prolongado, podem causar intoxicação. Assim, grandes exposições agudas não precisam ocorrer para que a intoxicação por chumbo se desenvolva. O conteúdo total de chumbo no corpo é que está relacionado com o risco de efeitos adversos (ATSDR, 1992).

2.6 Toxicodinâmica do chumbo

Por ser um metal eletropositivo, preferencialmente cátion bivalente, o chumbo apresenta afinidade por agrupamentos sulfidríla (SH), radical amino (NH_2), radical hidróxido (OH) e também pelo ácido fosfórico (H_3PO_3), formando complexos com compostos endógenos que interferem nas funções celulares. Os órgãos críticos para sua ação tóxica são o sistema nervoso, a medula óssea e os rins (PAOLIELLO & CHASIN, 2001). O mais conhecido mecanismo de ação tóxica do chumbo é a sua interferência na biossíntese do heme por meio da inibição de algumas enzimas envolvidas nesta síntese, destacando-se, como um de seus principais efeitos adversos, a diminuição da biossíntese do radical heme da hemoglobina por meio da inibição da enzima ácido delta-aminolevulínico desidratase (ALAD). Porém, os mecanismos de neurotoxicidade não são bem conhecidos. Estudos realizados demonstraram a associação da exposição ao metal e distúrbios no metabolismo dos carboidratos e de alguns neurotransmissores, como a acetilcolina, o glutamato e as catecolaminas, no catabolismo de triptofano, e na síntese endógena de nucleotídeos piridínicos – principal fonte de NAD e NADP – coenzimas importantes para o desenvolvimento cerebral. No sistema nervoso periférico, o metal promove a desmielinização e degeneração axonal, prejudicando as funções psicomotoras e neuromusculares (SALGADO, 2003).

No sistema renal, estudos experimentais evidenciaram que as mitocôndrias das células sofrem interferência nos processos de oxidação e fosforilação, responsáveis pela diminuição das funções de reabsorção tubular proximal. Observou-se a presença de corpos de inclusão formados pelos complexos chumbo-proteínas, constituídos de ácidos aspártico e glutâmico e pouca cisteína. O chumbo liga-se aos grupos carboxílicos e amínicos dos aminoácidos (PAOLIELLO & CHASIN, 2001). Estudos realizados em roedores

demonstraram que o chumbo atua como promotor da carcinogênese renal, interferindo nos processos cromossômicos, induz a estabilização da cromatina inibindo o mecanismo de reparo do DNA; entretanto, estudos epidemiológicos realizados com trabalhadores expostos ao metal não comprovaram esta ação (SALGADO, 2003).

O metal promove, ainda, outras alterações inespecíficas, interferindo nos eletrólitos sanguíneos (Na, K, Ca e P), no metabolismo mineral (Zn, Cu, Mn, Al), no metabolismo de carboidratos, lipídeos, RNA e aminoácidos, na síntese de proteínas, na utilização de vitaminas (B₁, PP e B₁₂) e na produção de hormônios (tiroxina e hipofisários) (PAOLIELLO & CHASIN, 2001).

2.7 Chumbo no solo

Elementos metálicos podem ser depositados no solo por meio da aplicação de resíduos ou pela exaustão industrial, responsável pela poluição do ar, quando esses elementos alcançam a superfície do solo. Em concentrações mais elevadas que certos limites, tais elementos poderão ser tóxicos às plantas ou se acumularem nelas, entrando na cadeia alimentar e ocasionando danos aos animais e aos homens. A determinação da concentração de elementos tóxicos no solo é uma importante ferramenta para monitorar a poluição ambiental. Embora a análise total desses elementos forneça evidências de possíveis contaminações, o conhecimento das formas químicas do metal no solo é fundamental para estimar sua mobilidade e geodisponibilidade no ambiente. Entre os elementos que podem estar presentes no ambiente em condição de causar toxicidade, os mais potencialmente tóxicos aos animais superiores são o arsênio, o mercúrio, o cádmio e o chumbo (ANDRADE & ABREU, 2003).

O solo pode ser contaminado pelo chumbo de forma natural, geológica ou por meio de atividades exercidas pelo homem (LARINI et al., 1997). O teor do chumbo é influenciado por atividades antropogênicas e pelo seu transporte através do ar, oriundo de várias fontes. A contaminação do solo pode ocorrer, então, pela utilização de fertilizantes não suficientemente purificados durante o processo de produção, que contenham impurezas como metais pesados, contaminando o solo por uso repetido e excessivo. A irrigação

também é outro fator que pode favorecer a contaminação do solo quando a água utilizada estiver com elevadas concentrações de chumbo livre (MARÇAL, 2005; NUNEZ et al., 2006). De acordo com a legislação brasileira, o limite máximo de concentração para o elemento chumbo (Pb) no solo é 30,00 µg/g ou ppm (BRASIL, 1990). Os níveis naturalmente presentes de chumbo no solo encontram-se no intervalo de 10 a 70 ppm (mg/Kg), sendo que, em solos de áreas rurais, apresentam-se normalmente em concentrações menores que 30 ppm (BELLINGER & SCHWARTZ, 1997). Entretanto, nos arredores das grandes cidades, em áreas próximas a fundições ou a rodovias com alto tráfego - em regiões que utilizam gasolina aditivada com chumbo - as concentrações do metal podem exceder a 10.000 ppm. Concentrações do metal acima de 10.000 ppm no solo e de 2.000 ppm em vegetações podem ser encontradas em áreas urbanas próximas à fontes industriais de chumbo. Níveis elevados, como 21.000 ppm de chumbo, foram encontrados no solo a uma profundidade de apenas 5cm, em área adjacente a indústrias secundárias de chumbo (LINZON et al., 1976).

O solo possui alta capacidade de retenção de metais pesados. Mais de 43% do chumbo presente no solo encontram-se na fração orgânica, sendo o restante ligado a outros componentes de seu sistema, como óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, carbonatos e fosfatos. O teor do chumbo varia em função da concentração de húmus, matéria orgânica e argila, sendo este último o parâmetro mais importante em solos tropicais. Entretanto, na maioria das vezes, o chumbo presente no solo é considerado como um elemento traço, apresentando concentração inferior a 1 ppm (XIAN, 1989). Entretanto, quando presente no solo, o metal se mostra fortemente retido por sua superfície (BERTHELSEN et al., 1995) e, quando sua capacidade de retenção é ultrapassada, o metal em disponibilidade no meio pode penetrar na cadeia alimentar dos organismos vivos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1992) ou ainda ser lixiviado, colocando em risco a qualidade dos sistemas subjacentes de água subterrânea.

Para controlar o descarte de metais pesados nos solos, vários países têm fixado seus teores máximos permissíveis, de modo a manter os riscos ambientais dentro dos limites aceitáveis. Contudo, tais teores máximos não levam em consideração a influência das propriedades individuais dos solos,

sendo muito criticados, pois se mostram muito restritivos para uns, enquanto para outros podem ser muito elevados (POMBO, 1995). Deve ser enfatizado que a contaminação de solos com chumbo é um processo cumulativo praticamente irreversível, aumentando, desta forma, os teores deste metal na sua superfície. Isto indica, portanto, uma correlação na disponibilidade de sua absorção pelas raízes das plantas (KABATA-PENDIAS E PENDIAS, 1992).

A literatura específica descreve inúmeros casos de contaminação de solo pelo metal chumbo (LINZON et al., 1976; GALEY et al., 1990; LARINI et al., 1997; TRAVERSO et al., 2004; MARÇAL, 2005; NUNEZ et al., 2006). Deve ser enfatizado que a contaminação de solos com chumbo é um processo cumulativo praticamente irreversível, aumentando, dessa forma, os teores deste metal na sua superfície, o que indica uma correlação na disponibilidade de absorção do mesmo pelas raízes das plantas (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1992).

Um episódio de intoxicação por chumbo em bovinos, responsável pelo óbito de 25 animais, foi relatado após a ingestão de silagem, obtida da pastagem cultivada em solo que continha acima de 77.000 ppm do metal, em consequência à proximidade de indústrias de reciclagem de baterias (GALEY et al., 1990). Em setembro de 2000, a presença de latas velhas de tinta em um abrigo para bovinos foi responsável por causar intoxicação por chumbo em três animais da propriedade. O conteúdo das latas extravasava através de fendas provocadas pela ferrugem, o que fez com que o solo da região se tornasse contaminado, levando a distribuição do metal para as gramíneas e conseqüentemente aos animais, via cadeia alimentar. A análise do solo revelou valores de até 27,3 ppm de chumbo (TRAVERSO et al., 2004).

2.8 Chumbo nas plantas

O chumbo existe naturalmente em plantas, resultando de processos de captação e incorporação. Embora seja pouco entendido o mecanismo de aquisição de chumbo, há uma correlação positiva entre a concentração do metal na planta e no solo (WHO, 1995), de forma que elas são mais afetadas em locais onde a concentração ambiental é mais elevada (WHO, 1989). Em geral, as plantas absorvem prontamente esses elementos dissolvidos nas

frações do solo, seja na forma iônica, seja quelado na forma de complexos. A intensidade da absorção varia com a espécie de planta e sua fase de desenvolvimento, sendo sensível a algumas propriedades do ambiente, como temperatura, aeração e potencial de oxi-redução. Estudos descrevem o efeito tóxico do Pb sobre processos como fotossíntese, mitose e absorção de água, entretanto, os sintomas tóxicos nas plantas não são muito específicos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1992).

A aplicação direta na agricultura de agentes químicos contendo chumbo e o emprego de fertilizantes contaminados pelo metal são fatores que contribuem para um maior acúmulo de metal nas plantas. A translocação do chumbo pelas raízes, para a parte aérea da planta, representa apenas 3%, sendo que a fonte principal de contaminação se dá pela deposição de compostos do metal nas folhas, emitidos na forma de gases, e absorvidos dessa forma. As pastagens freqüentemente têm sua contaminação decorrente da deposição atmosférica, proveniente de fundições, de indústrias diversas e do ambiente urbano (SOUZA et al., 2009). O conteúdo de chumbo em plantas cultivadas em áreas urbanas e industriais apresenta um risco à saúde, pois se as plantas estiverem contaminadas pelo metal podem vir a contaminar quem delas se alimentar (BIEGO et al., 1998). Os teores de vários metais, incluindo-se o chumbo (Pb) foram estudados no solo e forrageiras das regiões norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro, nas épocas seca e chuvosa. As amostras foram coletadas em 12 diferentes locais, em áreas onde predominam pastagens. Em três locais, os teores de chumbo das forrageiras ultrapassaram o limite de 30mg/kg, que é considerado o teor máximo tolerado para bovinos (TEBALDI et al., 2000).

O limite máximo estabelecido para a concentração do elemento chumbo em vegetações (capim), fixado pela legislação brasileira, é 8,00 µg/g (BRASIL, 1990). Entretanto, a literatura também relata como valores limites aceitáveis as concentrações de 1,00 µg/g (LAGERWERFF, 1972), 2 µg/g (PENDIAS & PENDIAS, 1984) e de 3 a 7 µg/g (HATCH, 1992).

2.9 Chumbo em ambientes aquáticos

O chumbo é fortemente adsorvido à matéria orgânica e, embora pouco sujeito à lixiviação, pode entrar nas águas superficiais como resultado da erosão do solo. O movimento do chumbo do solo para águas profundas é muito lento na maioria das condições naturais, exceto para situações de elevada acidez. São condições que induzem a mobilização do chumbo: (1) a presença de chumbo no solo em concentrações que se aproximam ou excedem a capacidade de troca catiônica de tal meio; (2) a presença de materiais que são capazes de formar quelatos solúveis com o chumbo; e (3) o decréscimo do pH da solução de lixívia (como a chuva ácida). Os ecossistemas aquáticos, em geral, funcionam como os principais receptáculos finais de diferentes tipos de substâncias químicas, mesmo das que não são lançadas diretamente nos corpos de água. Portanto, o chumbo que é depositado no ambiente aquático pode ser proveniente da atmosfera, da lixiviação do solo ou ainda do despejo direto do contaminante. Neste meio, o metal se divide rapidamente entre o sedimento e a fase aquosa, dependendo do pH da água, dos sais nela dissolvidos e da presença de agentes complexantes orgânicos (ATSDR, 2007).

Entretanto, tem-se que em sistemas aquáticos contaminados, somente uma pequena fração do chumbo encontra-se dissolvida na água, sendo que a maior parte do metal encontra-se fortemente ligado ao sedimento. Já os organismos aquáticos geralmente incorporam o chumbo do ambiente em proporção com o grau de contaminação de seu *habitat*. Concentrações de chumbo em alguns peixes marinhos são maiores nas brânquias e na pele do que em outros tecidos. No fígado, os níveis aumentam significativamente com a idade (PAOLIELLO & CAPITANA, 2003).

2.10 Chumbo em animais terrestres

Mamíferos, aves e répteis podem se intoxicar por chumbo. A dose tóxica do metal já foi estabelecida para várias espécies, porém torna-se difícil aplicá-la a casos clínicos cujo histórico da exposição não é claro. Em geral, animais jovens são mais sensíveis à intoxicação pelo chumbo, apresentando taxa de absorção mais alta (cerca de 90%) pelo TGI (GWALTNEY-BRANT, 2004). Jubb & Kennedy (1970) descreveram que a contaminação por chumbo é

relevante na criação pecuária, podendo ser fatal nos bovinos, incomum em ovinos, em eqüinos ocasiona síndromes cólicas, e consideraram rara a intoxicação nos suínos.

A intoxicação ocorre quando os animais ingerem acidentalmente produtos que contêm chumbo (baterias, tintas, óleo ou graxa de motores de carros ou máquinas agrícolas, canos de chumbo, sal mineral contaminado pelo metal). Outra fonte de contaminação é a ingestão de pastagens em áreas próximas a indústrias que poluem por chumbo ou a estradas com muito trânsito de veículos em países onde continua sendo utilizada gasolina aditivada com chumbo. Animais colocados para pastar em propriedades onde anteriormente funcionavam fábricas de baterias e indústrias de tintas podem ser intoxicados por chumbo. Os animais mais afetados são os bovinos, principalmente bezerros e novilhas; isto porque o comportamento curioso e a tendência a lamber ou ingerir objetos estranhos os leva a ingerir produtos contendo o metal. Quadros de intoxicação por chumbo já foram observados quando este elemento foi utilizado na confecção e pintura de comedouros disponíveis para os animais. O chumbo era então mobilizado e ingerido pelos animais quando, no interior destes recipientes, eram colocadas substâncias ácidas, quentes ou até mesmo pelo hábito de os animais lamberem e/ou morderem os vasilhames (OGA et al., 2008).

Além da via oral, a intoxicação pode ocorrer também pela via respiratória, devido à inalação de vapores de chumbo (BLANC et al., 1999). Em bovinos e eqüinos saudáveis, podem ser encontrados níveis sangüíneos de 0,05 a 0,25 ppm de chumbo por 100mL de sangue. Já em animais intoxicados, os níveis sangüíneos mostram-se superiores a 0,3 ppm (RADOSTTIS et al., 1994). Encontram-se dentro do limite de tolerância biológico (LTB), os valores de chumbo entre a faixa de 0 e 0,25 µg/mL, atribuídos à espécie bovina por Rosenberger (1983); Takla e colaboradores (1990); McEvoy & McCoy (1993) e Villegas-Navarro e colaboradores (1993).

Em bovinos, os principais sinais clínicos observados são anemia microcítica hipocrômica, anorexia, fadiga, depressão, cólica intestinal (constipação, diarreia, dor abdominal), vômito, sialorréia, nefropatia, irritabilidade, encefalopatia, cegueira, perda de peso, aborto e excitabilidade em bezerros. Seus principais efeitos patológicos englobam alteração na síntese

do radical heme, interferência na síntese de proteína e globina, aumento da fragilidade das membranas celulares, alterações na atividade enzimática, inclusões intranucleares nos túbulos renais, além de alteração na função endócrina. Sob o ponto de vista econômico, o chumbo, quando veiculado aos animais por ingestão de alimentos contaminados, pode causar alterações orgânicas importantes, modificando o seu desempenho (ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS INCORPORATED, 2001), podendo inclusive acarretar significativas alterações no sistema reprodutivo dos bovinos (McDOWELL, 1985), incluindo abortamento (MARÇAL et al., 2001). Tais sinais podem ser agudos ou subagudos. Na forma aguda, alguns animais podem ser encontrados mortos e outros morrem num prazo entre 12 - 24 horas; na forma subaguda há uma sobrevivência de 4 - 5 dias (RADOSTTIS et al., 1994).

Verificam-se inúmeros casos de intoxicação de bovinos por chumbo. Pode-se citar, por exemplo, um episódio de intoxicação por chumbo de bovinos que pastoreavam ao lado de um depósito de placas de baterias, no estado de Santa Catarina (GAVA et al., 1992). Outro caso foi notificado no estado do Paraná, onde o surto de intoxicação, também proveniente de resíduos de bateria, foi responsável pela morte de 11 bovinos (RIBEIRO et al., 1999). Também é bastante comum a intoxicação de bovinos por ingestão continuada de sal mineral contaminado por chumbo (MARÇAL, 1996; MARÇAL et al., 1998; MARÇAL et al., 2003; MARÇAL et al., 2004; MARÇAL, 2005).

Cães e gatos jovens são bastante suscetíveis à intoxicação por chumbo (GFELLER & MESSONIER, 2006). A maioria dos casos relatados diz respeito ao hábito curioso e à ingestão de pequenos objetos que contenham chumbo em sua composição, encontrados nos arredores das residências. Adicionalmente, cães e gatos são fortemente expostos ao metal quando habitam em casas antigas, cuja pintura ainda contém chumbo em sua composição. No caso de reformas de residências, com desprendimento de lascas de tintas antigas, torna-se fácil e atrativo aos animais jovens a ingestão delas, predispondo-os à contaminação pelo metal (THOMPSON, 2007; LACERDA, 2009). Em animais de companhia intoxicados por chumbo, de forma aguda, a sintomatologia nervosa é caracterizada por alterações comportamentais, apatia, ataxia, nistagmo, opistótono, convulsões e, em alguns casos, pode ocorrer cegueira. As alterações produzidas no TGI são

vômitos, anorexia, dor abdominal, diarreia (SPINOSA et al., 2008), apetite depravado e abdome retraído. Os sinais clínicos classificados como demência podem abranger pressão de cabeça contra objetos, bruxismo, vocalizações, corridas a esmo, mordidas sem motivo, andar em círculos ou andar compulsivo. A intoxicação pelo chumbo nessas espécies animais altera o metabolismo cerebral e causa edema, modificações hipóxicas e, eventualmente, se não tratada, também causa necrose cerebrocortical (FENNER, 2003). Já em gatos, é relatada a ocorrência de poliúria / polidipsia, megaesôfago e disfagia (SPINOSA et al., 2008). É rara a ocorrência de intoxicação crônica em animais domésticos. Quando ocorre, é em razão da ingestão de água contaminada por indústrias que utilizam o chumbo e não fazem o tratamento adequado de seus dejetos ou por meio de alimentos contaminados (SPINOSA, 2008). A intoxicação crônica por chumbo pode causar alterações no sistema nervoso periférico, com sinais clínicos de polineuropatia (tetraparesia, tetraparalisia ou reflexos espinhais diminuídos) (GFELLER & MESSONNIER, 2006).

Altos teores de chumbo também podem ser encontrados em sangue, rins, fígado e ossos de animais (especialmente pássaros) atingidos por projéteis de arma de fogo (WHO, 1989). As chumbadas (bolinhas de chumbo) confeccionadas para pescarias esportivas também representam risco à saúde e vida dos animais expostos a elas. Alguns patos consomem as bolinhas de chumbo abandonadas na terra ou no fundo de lagoas, confundindo-as com comida ou grãos. Aves predadoras que capturam aves contaminadas, também se tornam vítimas (BAIRD, 2002), difundindo e elevando os níveis de chumbo na cadeia alimentar.

Já um estudo realizado em Londres demonstrou altos níveis de chumbo no sangue de ovelhas e também no sangue e pêlo de cavalos que pastavam em locais expostos a emissões de gases de automóveis ainda contendo gasolina aditivada com chumbo, em rodovias com densidade de tráfego de 90.000 veículos por dia, quando comparados a animais não expostos (WARD & SAVAGE, 1994).

No animal com sintomatologia clínica de intoxicação por chumbo, os achados anatomopatológicos geralmente observados são edemas no SNC. Nos animais afetados agudamente, observa-se edema generalizado, com conseqüente achatamento de giros cerebrais. Também se pode notar congestão e coloração amarelada na região cortical do cérebro, resultante da compressão de vasos. Microscopicamente, observa-se a presença de necrose neuronal, degeneração de células de Purkinje, proliferação astrocitária, desmielinização de nervos periféricos, além de corpúsculos de inclusão em células epiteliais hepáticas e renais, com conseqüente necrose epitelial tubular. Com relação a achados laboratoriais, tem-se ainda que uma hemácia normal apresenta grânulos basófilos, de tamanhos diferentes, geralmente puntiformes e cuja composição é a de RNA ribossômico e mitocondrial; estes grânulos precipitam normalmente nos reticulócitos patológicos, como é o caso de intoxicação por chumbo, originando hemácias com ponteados basofílicos (SALGADO, 2003).

2.11 Chumbo em seres humanos

O homem tem sido alvo de exposição a contaminantes que colocam em risco a sua qualidade de vida, interferindo diretamente em sua saúde e sobrevivência (BROWN, 1995). O chumbo é um composto virtualmente onipresente no meio ambiente como resultado de sua ocorrência natural e sua utilização industrial em larga escala (SADAO, 2002). Na atividade ocupacional, a via mais freqüente de intoxicação pelo metal é a inalatória, como conseqüência da contaminação do ambiente de trabalho (PAOLIELLO & CHASIN, 2001). Já em relação à população em geral, a exposição ao metal ocorre principalmente por via oral, com pequena contribuição da via respiratória. A taxa de absorção dérmica do chumbo inorgânico é considerada bastante reduzida, sendo esta via muito menos significativa que as demais (ATSDR, 1999). Entretanto, independentemente da via de exposição e contaminação pelo metal, seus efeitos na saúde humana são apresentados em termos de exposição interna, ou seja, relacionados aos seus níveis no sangue. Paralelamente, foi demonstrado por meio de vários estudos em diversas populações, que fatores como idade, sexo, etnia, hábitos alimentares, consumo

de álcool, tabagismo, “hobbies”, estação e ano de amostragem, área residencial e localização geográfica interferem nos valores sanguíneos de chumbo. Portanto, não é possível apresentar valores de referência internacionais para níveis de chumbo no sangue. Além disso, as fontes de exposição ao chumbo estão sempre mudando, como o decréscimo do uso de gasolina contendo o metal, o que faz com que os valores de referência estejam restritos para certos períodos de tempo em determinados países (GERHARDSSON et al., 1996).

Em crianças, a absorção do chumbo ingerido é maior que nos adultos e depende do tipo da dieta alimentar e do estado nutricional do indivíduo (MAHAFFEY, 1990). O efeito tóxico em crianças é maior porque o chumbo depositado nos ossos fica em constante mobilidade devido ao seu crescimento. O esqueleto, na primeira infância, aumenta quarenta vezes em relação à sua massa original, e durante esse período há maior capacidade de acumular chumbo (MURTA et al., 1993). Carvalho e colaboradores (2003) afirmam ainda que as crianças mais jovens estão particularmente expostas à contaminação por chumbo devido à baixa altura em que respiram, pelo fato de engatinharem, pelo íntimo contato com o solo durante os folguedos infantis ou ainda pelo hábito de explorarem oralmente o ambiente. É considerado risco na infância a concentração de 10 µg/dL de chumbo no sangue, enquanto no adulto o risco aparece com 40 µg/dL de chumbo no sangue. Estudos demonstraram também que as crianças absorvem em torno de 40% do chumbo ingerido, enquanto que os adultos absorvem somente 5 a 10% (ZIEGLER et al., 1978). O chumbo tem a capacidade de causar prejuízo neuropsicológico em crianças, especialmente “déficits” de quociente de inteligência (QI), principalmente quando os níveis detectados desse metal no cordão umbilical excedem 10µg/dL; entretanto, em muitos casos, os danos mostraram-se transitórios ou reversíveis, quando a exposição é interrompida após o nascimento e o suporte intelectual à criança foi apropriado (BAIRD, 2002).

A relação entre chumbo e síndrome associada ao sistema nervoso central depende do tempo e da especificidade das manifestações. Destaca-se a síndrome encefalopolineurítica (alterações sensoriais, perceptuais e psicomotoras), a síndrome astênica (fadiga, dor de cabeça, insônia, distúrbios

durante o sono e dores musculares), a síndrome hematológica (anemia hipocrômica moderada e aumento de pontuações basofílicas nos eritrócitos), a síndrome renal (nefropatia não específica, proteinúria, aminoacidúria, diminuição da depuração da uréia e do ácido úrico), a síndrome do trato gastrointestinal (cólicas, anorexia, desconforto gástrico, constipação ou diarreia), a síndrome cardiovascular (miocardite crônica, alterações no eletrocardiograma, hipotonia ou hipertonia, palidez facial ou retinal, arteriosclerose precoce com alterações cerebrovasculares e hipertensão) e a síndrome hepática (interferência de biotransformação) (MUNIZ, 2007).

A legislação brasileira, por meio da Norma Regulamentadora NR-7 (portaria nº 24, de 29/12/1994), estabelece que a concentração máxima de chumbo no sangue deve ser igual ou inferior a 40µg/dL (Valor de Referência de Normalidade) e o limite de tolerância biológica (Índice Biológico Máximo Permitido), igual a 60µg/dL (JACOB et al., 2002).

2.12 Chumbo em alimentos

Os alimentos contêm uma vasta quantidade de elementos químicos em sua constituição, tanto aqueles considerados essenciais devido à importância fundamental que representam para a saúde humana (compostos minerais e vitaminas), quanto algumas substâncias consideradas deletérias, que contribuem com o aparecimento de efeitos patológicos no organismo. A contaminação de produtos alimentícios por metais pesados tem se constituído em um problema inevitável nos dias de hoje. A poluição do ar, dos solos e das águas contribui com a presença de elementos químicos perigosos, tais como cádmio, chumbo, mercúrio e arsênio nas plantações. Tal fato vem acarretar forte impacto à saúde da população, pois tais agentes, dispersos no meio ambiente, contaminam alimentos que serão ingeridos pelo homem (BIZIUK & ZUKOWSKA, 2008).

A contaminação de leite por chumbo é de grande interesse e preocupação, pois se trata de um alimento amplamente consumido por todas as idades e, sendo assim, deve ser o mais seguro possível. Forsythe (2002) afirmou que o leite contaminado por substâncias químicas é considerado

adulterado e impróprio para o consumo, pois representa um risco à saúde, e a sua identificação constitui um dos princípios fundamentais para a aplicação da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) na cadeia produtiva. O leite pode ser contaminado por metais pesados por diversas fontes, como: a poluição ambiental e o solo que contaminam as pastagens e as fontes de água, o uso de medicamentos veterinários e o contato do leite com superfícies metálicas não estanhadas (corrosão). Dentre os metais tóxicos de maior importância para a saúde pública, em casos de contaminação de alimentos, encontra-se o chumbo (MÍDIO & MARTINS, 2000).

A literatura relata vários casos de contaminação de leite por chumbo. Em um estudo realizado no município de Caçapava, SP, região do Vale do Paraíba, objetivou-se avaliar o grau de contaminação do leite bovino produzido na região, local onde uma indústria produtora de lingotes de chumbo provocou contaminação ambiental. Foram analisadas 218 amostras de leite, com a intenção de avaliar contaminação de chumbo nas amostras, devido à possível ingestão, pelo gado, de gramíneas e água contaminadas (OKADA et al., 1997). Dentre as amostras analisadas, 43 apresentaram teores de chumbo acima do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira que é 0,05 µg/mL (BRASIL, 1990). Já em estudo realizado por Sharma e colaboradores (1982), a ingestão, pelos animais, de quantidades maiores que 500mg de chumbo por dia ocasionou um aumento dos níveis de chumbo no leite de bovinos, atingindo estes valores próximos a 0,06 µg/mL.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) demonstrou em 1995 que havia uma variação de 0,01 a 2,50 µg/mL de chumbo em leite de vaca. Devido à maior susceptibilidade das crianças ao chumbo, a avaliação dos níveis deste metal em alimentos a elas destinados, deve ser incrementada, a fim de diminuir ao máximo a ingestão diária do metal (WHO, 1995). A WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO (1996) recomendou uma Ingestão Semanal Tolerável Provisória de 0,025 mg/Kg de peso vivo. Devido à essa preocupação, dentre os metais tóxicos, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) recomendou o limite máximo de 0,05 µg/mL de chumbo em leite fluído (BRASIL, 1998).

Nos últimos anos, a fonte mais comum de exposição ao chumbo, em países onde a gasolina aditivada com o metal já foi banida, tem sido por meio da alimentação (CDC, 1999), ao passo que as quantidades de chumbo presente em gêneros alimentícios originários de plantas têm se mostrado maiores que aquelas observadas em derivados de animais (KRÍZOVÁ et al., 2004; MUNOZ et al., 2005). Mesmo assim, o chumbo ainda continua sendo um poluidor ambiental de elevado risco à saúde pública como possível contaminante de alimentos de origem animal (SWARUP et al., 2005). Devido à elevada toxicidade do chumbo, mesmo em níveis de traços, as autoridades sanitárias mundiais estão preocupadas em estabelecer medidas para reduzir a concentração desse metal nos alimentos, uma vez que os alimentos são considerados a principal fonte de ingestão desse contaminante (OKADA et al., 1997). A Portaria nº 685 de 27/08/1998 da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária estabelece limites máximos de tolerância (LMT) para o chumbo em alimentos, nas condições em que são consumidos. Esses valores variam de 0,05 a 2 mg/Kg de alimento (BRASIL, 1998). A ingestão diária tolerável provisória (PTDI) para o chumbo é de 3,6 µg/kg de peso corpóreo, enquanto que a ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) é de 25 µg /Kg de peso corpóreo, ambas especificadas pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1992). Além disso, no Brasil, em 1990, o Ministério da Saúde reviu os níveis de tolerância para chumbo em alimentos; diminuiu os níveis de aceitabilidade de chumbo de 8,00 µg/g ou mL para 0,80 µg/g ou mL para a maioria dos alimentos (BRASIL, 1990).

Um antigo estudo realizado na Alemanha, envolvendo a análise de ovos frescos para a verificação da concentração de chumbo nas amostras, indicou que o teor do metal variava entre 0,64 e 1,30 µg/g nos ovos comercializados no país (LANG, 1974). Foi também realizada uma pesquisa de quantificação de chumbo em alimentos, dirigida pelo Grupo de Vigilância Epidemiológico (GVE – SES, SP) de Bauru, no ano de 2002, em algumas áreas também distantes um quilômetro da então sede da Indústria Acumuladores Ajax Ltda. Nesse estudo, as amostras de ovos de galinha apresentaram níveis de chumbo acima do tolerado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), denotando a intensa contaminação dos locais ao redor da empresa poluidora (PADULA et al., 2006). Estudo semelhante, nesta mesma

região, foi realizado entre os anos de 2002 e 2007, no qual observou-se que tanto a vegetação quanto os alimentos (leite *in natura*, ovos e hortifrutigranjeiros) mantiveram contaminação pelo metal chumbo acima dos valores considerados toleráveis (limites máximos), bem como o solo superficial das regiões estudadas (ABREU et al., 2009).

Lang e colaboradores (1974) também realizaram um estudo que objetivou quantificar o teor de chumbo em alimentos vegetais de crescimento aéreo, sendo que a concentração observada variou entre 0,20 e 0,40 µg/g do metal. Já com relação aos vegetais subterrâneos, o teor de chumbo observado por eles se estabeleceu entre os valores de 0,10 a 0,50 µg/g. Em outro estudo, amostras de mandioca provenientes da região circunvizinha da indústria Ajax, no município de Bauru, SP, apresentaram níveis de chumbo acima do tolerado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), denotando a intensa contaminação dos locais ao redor da empresa poluidora (PADULA et al., 2006).

2.13 Biomonitoramento Ambiental

Biomonitoramento pode ser definido como o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas (BUSS et al., 2003). Os termos biomarcador e bioindicador / biomonitor foram definidos de forma bastante clara por alguns autores como Van Gestel & Van Brummelen (1996). Segundo estes autores, biomarcador é qualquer resposta biológica com efeitos subcelulares a uma substância química ambiental, que pode ser medida em um organismo ou em seus produtos metabólicos, em diferentes matrizes biológicas tais como urina, fezes e cabelo, indicando uma alteração do estado normal que não pode ser detectada em um organismo intacto ou não exposto. Já bioindicador / biomonitor é definido como um organismo que fornece informações sobre as condições ambientais do seu habitat, por meio da sua presença ou ausência, ou mesmo pelo comportamento. Efeitos fisiológicos não se encaixariam nessa definição. Biomarcadores podem ser medidas de exposição, enquanto bioindicadores / biomonitores são definidos com menor

precisão e podem ser vistos tanto como entidades estruturais (espécie sentinela) ou mesmo serem considerados como efeitos funcionais em se tratando de organização mais elevada.

Na seleção de um biomonitor, os principais aspectos a serem observados são: (1) os animais devem dividir o mesmo ambiente com o homem; (2) responder de forma semelhante às substâncias químicas tóxicas; e (3) desenvolver respostas similares a estes efeitos. A principal vantagem de se utilizar organismos-sentinela para monitoramento ambiental, comparado ao método tradicional físico-químico, é a informação que ele pode dar sobre a resposta de letalidade e sub-letalidade, além de detectar efeitos indiretos da intoxicação (SILVA et al., 2003).

Os biomonitores, também conhecidos por organismos-sentinela, vêm sendo utilizados no que diz respeito a alertar as pessoas sobre ambientes perigosos (SILVA et al., 2003). A idéia de que as espécies podem ser utilizadas para indicar certas condições ambientais tem sido verificada com bastante frequência ao longo da história. Um exemplo ocorreu durante a Revolução Industrial (século XIX), quando canários eram colocados dentro de minas de carvão para monitorar a qualidade do ar. Caso o canário sofresse alguma alteração desfavorável, causada por altas concentrações de monóxido de carbono, as pessoas eram imediatamente retiradas do local, evitando possíveis danos à saúde (CAIRNS Jr & PRATT, 1993).

A presença de poluentes no ambiente em concentrações elevadas pode gerar uma série de efeitos graves para diferentes organismos. Como os animais pecuários estão em contato direto com fontes de recursos naturais, água, solo e plantas, que podem estar contaminados pelo acúmulo de chumbo, eles se tornam potenciais biomonitores ambientais (MARÇAL & TRUNKL, 1994; DEY et al., 1996; MARÇAL, 2005). O estreito contato dos bovinos com as fontes de contaminação os tornam mais propensos às enfermidades ocasionadas por metais pesados. É importante ressaltar que a avaliação da contaminação não se deve restringir apenas à mensuração dos resíduos químicos em amostras orgânicas dos animais, mas também associá-la ao quadro clínico observado e às características epidemiológicas da região onde o animal se encontra, considerando também a fonte e o tempo de exposição

(VIGILÂNCIA AMBIENTAL EM SAÚDE, 2002). Para se conhecer o impacto das substâncias químicas no ambiente aquático, os biomarcadores também têm sido amplamente utilizados, demonstrando as respostas biológicas de efeitos molecular, celular, fisiológico e até comportamental, as quais podem estar relacionadas com a exposição a produtos químicos liberados no ambiente (FONTAINHAS-FERNANDES, 2005).

Os peixes são considerados excelentes modelos biológicos de estudo para metais, pois, permanecendo em ambiente aquático, participam de diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar, além de apresentarem ampla distribuição geográfica. Os peixes podem acumular metais por meio de biomagnificação ou bioacumulação. Monitorar a contaminação de metais em peixes funciona como indicador de poluição, devido à estabilidade do metal no sedimento e a sua, por vezes, escassez na natureza (MOZETO & ZAGATTO, 2006). Os peixes também têm sido considerados bons indicadores para a detecção de contaminação de recursos hídricos principalmente por substâncias genotóxicas. São vertebrados que respondem aos agentes tóxicos de forma similar aos mamíferos, podendo ser usados para testar os possíveis efeitos teratogênicos e carcinogênicos para humanos. Contudo, a maior utilização dos peixes tem sido para determinar a distribuição e os efeitos tóxicos de contaminantes químicos no ambiente aquático (AL-SABTI & METCALFE, 1995).

Em estudo realizado na Represa de Ibirité, situada na região metropolitana de Belo Horizonte – MG foram encontrados valores de chumbo acima do permitido por lei para os alimentos em várias amostras de peixes obtidas. Foram analisadas vísceras e musculaturas de peixes de diversos tamanhos, com o objetivo de realizar a determinação da concentração dos metais-traço chumbo (Pb) e cobre (Cu). Para as amostras compostas por peixes considerados de pequeno porte, as concentrações de chumbo na musculatura variaram entre $<0,05$ e $1,75 \mu\text{g/g}$. Para as amostras de peixe de médio porte, a concentração de chumbo chegou a $2,22 \mu\text{g/g}$ na análise da musculatura. Peixes considerados de grande porte obtiveram como valor máximo o resultado de $3,33 \mu\text{g/g}$ de chumbo na musculatura analisada (NOVAES, 2009). Tal resultado demonstrou claramente a ocorrência da bioacumulação do metal observada nos diferentes níveis tróficos em que se

encontram os diferentes tamanhos de peixes. A legislação dos Estados Unidos da América estabelece o limite máximo de 0,03 $\mu\text{g/mL}$ de chumbo na água doce, como forma de preservar a vida aquática (PÁDUA et al., 1983).

Ainda com relação à água, a legislação brasileira (portaria 518/VS) estabelece como limite para valor máximo permitido (VMP) de potabilidade a concentração de 0,01 $\mu\text{g/mL}$ (mg/L) de chumbo (BRASIL, 1990). Para utilização na irrigação, o valor máximo permitido para o chumbo é equivalente a 5,00 $\mu\text{g/mL}$ (BARRETO et al., 2004). Um estudo relativamente recente, realizado por técnicos da Universidade de São Paulo - USP, a pedido do Ministério Público, detectou que as represas Billings e Guarapiranga têm poluentes, alguns deles potencialmente tóxicos e cancerígenos, acima do permitido pela legislação ambiental. A água das duas represas ajuda no abastecimento dos municípios da região metropolitana de São Paulo e é utilizada como lazer, para pesca, nado ou vela. O poluente mais preocupante, diz o relatório, é o chumbo. Numa amostra da Billings, havia uma quantidade 100 vezes superior ao permitido. Outra, na Guarapiranga, detectou-o em quantidade 23 vezes maior do que o limite. A poluição se concentrava em pontos específicos, perto de manchas urbanas, e foi causada por despejo de esgoto sem tratamento. (BEDINELLI & PINHO, 2008).

2.14 Espectrofotometria por Absorção Atômica

A espectrofotometria de absorção atômica é uma técnica de determinação quali-quantitativa de elementos presentes em solução, que se baseia no fato de que os átomos dos diferentes elementos absorvem energia em comprimentos de onda característicos, e de esta absorbância ser proporcional à concentração destes átomos em solução (Lei Lambert/Beer). É uma técnica abrangente, pois permite a análise de aproximadamente 70 elementos, metálicos e não-metálicos, em amostras biológicas, ambientais, da indústria metalúrgica, cerâmica e de alimentos. As concentrações analisadas podem variar de partes por milhão (ppm) a partes por bilhão (ppb). A espectrofotometria por absorção atômica, portanto, baseia-se na propriedade que os átomos possuem de absorverem energia quando em transição entre o

estado excitado e o estado fundamental. Durante a análise da amostra, ocorre um processo com etapas definidas, que leva o elemento de interesse a um estado excitado para o estado fundamental, de forma que ele possa absorver energia radiante característica, emitida pela lâmpada de cátodo-oco (LCO), que é constituída pelo próprio elemento de interesse (PERDONÁ, 2008). Os componentes fundamentais de um espectrofotômetro de absorção atômica compreendem uma fonte, que fornece as raias de emissão da espécie atômica interessada; um nebulizador-combustor, para induzir a amostra na forma de um aerosol na chama; um monocromador, para isolar o comprimento de onda desejado, e um sistema apropriado para medir a potência do sinal que alcança o detector fotossensível (EWING, 1989). O processo divide-se em etapas, sendo a primeira delas denominada nebulização. Nesta fase, a amostra é tratada quimicamente para a solubilização do elemento de interesse em solução. É então sugada por uma pressão negativa por intermédio de um tubo capilar que a conduz a uma câmara onde ocorre a nebulização, ou seja, a formação de micro gotas homogêneas da solução que contém o elemento a ser analisado. A segunda etapa compreende a fase de vaporização. Dentro do nebulizador, as micro gotas são “arrastadas” pela mistura que contém os gases utilizados na queima da amostra, até o queimador. No queimador, pela ação do calor da chama, há a evaporação do solvente utilizado na solubilização da amostra, e conseqüente formação de micro partículas sólidas, por união dos íons da amostra. Posteriormente, estas micro partículas sólidas convertem-se em micro partículas gasosas. Em uma terceira etapa, denominada dissociação, ainda por influência do calor da chama, ocorre a dissociação do composto em seus átomos no seu estado fundamental. Neste estado, os átomos adquirem a capacidade de absorverem a luz emitida pela lâmpada, fase esta denominada absorção. A quantidade de luz absorvida será proporcional à quantidade dos átomos do elemento pesquisado na amostra, sendo isolado apenas o comprimento de onda específico do elemento. Já no detector fotossensível, são feitos a detecção e o registro dos resultados (PERDONÁ, 2008).

OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral:

Promover um mapeamento tardio da situação de contaminação ambiental e animal por chumbo num raio de um quilômetro de distância ao redor da antiga localização da unidade poluidora Indústria Acumuladores Ajax Ltda, reformadora de baterias chumbo-ácidas, no distrito industrial da cidade de Bauru, SP, após oito (8) anos de sua interdição judicial.

3.2 Objetivos específicos:

1. destacar a utilidade prática de bovinos de leite como bioindicadores dos efeitos poluidores do chumbo em região específica de contaminação ambiental por chumbo na cidade de Bauru, SP;
2. verificar a possibilidade de contaminação por chumbo de grupos de animais mamíferos pertencentes a habitações vizinhas à área de ocorrência da contaminação ambiental pelo metal;
3. verificar a possibilidade de contaminação por chumbo em peixes (tilápias) criados em lago pertencente a propriedade vizinha da empresa poluidora, antigo local de depósito de carcaças de baterias chumbo-ácidas, bem como verificar a possibilidade de contaminação por chumbo em sua água;
4. pesquisar resíduos do metal chumbo em solo e pastagem em diferentes distâncias da propriedade vizinha em relação à empresa poluidora;
5. pesquisar resíduos do metal chumbo em amostras de alimentos cultivados nas propriedades vizinhas à empresa poluidora;
6. pesquisar resíduos do metal chumbo em amostras de solo superficial da base de um lago próximo à empresa poluidora;
7. mensurar o nível de chumbo presente no solo na região limítrofe da empresa responsável pela poluição ambiental por chumbo na região distrital de Bauru, SP, cerca de oito (8) anos após sua interdição.

MATERIAL E MÉTODOS

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Avaliação ética em experimentação animal

O presente estudo teve sua metodologia aprovada e sua realização autorizada pelo Comitê de Ética (Protocolo nº 67/2007) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, campus de Botucatu – SP, e também pela Comissão de Ética em Estudo e Pesquisa da Secretaria Municipal de Saúde de Bauru, SP.

4.2 Consentimento de livre acesso às áreas de colheita das amostras

A entrada nas propriedades rurais pesquisadas contou com a autorização prévia dos proprietários e/ou responsáveis, cientes do conteúdo da pesquisa em questão e de acordo com o desenvolvimento desta, que visou a mensuração de resíduos de chumbo e seu impacto no meio ambiente, ocasionados pela Indústria Acumuladores Ajax Ltda – distrito industrial de Bauru, SP. Foi garantido total sigilo dos resultados obtidos, sendo que nesta redação final da pesquisa os dados obtidos não se encontram acompanhados da identificação da propriedade ou do responsável, identificados por letras e/ou números.

Os resultados foram arquivados no livro/ATA de controle de análises para metais, na secretaria do Laboratório de Toxicologia do Centro de Assistência Toxicológica - CEATOX - Instituto de Biociências da UNESP, Botucatu, SP, e estão à disposição do proprietário e/ou responsável pelas propriedades, sem custo algum ao participante desta pesquisa.

4.3 Delineamento experimental – local de colheita das amostras

A escolha das propriedades envolvidas baseou-se, em primeiro lugar, na delimitação estipulada de um raio de um quilômetro (1Km) ao redor da empresa poluidora; outro fator decisivo para a pesquisa de biomonitoramento ambiental nas propriedades escolhidas foi o fato de estas abrigarem animais que já estariam expostos ao ambiente possivelmente contaminado há cerca de ao menos cinco anos – fato que melhor demonstraria uma contaminação crônica por chumbo. Entretanto, um entrave mostrou-se logo no início da pesquisa, quando se observou que a maioria dos animais (bovinos) havia sido vendida e/ou transferida para uma região bastante distante ou ainda enviada a matadouros-frigoríficos para não ficarem expostos à contaminação ambiental, descoberta no ano de 2002 naquela região. Pouquíssimas propriedades rurais adjacentes à antiga localização da Indústria Acumuladores Ajax Ltda ainda abrigam animais de produção, sendo que a maioria que lá se encontrava estava nas propriedades há um tempo inferior ao da interdição e fechamento da unidade poluidora.

Participaram desta pesquisa três (3) propriedades rurais, as quais passarão a ser identificadas como Propriedade “A”, Propriedade “B” e Propriedade “C”. A Propriedade “A” encontra-se localizada no bairro Manchester e faz divisa com o muro posterior da antiga unidade poluidora Ajax. As demais propriedades, “B” e “C”, localizam-se do lado oposto da Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, pertencentes ao bairro Tangarás. Ambas encontram-se situadas dentro do perímetro estipulado de um quilômetro, sendo a primeira (Propriedade “B”) distante cerca de 800m e a segunda (Propriedade “C”) distante cerca de 500m da empresa poluidora. O tipo e a quantidade das amostras colhidas e analisadas referentes a cada uma das propriedades estão citados nos Quadros 1, 2 e 3.

As coordenadas geográficas da antiga sede da Indústria Acumuladores Ajax Ltda. compreendem latitude 22°19'38.40"S e longitude 49°0'30.15"W.

QUADRO 1 - Amostras colhidas nas dependências da Propriedade rural “A” e suas respectivas quantidades.

| Tipo de amostra | Quantidade de amostras |
|------------------------|-------------------------------|
| Sangue bovino | 2 |
| Leite bovino | 2 |
| Sangue caprino | 4 |
| Leite caprino | 3 |
| Sangue ovino | 5 |
| Sangue de cão | 5 |
| Ovos | 12 |
| Raiz de mandioca | 1 |
| Milho | 1 |
| Feijão | 1 |
| Abobrinha | 1 |
| Solo | 4 |
| Vegetação | 4 |

QUADRO 2 - Amostras colhidas nas dependências da Propriedade rural “B” e suas respectivas quantidades.

| Tipo de amostra | Quantidade de amostras |
|------------------------|-------------------------------|
| Peixe (tilápia) | 6 |
| Água | 1 |
| Solo | 4 |
| Vegetação | 4 |
| Ovos | 4 |

QUADRO 3 - Amostras colhidas nas dependências da Propriedade rural “C” e suas respectivas quantidades.

| Tipo de amostra | Quantidade de amostras |
|------------------------|-------------------------------|
| Sangue bovino | 7 |
| Leite bovino (“pool”) | 1 |
| Solo | 3 |
| Vegetação | 3 |

O estudo também abrangeu as adjacências da antiga instalação da Indústria Acumuladores Ajax Ltda, à margem da Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros. Foi quantificado o teor de chumbo ainda remanescente (acumulado e não perdido por lixiviação) no solo e na vegetação rasteira ao redor da empresa, cerca de oito anos após o acidente ambiental de contaminação por chumbo, consequência de seu funcionamento inadequado por décadas de trabalho. Atualmente, a área encontra-se interditada e a Indústria foi responsabilizada pelos danos causados à população residente ao redor de sua área e também pela contaminação do meio ambiente pelo metal chumbo (Figura 1).

Um córrego a aproximadamente 500m da unidade poluidora, que tangencia o bairro Tangarás em sua porção posterior e corta a Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, também serviu como ambiente para pesquisa de resíduos de chumbo. Foram colhidas amostras de solo superficial (lodo) na base do córrego e de vegetação à sua margem. Há pequenos peixes que habitam este córrego, porém não foi possível a colheita destes animais devido ao difícil acesso à região central do córrego – local de maior profundidade.

A localização geográfica das regiões pesquisadas encontra-se representada na Figura 2.

Ao todo, foram colhidas e analisadas oitenta e nove (89) amostras, todas elas devidamente identificadas e acondicionadas sob refrigeração até o momento da análise. Os procedimentos de análise foram realizados nas dependências do Laboratório de Toxicologia do Instituto de Biociências da UNESP, Centro de Assistência Toxicológica – CEATOX – campus de Botucatu, SP, sendo cada amostra analisada em triplicata pelo próprio aparelho laboratorial, e o resultado expresso em $\mu\text{g/g}$ (mg/Kg), por meio da média aritmética entre os valores obtidos.

As unidades de medida, utilizadas para a expressão dos resultados obtidos neste estudo, foram todas padronizadas em $\mu\text{g/g}$ ou $\mu\text{g/mL}$, visando melhor uniformidade e facilidade de comparação na interpretação dos dados. Entretanto, na descrição da metodologia que se segue, para cada tipo de

amostra destacada encontra-se, entre parênteses, também representada a unidade de medida mais utilizada em tais amostras nas pesquisas quantitativas para a análise do metal chumbo, podendo os resultados ser obtidos desta forma por simples conversão, sempre que necessário.



FIGURA 1 – *Outdoor* erguido nas dependências da antiga localização da Indústria Acumuladores Ajax Ltda. – município de Bauru, SP.

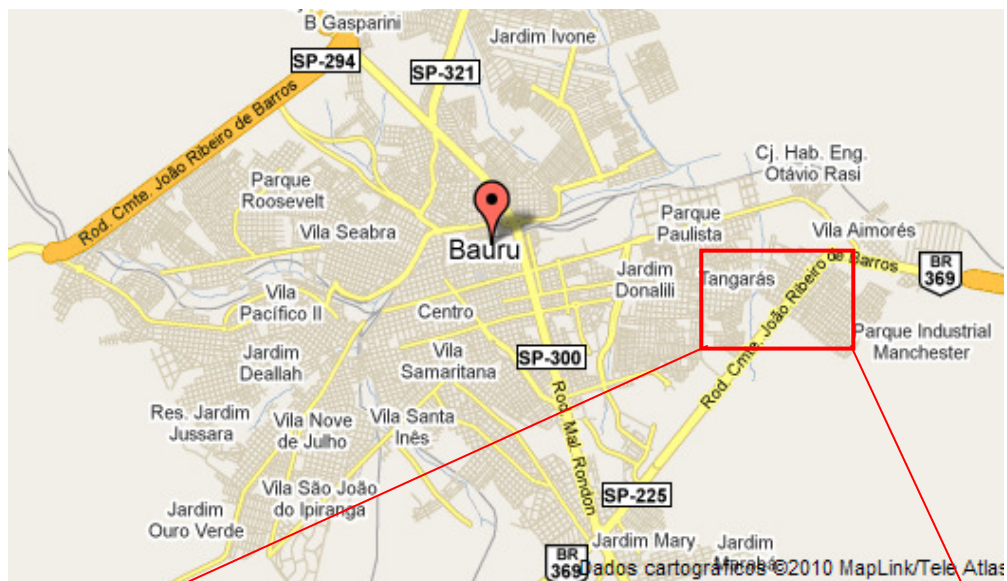


FIGURA 2 - Localização geográfica da região pesquisada em Bauru-SP, compreendendo propriedade rural A (a), propriedade rural B (b), propriedade rural C (c), Indústria Acumuladores Ajax Ltda. (d) e área do córrego utilizada para a colheita de amostras (e).

4.4 Colheita e análise das amostras de solo

A profundidade estabelecida para cada ponto de colheita do solo foi superficial (de 0 a 5cm) e obtida com auxílio de uma pá de material plástico. Foram colhidos cerca de 400g de solo e as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos incolores e identificados quanto à região de colheita.

Foi estabelecido um protocolo de colheita de amostras de solo provenientes de ao menos três (3) diferentes locais da propriedade: realizou-se uma colheita na parte frontal da propriedade, outra na sua região central e a última colheita se deu em terreno dos fundos da propriedade rural. Quando necessário, devido à maior extensão da propriedade, foi realizada uma colheita a mais de solo. A distância entre os pontos de colheita encontram-se representadas na Figura 3. No caso da colheita do solo das adjacências do muro da Indústria Acumuladores Ajax Ltda, as amostras foram provenientes das laterais direita e esquerda da fábrica, além de sua limitação frontal – edificação voltada para a Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros. Tais locais encontram-se representados na Figura 4. Já com relação à colheita do solo superficial (lodo) na base do córrego pesquisado, foram escolhidos três (3) pontos acessíveis para a aquisição das amostras (Figura 5): margens direita e esquerda, além da sua região anterior (que faz frente com a Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros).

4.5 Colheita e análise das amostras de vegetação

Foi estabelecido um protocolo de colheita para as amostras de vegetação (capim *Brachiaria* spp) idêntico ao adotado para a colheita das amostras de solo, visto que procurou-se colher a vegetação o mais próximo possível do local da colheita do solo. Os locais de colheita encontram-se representados na Figura 3.

Foram coletados, com o auxílio de uma pá de material plástico, aproximadamente 350g de capim (*Brachiaria* spp) em cada um dos pontos pré-estabelecidos em cada uma das propriedades. Considerou-se a totalidade da amostra desde sua raiz até a extremidade máxima de sua superfície, compreendendo as porções aérea e subterrânea da planta. O produto da

colheita foi acondicionado em sacos plásticos incolores, identificados e refrigerados para posterior análise. O mesmo se deu com relação às amostras de vegetação colhidas à margem do córrego pesquisado.

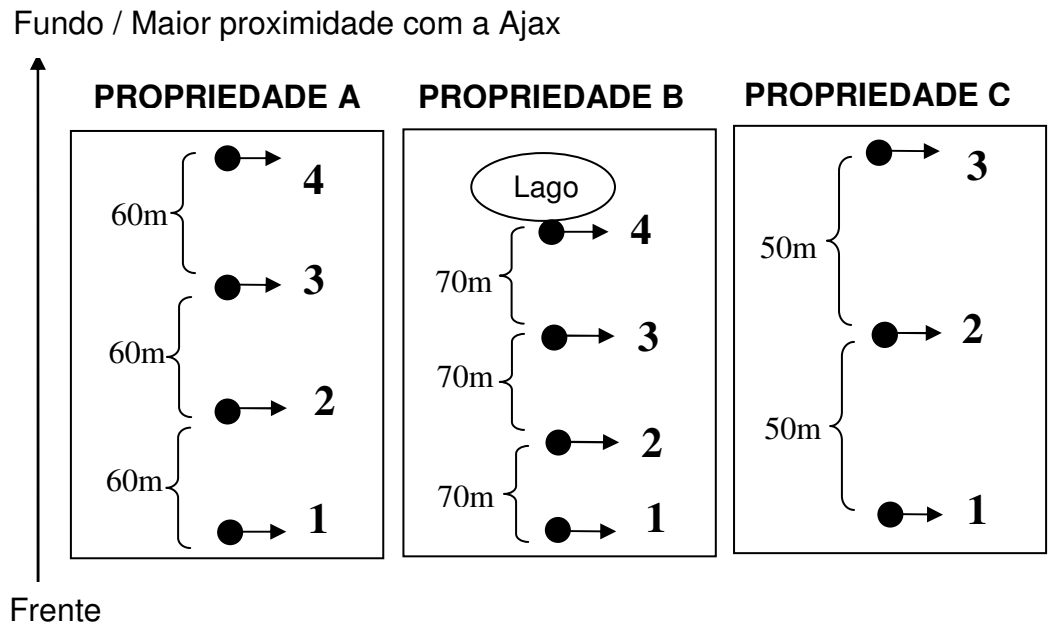


FIGURA 3 - Distância entre os pontos de colheita estabelecidos para as amostras de solo e de vegetação nas propriedades rurais estudadas.

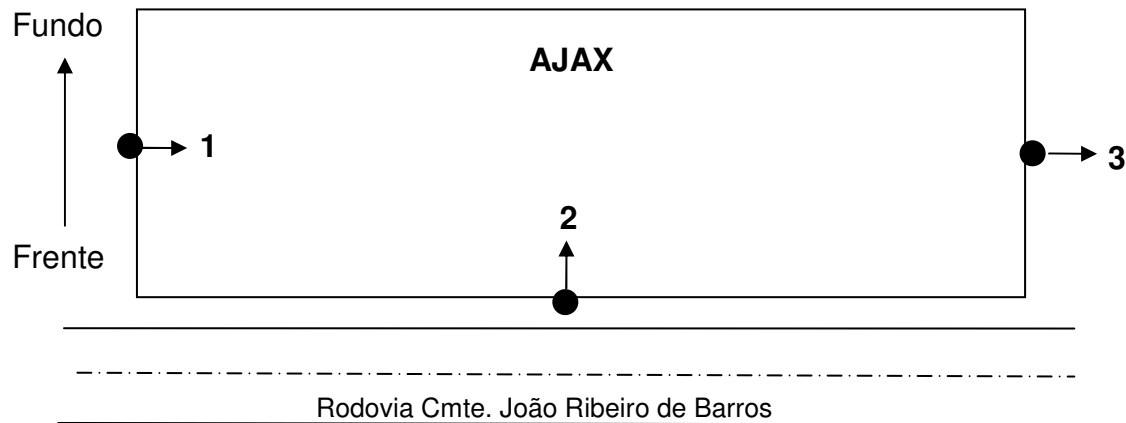


FIGURA 4 - Localização dos pontos de colheita das amostras de solo obtidas nas adjacências da Indústria Acumuladores Ajax Ltda.

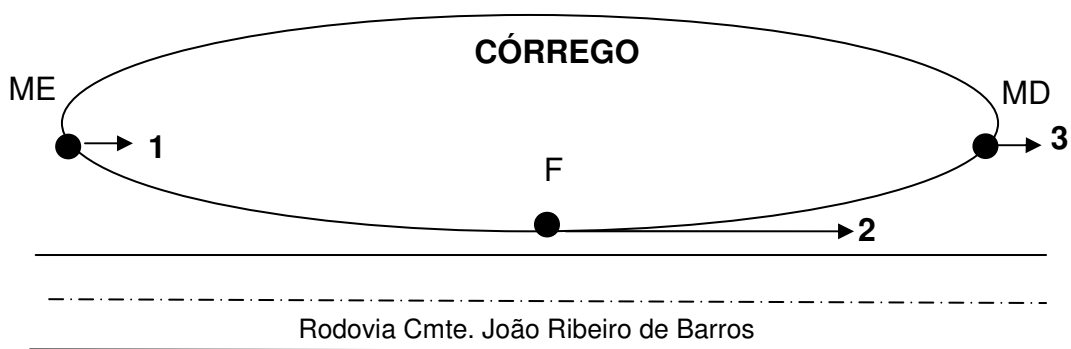


FIGURA 5 - Localização dos pontos de colheita das amostras de solo superficial e vegetação (*Brachiaria* spp) às margens esquerda (ME) e direita (MD) e na região frontal (F) do córrego.

4.6 Colheita e análise das amostras de sangue

Foi colhido o sangue de um total de 23 animais, dentre eles 9 bovinos, 4 caprinos, 5 ovinos e 5 cães. A idade dos animais era variável, sendo a média de idade dos bovinos igual a 6 anos (animal mais jovem com 2 anos e o animal mais idoso com 10 anos). A média de idade dos caprinos foi de 3 anos (variou de 2 a 4 anos) e a média de idade dos ovinos foi igual a 4 anos (variou entre 3 e 5 anos). Já a média de idade dos cães pesquisados foi de 4 anos, sendo o mais novo com 1 ano e o mais velho com 7 anos. Todos os animais ou nasceram nas respectivas propriedades ou foram adquiridos ainda bastante jovens, o que caracteriza que seu tempo de vida é igual ou muito próximo ao tempo de exposição ao ambiente possivelmente contaminado.

Após adequada contenção e utilização de solução de iodo embebida em algodão na região cervical do animal, colheu-se 5mL de sangue por venopunção jugular, tanto dos animais de produção como dos de companhia por serem de grande porte, utilizando-se agulha descartável siliconizada® 40x12 mm, acoplada em adaptador de polietileno a um tubo de vacutainer® estéril e sem anticoagulante.

4.7 Colheita e análise das amostras de leite

A colheita do leite bovino foi realizada em dois (2) animais provenientes da Propriedade “A”, sendo estes os mesmos animais em que se deu a colheita do sangue, e também em “vários” animais provenientes da Propriedade “C” (totalizando uma única amostra colhida, ou seja, um “pool” do leite obtido de várias vacas). Neste último caso, sabidamente o proprietário quis “burlar” o resultado, mascarando a provável contaminação por chumbo neste produto de origem animal na tentativa de se obter um resultado “falso-negativo”, pois sobrevivia da venda clandestina / ilegal do leite originário de suas vacas há anos na região. Cabe ressaltar que os animais mais antigos na propriedade não participaram da colheita do leite, por opção do proprietário.

Também se procedeu à colheita de leite em três (3) cabras, pertencentes à Propriedade “A”.

Foram colhidos aproximadamente 50mL de leite de cada animal, após devida higienização do úbere e tetos dos animais com papel toalha e após terem sido desprezados os cinco primeiros jatos de leite. As amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos rosqueáveis, estéreis e incolores.

4.8 Colheita e análise das amostras de ovos

Foram colhidos 16 ovos de galinha, intactos, sendo 12 provenientes da Propriedade “A” e 4 provenientes da Propriedade “B”. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos incolores, identificados.

No procedimento de análise, os ovos foram pesados abrangendo tanto porções da clara como da gema, sendo a amostra originada composta destas duas regiões do ovo a ser pesquisado.

4.9 Colheita e análise das amostras de produtos de origem vegetal

Com relação aos gêneros alimentícios de origem vegetal provenientes da Propriedade “A”, foi colhida e acondicionada em sacos plásticos incolores e identificados uma única amostra de cada exemplar (raiz

de mandioca, milho, feijão e abobrinha), visto ser o local de plantio de cada um dos alimentos delimitado por uma pequena e única área na propriedade, sujeita às mesmas condições de contaminação ambiental por chumbo.

4.10 Colheita e análise das amostras de peixe

A colheita de exemplares de peixes realizou-se na Propriedade “B”, na qual existe um lago onde se cria o animal para consumo próprio. O interesse em se colher amostras de peixes desta região se deveu ao fato de que se trata de uma propriedade que fora anteriormente utilizada como “cemitério” para descarte das carcaças de baterias chumbo-ácidas provenientes da Indústria Acumuladores Ajax Ltda.

Foram colhidos 18 exemplares de peixes da espécie *Tilápia rendali*, sendo estes divididos em 6 amostras para análise, perfazendo um “pool” de 3 peixes por amostra, devido ao tamanho relativamente pequeno de alguns dos animais obtidos. Os peixes foram retirados do lago com a utilização de um puçá e posteriormente transferidos para um recipiente com cerca de 50L de água do lago, para que se pudesse realizar a escolha dos exemplares de maior tamanho para a análise de chumbo. Os peixes foram mantidos em caixa de isopor contendo gelo reciclável, aonde vieram a óbito. Foram posteriormente identificados e separados por “pools” em sacos plásticos incolores. Durante o procedimento da análise, foram pesadas somente porções de sua musculatura - região que, quando comprovada a contaminação por chumbo, colabora para o acúmulo do metal no organismo de quem consome este alimento.

4.11 Colheita e análise da amostra de água

Foi colhida, em recipiente incolor e rosqueável, uma única amostra de água, compreendendo um conteúdo de 500mL. A amostra, livre de sedimentação, foi proveniente do mesmo lago onde há a criação de tilápias, pertencente à Propriedade “B”.

4.12 Preparo das amostras (mineralização) para o procedimento metodológico de análise pela Espectrofotometria por Absorção Atômica

O recipiente para a análise das amostras, denominado vaso de reação de polietileno (Hostaflon®), foi inicialmente descontaminado com uma solução de ácido nítrico a 10%. Após este procedimento de descontaminação, procedeu-se à lavagem com água deionizada por três vezes consecutivas (tríplice lavagem). As amostras, identificadas conforme o número de lançamento do livro de controle analítico para metais e número do vaso de reação utilizado, foram homogeneizadas e pesadas em balança analítica (MARTE, AS 2000-c), com o peso variando de 2 a 4 gramas ou mililitros, conforme a amostra a ser analisada. Em seguida, adicionaram-se 6mL de ácido nítrico (HNO₃ 65%, Merk P.A.) à amostra pesada. Procedeu-se, então, o travamento da unidade mineralizadora com camisa de contenção, com a finalidade do frasco resistir à pressão interna. As amostras foram então levadas ao forno de micro-ondas (PROVETTO DGT 100 Plus), onde foi utilizada a programação específica conforme o tipo de amostra a ser mineralizada (BASSET et al., 1981; Manual Provecto, 2000) (Figura 6). O sistema de exaustão do forno de micro-ondas foi mantido ligado durante todo o tempo de operação deste. Findo o procedimento de mineralização das amostras e após os vasos de reação atingirem a temperatura ambiente, estes foram conduzidos até a câmara de exaustão (capela), local onde foram abertos e as amostras transferidas para frascos de polietileno com tampa rosqueável (Starsted®), devidamente identificados. Em seguida, fez-se o enxágüe do vaso de reação com água deionizada, na quantidade de 3mL, avolumando o frasco da amostra para 10mL. Após estes procedimentos, procedeu-se à quali-quantificação para o chumbo (Pb) por intermédio da técnica analítica por Espectrofotômetro por Absorção Atômica – EAA (GBC AA 932), otimizado para o elemento chumbo (ATHANASOPOULOS, 1994) (Figura 7).

Todo procedimento foi realizado utilizando-se de Equipamentos de Proteção Individual – EPIs e Equipamentos para Proteção Coletiva – EPCs, seguindo-se a recomendação do manual de biossegurança (TEIXEIRA & VALLE, 2002).



FIGURA 6 – Forno de micro-ondas (PROVETTO DGT 100 Plus) e unidades mineralizadoras utilizados para a conversão das amostras em fração líquida. Fonte: Centro de Assistência Toxicológica – CEATOX, IBB - UNESP, 2009.



FIGURA 7 – As amostras mineralizadas e leitura em Espectrofotômetro de Absorção Atômica – EAA (GBC AA 932). Fonte: Centro de Assistência Toxicológica – CEATOX, IBB -UNESP, 2009.

4.13 Análise por Espectrofotometria de Absorção Atômica

De posse dos resultados para a pesquisa do metal chumbo nas amostras, não se deve considerar os valores para os quais a absorbância for menor que 0,002 ($< 0,002$), pois para tais valores a sensibilidade é extremamente baixa devido à quase ausência de átomos excitados de interesse, podendo ser confundidos com ruído de linha de base, sendo que tais valores não são significativos estatisticamente. Portanto, para esta técnica considera-se como limite de detecção (LD) valores inferiores a 0,05 $\mu\text{g/mL}$ ou g ($\text{LD} < 0,05 \mu\text{g/mL}$ ou g).

Com relação à calibragem do equipamento com as soluções-padrão “branco” (0,000 $\mu\text{g/mL}$), I (0,2000 $\mu\text{g/mL}$), II (0,400 $\mu\text{g/mL}$) e III (0,800 $\mu\text{g/mL}$), tem-se a formação de um coeficiente de determinação (R^2) representado por uma curva tendendo à linearidade. Este coeficiente (R^2) é obtido através do cruzamento dos dados de absorbância e de concentração de chumbo nas amostras, sendo que quanto mais próximo do valor 1,000, maior sua tendência à formação de uma resposta linear, melhorando a correlação entre valores dos padrões e valores do Pb nas amostras. Nesta pesquisa, para um total de 89 amostras analisadas, 58, ou seja, aproximadamente 65% foram obtidas com um R^2 igual a 0,999, enquanto que as demais (35%) foram obtidas frente a uma leitura do aparelho cujo R^2 foi igual a 1,000. Tal fato confere aos resultados obtidos fidedignidade de resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Amostras de solo e vegetação (*Brachiaria* spp)

Os resultados referentes à análise de chumbo nas amostras de solo e vegetação, obtidas das regiões limítrofes da antiga sede da indústria Ajax, das três propriedades rurais visitadas e do córrego à margem da rodovia, encontram-se especificados nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

TABELA 1 – Concentração de chumbo (Pb) nas amostras de solo, colhidas nas adjacências da Indústria Acumuladores Ajax Ltda

| Ponto de colheita das amostras de solo | [Pb] ¹ |
|--|---------------------|
| 1 | 399,70 |
| 2 | 349,98 |
| 3 | 286,21 |

¹ expressa em µg/g

TABELA 2 - Concentração de chumbo (Pb) nas amostras de solo e vegetação, colhidas na Propriedade rural “A”

| Ponto de colheita das amostras | [Pb] ¹ | |
|--------------------------------|---------------------|-----------|
| | Solo | Vegetação |
| 1 | 27,23 | 7,03 |
| 2 | 39,52 | 8,72 |
| 3 | 112,52 | 26,25 |
| 4 | 493,77 | 46,78 |

¹ expressa em µg/g

TABELA 3 - Concentração de chumbo (Pb) nas amostras de solo e vegetação, colhidas na Propriedade rural “B”

| Ponto de colheita das amostras de solo e vegetação | [Pb] ¹ | |
|--|---------------------|-----------|
| | Solo | Vegetação |
| 1 | 5,22 | 3,43 |
| 2 | 24,35 | 7,15 |
| 3 | 6,91 | 4,57 |
| 4 | 4,40 | 10,79 |

¹ expressa em µg/g

TABELA 4 - Concentração de chumbo (Pb) nas amostras de solo e vegetação, colhidas na Propriedade rural “C”

| Ponto de colheita das amostras de solo e vegetação | [Pb] ¹ | |
|--|---------------------|-----------|
| | Solo | Vegetação |
| 1 | 10,46 | 4,08 |
| 2 | 40,89 | 8,92 |
| 3 | 59,31 | 14,26 |

¹ expressa em µg/g

TABELA 5 - Concentração de chumbo (Pb) nas amostras superficiais de solo (lodo) e vegetação, colhidas às margens do córrego

| Ponto de colheita das amostras de solo e vegetação | [Pb] ¹ | |
|--|---------------------|-----------|
| | Solo | Vegetação |
| 1 | 55,57 | 0,57 |
| 2 | 38,72 | 0,73 |
| 3 | 86,31 | 0,57 |

¹ expressa em µg/g

Das 17 amostras de solo analisadas, 11 mostraram-se com concentrações de chumbo acima do limite estabelecido e considerado tolerável, perfazendo um total de 64,7% de amostras contaminadas por excesso do metal. Dentre elas, 4 amostras de solo apresentaram níveis de chumbo cerca de 9 a 11 vezes superior ao valor máximo permitido pela legislação brasileira, denotando elevada contaminação ambiental naquelas regiões (Tabelas 1 e 2). As áreas cuja concentração do metal chumbo mostrou-se extremamente elevada compreenderam as extremidades da antiga dependência da Indústria Acumuladores Ajax, o que demonstra a severidade da contaminação por ela disseminada ao redor (Tabela 1). Tal fato vem comprovar a estabilidade e presença remanescente do metal contaminante no meio ambiente, depositado na região há cerca de oito anos. A não ser devido à ação de chuvas e lixiviação, as partículas do metal depositado na redondeza da empresa poluidora permanecem no ambiente em que foram depositadas, contaminando não somente o solo, mas também pastagens e alimentos na região e quem deles se alimenta. Também é importante ressaltar que, de acordo com os resultados obtidos, as regiões de colheita onde o solo mostrou-se mais contaminado pelo chumbo foram aquelas de maior proximidade com as dependências da indústria. Os resultados tiveram seus valores expostos de maneira decrescente à medida em que o local da colheita se distanciava da antiga dependência da indústria Ajax, estabelecendo desta forma uma correlação do perfil de acúmulo do metal nestas diferentes regiões das propriedades rurais ao redor da empresa.

No presente estudo, os valores encontrados na análise das amostras de solo são preocupantes e podem predispor animais que pastam em tais áreas a uma intoxicação por chumbo. Duas regiões de colheita pertencentes à Propriedade rural “A” apresentaram valores de concentração de chumbo no solo semelhantes aos valores descritos por Traverso e colaboradores (2004). Elevadas concentrações de chumbo também foram encontradas em estudo realizado por Galey e colaboradores (1990), em consequência à também proximidade da região rural pesquisada com indústrias de reciclagem de baterias.

Com relação à concentração de chumbo nas amostras superficiais de solo (lodo) colhidas nas margens do córrego, o elevado grau de contaminação ambiental (Tabela 5) possivelmente foi promovido em decorrência do mau funcionamento da indústria produtora de baterias chumbo-ácidas, não tendo relação alguma com o fato de o córrego localizar-se à margem de uma rodovia de alto tráfego veicular, visto que a contaminação por chumbo não teria outra fonte senão a poluição industrial, já que no Brasil não se utiliza mais gasolina aditivada com o metal há várias décadas.

Tanto os dados constantes em literatura quanto os dados obtidos por meio desta pesquisa demonstram que o solo é um meio capaz de reter grandes quantidades do xenobiótico chumbo, expondo as vegetações nele sobrepostas e, por conseqüência, os animais que dela se alimentam. Fato este que também se reflete na saúde pública, visto que o metal pode estar presente em produtos e subprodutos de animais contaminados.

Das 14 amostras colhidas de vegetação, 6 delas, ou seja, 42,8%, mostraram concentração de chumbo superior ao limite considerado tolerável pela legislação. O maior valor encontrado para a concentração do metal nas amostras de *Brachiaria* spp pesquisadas mostrou-se cerca de 6 vezes maior que o nível máximo permitido e disposto na legislação brasileira como tolerável. Esta amostra pertencia à divisa da Propriedade rural “A” com a Indústria Acumuladores Ajax Ltda, o que representa o elevado grau de contaminação proporcionado pela empresa, principalmente nas regiões mais próximas e expostas antigamente à maior quantidade de poluentes emitidos pela fábrica de baterias chumbo-ácidas. É interessante notar que os valores encontrados para a concentração de chumbo nas amostras de vegetação também assumem valores crescentes à medida que o local da colheita se aproxima das dependências da antiga fábrica poluidora.

Os baixos teores (traços) de chumbo encontrados nas amostras de vegetação provenientes do córrego, embora constatadas elevadas concentrações do metal nas amostras de solo provenientes das mesmas regiões de colheita destas amostras, podem ser explicados com base em dados científicos que revelam que apenas 3% da concentração de chumbo do

solo é incorporada à planta por meio de suas raízes, sendo a deposição de maior importância aquela proveniente de fontes emissoras de partículas do metal que se propagam pelo ar. Este fato confirmou-se neste estudo, tendo em vista que a indústria poluidora encontra-se interditada há oito anos, estando, portanto, cessada a fonte de emissão de partículas de chumbo pelo ar e, assim, comprovada a baixa concentração do metal na vegetação como sendo originária da absorção do chumbo do solo pelas raízes das plantas desta região.

Tebaldi e colaboradores (2000) também encontraram teores de chumbo em pastagem superiores ao máximo preconizado pela legislação brasileira, tal qual o resultado observado no presente estudo.

5.2 Amostras de sangue

Foi utilizado sangue de bovinos, caprinos, ovinos e cães pertencentes às propriedades rurais pesquisadas, totalizando 23 amostras.

5.2.1 Amostras de sangue de bovinos

A região ao redor da Indústria Acumuladores Ajax é hoje bastante habitada e conta com diversas propriedades rurais e vilarejos. Entretanto, com a divulgação da contaminação ambiental causada pela indústria e sua interdição judicial no ano de 2002, diversos proprietários optaram por se desfazer de seus animais de produção, vendendo-os a matadouros-frigoríficos ou removendo-os para regiões distantes. Sendo assim, o número de animais pecuários pesquisados no presente estudo mostrou-se relativamente pequeno. Porém, ainda pôde fornecer dados importantes com relação ao chumbo remanescente e à interação destes animais (atuando como bioindicadores da poluição por chumbo) com o meio ambiente avaliado (região ao redor da indústria Ajax). Devido a esta situação, só restavam dois bovinos na Propriedade “A”, ambos com apenas dois anos de idade, sendo o leite produzido por estas vacas utilizado para consumo próprio dos moradores da chácara. Os animais pastavam em região próxima à divisa da propriedade com

a Indústria Acumuladores Ajax Ltda. Já no caso dos bovinos leiteiros pertencentes à Propriedade rural “C”, foram escolhidos para a colheita das amostras somente as vacas há mais tempo na região, ou seja, aquelas com maior idade, a saber, 7 animais, compreendendo parte do rebanho “fixo” da propriedade. A Propriedade rural “B” não dispunha de bovinos.

Nas Tabelas 6 e 7 encontram-se especificados os teores de chumbo encontrados na análise das amostras de sangue dos bovinos pertencentes às propriedades “A” e “C”, respectivamente.

TABELA 6 – Bovinos de leite pertencentes à Propriedade rural “A”, suas respectivas idades e concentração de chumbo no sangue.

| Animais | Idade ¹ | [Pb] ² |
|---------|--------------------|---------------------|
| 1 | 2 | <0,05 |
| 2 | 2 | <0,05 |

¹ idade expressa em anos de vida; ² concentração expressa em µg/mL

TABELA 7 - Bovinos de leite pertencentes à Propriedade rural “C”, suas respectivas idades e concentração de chumbo no sangue.

| Animais | Idade ¹ | [Pb] ² |
|---------|--------------------|---------------------|
| 1 | 2 | 0,10 |
| 2 | 5 | 0,20 |
| 3 | 10 | 0,69 |
| 4 | 2 | 0,15 |
| 5 | 7 | 0,32 |
| 6 | 8 | 0,64 |
| 7 | 8 | 0,34 |

¹ idade expressa em anos de vida; ² concentração expressa em µg/mL

Os valores sangüíneos encontrados para as amostras de sangue bovino analisadas dentre os animais da Propriedade rural “A” foram extremamente baixos, tendendo a zero ($<0,05$) e, deste modo, encontrados dentro do limite de tolerância biológico (LTB), fixado entre 0 e $0,25 \mu\text{g/mL}$. Tal fato pode ser explicado pelo pouco tempo de vida dos animais na região (não mais que dois anos), ou seja, pelo baixo período de exposição ao ambiente contaminado. Já com relação à análise do sangue colhido dos animais pertencentes à Propriedade rural “C”, observou-se que 57% dos animais apresentavam uma concentração sangüínea de chumbo superior ao LTB preconizado. Duas amostras mostraram valores praticamente duas vezes superiores ao permitido na legislação brasileira, denotando a intoxicação crônica dos animais expostos à região contaminada pelo metal. Este fato é bastante preocupante, visto que se trata de animais leiteiros e que o proprietário responsável pelo rebanho sobrevive da venda ilegal do leite destes animais, o que coloca em risco a saúde pública, visto o chumbo possuir caráter acumulativo nos organismos além de ser potencialmente carcinogênico.

Somando-se aos resultados do presente estudo, verificam-se inúmeros casos de intoxicação de bovinos por chumbo (GAVA et al., 1992; RIBEIRO et al., 1999; MARÇAL, 1996; MARÇAL et al., 1998; MARÇAL et al., 2003; MARÇAL et al., 2004; MARÇAL, 2005).

5.2.2 Amostras de sangue de caprinos

Faltam dados na literatura com relação à intoxicação de caprinos por chumbo. Para o presente estudo, foram colhidas amostras de sangue de 4 cabras, provenientes de um rebanho pertencente à Propriedade rural “A”. Os animais foram selecionados, assim como os bovinos, em função da idade (maior tempo na propriedade). Na Tabela 8, encontram-se especificados os teores de chumbo encontrados por meio da análise das amostras do sangue destes animais.

TABELA 8 - Caprinos pertencentes à Propriedade rural “A”, suas respectivas idades e concentração de chumbo no sangue.

| Animais | Idade ¹ | [Pb] ² |
|---------|--------------------|---------------------|
| 1 | 2 | <0,05 |
| 2 | 3 | <0,05 |
| 3 | 4 | <0,05 |
| 4 | 4 | 0,08 |

¹ idade expressa em anos de vida; ² concentração expressa em µg/mL

Considerando-se como limite máximo aceitável de concentração de chumbo no sangue de caprinos o valor de 0,25µg/mL (mesmo LTB bovino), obteve-se que todas as amostras analisadas encontraram-se dentro do valor permitido por lei. Uma explicação para o fato de tão baixa contaminação dos animais pelo metal, mesmo aqueles presentes há cerca de quatro anos na propriedade, é que todo o rebanho ficava em regime de semi-confinamento, sendo alimentado por rações e raramente pastavam nos terrenos próximos à antiga sede poluidora – de acordo com informações do proprietário. Deste modo, não se pode afirmar ao certo se os traços de chumbo encontrados na análise do sangue do animal de número 4 são provenientes da baixa exposição à pastagem contaminada ou se são provenientes da ingestão de sal mineral que porventura pudesse estar contaminado pelo metal, oferecido como complementação alimentar diária a estes animais.

5.2.3 Amostras de sangue de ovinos

Foram colhidas amostras de sangue de 5 ovelhas, provenientes de um rebanho pertencente à Propriedade rural “A”. Os animais também foram selecionados em função de sua maior idade (maior tempo na propriedade), assim como observado para os bovinos e os caprinos. Na Tabela 9,

encontram-se especificados os teores de chumbo encontrados na análise do sangue destes animais.

TABELA 9 - Ovinos pertencentes à Propriedade rural “A”, suas respectivas idades e concentração de chumbo no sangue.

| Animais | Idade ¹ | [Pb] ² |
|---------|--------------------|---------------------|
| 1 | 3 | <0,05 |
| 2 | 5 | 0,05 |
| 3 | 4 | <0,05 |
| 4 | 4 | <0,05 |
| 5 | 4 | <0,05 |

¹ idade expressa em anos de vida; ² concentração expressa em µg/mL

São escassos os dados na literatura que mostram a intoxicação de ovinos pelo chumbo. Os resultados obtidos no presente estudo mostraram-se extremamente baixos, tendendo a zero, o que nos permite verificar que o regime de semi-confinamento (idêntico ao adotado para os caprinos da mesma propriedade) de certa forma expõe menos os animais à pastagem contaminada e colabora para um menor contato destes com partículas de chumbo “infiltradas” no ambiente. Entretanto, tal qual na situação dos caprinos citada acima, outras fontes devem ser consideradas para que se comprove a real origem da presença de traços de chumbo no sangue do animal de número 2, tendo em vista o regime adotado de semi-confinamento e a adoção de suplementação alimentar dos animais com sal mineral.

5.2.4 Amostras de sangue de cães

Na Propriedade rural “A” havia 5 cães de grande porte, sendo três da raça Fila, um da raça Pastor Belga e um sem raça definida (SRD). Três deles nasceram na propriedade (cães da raça Fila) e os demais foram adquiridos

com cerca de 60 dias de vida, ou seja, o tempo de exposição ao ambiente contaminado é igual ou semelhante ao tempo de vida dos animais pesquisados. Na Tabela 10, encontram-se especificados os teores de chumbo encontrados nas amostras de sangue destes animais.

TABELA 10 – Cães pertencentes à Propriedade rural “A”, suas respectivas idades e concentração de chumbo no sangue.

| Animais | Raça | Idade ¹ | [Pb] ² |
|---------|--------------|--------------------|---------------------|
| 1 | Fila | 2 | <0,05 |
| 2 | Fila | 3 | 0,17 |
| 3 | Fila | 7 | 0,18 |
| 4 | Pastor Belga | 2 | <0,05 |
| 5 | SRD | 2 | 0,09 |

¹ idade expressa em anos de vida; ² concentração expressa em µg/mL

Foi colhida amostra de sangue de todos os cinco cães, visto eles terem acesso livre e permanente a todos os cantos da propriedade, o que possibilitaria uma maior exposição à contaminação ambiental pelo hábito curioso de farejar e ingerir diferentes tipos de alimentos e/ou objetos.

Não se tem um limite máximo específico para a concentração de chumbo em sangue de cães. Entretanto, ao extrapolar o valor preconizado para os bovinos (<0,25 µg/mL), pôde-se verificar que todos os cinco cães pesquisados encontram-se dentro da normalidade quanto ao teor de chumbo em seu sangue. Todavia, dois cães da raça Fila apresentaram valores do metal próximos ao considerado máximo permitido para amostras de sangue. Porém, de acordo com os resultados obtidos, não se pode concluir que o animal mais idoso (7 anos) apresentou a maior concentração sangüínea do metal devido ao maior tempo de exposição ao ambiente contaminado, pois outro cão (3 anos) mostrou valor estatisticamente idêntico ao primeiro – mesmo apresentando menor tempo de exposição ao mesmo ambiente contaminado.

5.3 Amostras de leite

Foram colhidas amostras de leite das 2 vacas e de 3 cabras, pertencentes à Propriedade rural “A”, sendo estes os mesmos animais selecionados para a colheita do sangue, possibilitando-se a comparação entre uma possível intoxicação por chumbo no animal e sua eliminação através do leite. Com relação aos bovinos pertencentes à Propriedade rural “C”, conseguiu-se apenas um “pool” de leite de algumas das vacas das quais se obteve a colheita de amostra de sangue. Isso se deveu ao fato de o proprietário, mesmo ciente da possível contaminação ambiental por chumbo nas proximidades das suas terras, obter seu sustento via comércio ilegal do leite de seus animais. Neste “pool”, por escolha proposital do responsável, não foi colhida amostra de leite dos animais de maior idade, ou seja, daqueles que estariam habitando o meio ambiente contaminado há mais tempo. Este fato pode ter “prejudicado” a real quantidade do metal neste produto de origem animal. Isto pode ser afirmado, visto a Propriedade rural “C” abrigar bovinos comprovadamente intoxicados por chumbo mediante resultados de análise sangüínea demonstrados por este trabalho.

Na Tabela 11 estão especificados os teores de chumbo encontrados nas amostras de leite destes animais.

TABELA 11 – Animais produtores de leite, seu local de origem, suas respectivas idade e concentração de chumbo nas amostras de leite.

| Propriedade | Espécie animal | Animal | Idade ¹ | [Pb] ² |
|-------------|----------------|--------|--------------------|---------------------|
| A | Bovina | 1 | 2 | <0,05 |
| A | Bovina | 2 | 2 | <0,05 |
| A | Caprina | 3 | 3 | <0,05 |
| A | Caprina | 4 | 4 | <0,05 |
| A | Caprina | 5 | 4 | <0,05 |
| C | Bovina | “pool” | 2 a 5 | 0,06 |

¹ idade expressa em anos de vida; ² concentração expressa em µg/mL

Como resultado das análises de amostras de leite colhidas para este estudo, obteve-se que todas as amostras obtidas dos animais da Propriedade rural “A” mostraram-se com valores de chumbo dentro do limite máximo permitido pela legislação brasileira. Na Dinamarca e Alemanha, a legislação é mais restritiva, sendo estabelecidos como limites máximos de chumbo no leite os valores 0,02 e 0,03 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente (INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION, 1992). Neste caso, duas amostras estariam acima do valor permitido por tais países, sendo uma de leite bovino e outra de leite caprino.

Já com relação ao “pool” de leite analisado de animais pertencentes à Propriedade rural “C”, o valor encontrou-se ligeiramente acima do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira. Entretanto, como mencionado anteriormente, é provável que grande parte dos bovinos leiteiros pertencentes a esta propriedade esteja com seu leite contaminado com valores elevados de chumbo. Tal afirmação se baseia na positividade dos resultados das análises de sangue da parte fixa do mesmo rebanho e da tentativa de “ocultação” dos resultados individuais para amostra de leite em uma única amostra (“pool”) contendo leite de determinados animais pré-selecionados pelo responsável. Tal fato se torna ainda mais agravante quando se sabe que o proprietário sobrevive da venda ilegal deste leite, contribuindo para maior disseminação do metal entre as pessoas que consomem tal alimento, prejudicando sua saúde.

Ao contrário dos resultados obtidos nesta pesquisa, talvez devido ao reduzido número da amostragem de animais expostos há maior tempo na região estudada, a literatura relata vários casos de contaminação de leite por chumbo (OKADA et al., 1997). O teor do metal encontrado no “pool” analisado nesta pesquisa mostrou um valor semelhante aos teores de chumbo encontrados por Sharma e colaboradores (1982).

5.4 Amostras de ovos

Foram colhidos 16 ovos inteiros, sendo 12 provenientes de galinhas pertencentes à Propriedade rural “A” e os 4 restantes provenientes da

Propriedade rural “B”. Na Tabela 12, estão especificados os teores de chumbo observados nas amostras dos ovos analisados.

TABELA 12 – Amostras de ovos, suas respectivas propriedades de colheita e seu teor de chumbo.

| Ovos | Propriedade de colheita | [Pb] ¹ |
|------|-------------------------|---------------------|
| 1 | A | 0,11 |
| 2 | A | 0,12 |
| 3 | A | 0,90 |
| 4 | A | 0,12 |
| 5 | A | 0,09 |
| 6 | A | 0,06 |
| 7 | A | 0,24 |
| 8 | A | 0,17 |
| 9 | A | 0,27 |
| 10 | A | 0,24 |
| 11 | A | 0,32 |
| 12 | A | 0,33 |
| 13 | B | 0,20 |
| 14 | B | 0,17 |
| 15 | B | 0,24 |
| 16 | B | 0,28 |

¹ concentração expressa em µg/g

Somente a amostra de ovo de número 3 apresentou teor de chumbo superior ao limite máximo permitido em alimentos pela legislação brasileira. As demais amostras apresentaram uma quantidade de chumbo bastante reduzida, considerada aceitável por lei. Entretanto, cabe ressaltar que, se existe uma quantidade qualquer que seja ela de chumbo liberado através dos ovos da galinha, tem-se necessariamente que a ave está contaminada com alguma

fração do metal, visto que somente parte do chumbo absorvido pelo organismo é incorporado ao ovo. Deste modo, caso a carne desta ave seja consumida, o metal depositado em seus ossos pode-se liberar para a carne mediante cozimento, contaminando também quem dela se alimentar.

O teor de chumbo encontrado nas amostras de ovos de galinha, nesta pesquisa, variou entre 0,06 e 0,90 µg/g, sendo que a média de concentração do metal encontrada foi de 0,24 µg/g – valor este bem abaixo do menor valor encontrado por Lang (1974), por Padula e colaboradores (2006) e por Abreu e colaboradores (2009).

5.5 Amostras de peixe

A Tabela 13 mostra as amostras formadas pelo “pool” de três peixes cada e o teor de chumbo encontrado na musculatura destes peixes.

TABELA 13 – Teor de chumbo encontrado na musculatura dos peixes pertencentes à Propriedade rural “B”

| Amostra ¹ | [Pb] ² |
|----------------------|---------------------|
| 1 | 0,92 |
| 2 | <0,05 |
| 3 | 0,63 |
| 4 | <0,05 |
| 5 | 0,59 |
| 6 | 0,23 |

¹ caracterizada pelo “pool” de três peixes; ² concentração expressa em µg/g

Uma das amostras mostrou-se com teor acima do estabelecido pela legislação brasileira concernente ao teor de chumbo em alimentos em geral. A contaminação dos peixes com algum teor de chumbo, ainda que baixa, provavelmente esteja associada à matéria orgânica no sedimento e/ou em

suspensão no lago, proveniente das diversas carcaças de baterias chumbo-ácidas aterradas nas proximidades do lago. A Propriedade “B”, ao contrário das demais localidades pesquisadas, servira antigamente como depósito para aterro de carcaças de baterias produzidas pela Indústria Acumuladores Ajax Ltda - fator de extrema relevância para o deslocamento do metal via lixiviação até o local de criação dos peixes. Por toda a extensão da propriedade podiam ser vistas partes de carcaças de baterias sob o solo, visíveis em decorrência de processos de erosão e chuvas na região (Figuras 8 e 9). Em particular nas áreas próximas ao lago, era grande o número de baterias à mostra sob o solo, fato este que motivou a colheita de peixes para a análise da concentração de chumbo na sua musculatura.

Diferentemente do resultado obtido nesta pesquisa, foi bastante significativo o número de amostras de peixes contaminadas por chumbo em estudo realizado por Novaes (2009), demonstrando a importância dos peixes como bioindicadores para o metal, na tentativa de se preservar o ambiente aquático e quem com ele interage.



FIGURA 8 – Descarte e aterramento de carcaça de bateria chumbo-ácida próxima ao lago da Propriedade rural “B”



FIGURA 9 – Carcaças de baterias chumbo-ácidas visíveis por entre o solo de diversas regiões da Propriedade rural “B”.

5.6 Amostra de água

Foi colhida uma única amostra de água, sem sedimentos, proveniente do lago pertencente à Propriedade rural “B”. A colheita única deveu-se ao fato de que se tratava de um lago (água parada e não reabastecida por outra fonte) e também porque a literatura comprova ser maior o acúmulo de chumbo no solo sedimentado que em suspensão quando em coleções de água (ABREU et al., 1998; PIERANGELI et al., 2004; QUITERIO et al., 2006). O resultado da análise encontra-se representado na Tabela 14.

TABELA 14 – Resultado da análise da amostra de água, colhida no lago pertencente à Propriedade rural “B”.

| Amostra | [Pb] ¹ |
|---------|---------------------|
| água | 0,05 |

¹ concentração expressa em µg/mL

A análise da amostra de água mostrou como resultado um teor de chumbo equivalente a 0,05 µg/mL, ou seja, a água encontra-se própria para ser utilizada para irrigação de culturas / pastagens / alimentos em geral, se for o caso, porém não encontra-se própria para consumo, de acordo com a legislação brasileira. O chumbo, ao que se saiba, não possui efeitos benéficos ou nutricionais para os tecidos vivos e, portanto, a qualidade da água analisada por esta pesquisa estaria fora do padrão considerado aceito para um desenvolvimento seguro dos seres vivos que nela habitam, colocando em risco a vida dos peixes lá criados. Mesmo aceitável pela legislação, seu uso para a irrigação serviria, a longo prazo, para a deposição e acúmulo do metal em culturas e plantações, colaborando assim para a transferência de teores de chumbo para os organismos que viessem a se alimentar deles.

Em outro estudo, teores bastante elevados de chumbo foram encontrados nas águas das represas Billings e Guarapiranga, demonstrados por Bedinelli & Pinho (2008). O achado denota grande preocupação e a necessidade cada vez maior de se preservar a saúde pública e minimizar os efeitos nocivos dos metais pesados nos seres vivos em geral.

5.7 Amostras de produtos de origem vegetal

Com exceção do local de cultivo da mandioca, que era bem próximo à extremidade de divisa com a Indústria Acumuladores Ajax, as demais culturas situavam-se mais à entrada da Propriedade rural “A”.

Na Tabela 15, estão identificados os teores de chumbo encontrados nas amostras dos produtos de origem vegetal.

TABELA 15 - Amostras dos produtos de origem animal, colhidos na Propriedade rural “A”, e sua concentração de chumbo

| Amostra | [Pb] ¹ |
|------------------|---------------------|
| abobrinha | <0,05 |
| milho | <0,05 |
| raiz de mandioca | 5,30 |
| feijão | 0,52 |

¹ concentração expressa em µg/g

Como resultado das análises, pôde-se observar que apenas a amostra de mandioca estava contaminada por chumbo com valor acima do permitido por lei. O teor de chumbo nesta raiz tuberosa, rica em amido e grandemente utilizada na alimentação humana, mostrou um valor praticamente sete vezes superior ao limite máximo permitido no alimento. O íntimo contato e desenvolvimento deste alimento com o solo, além da maior proximidade da sua cultura com a divisa entre a propriedade e as limitações da antiga sede da Indústria Acumuladores Ajax Ltda, podem ter contribuído para a maior concentração de chumbo na mandioca quando comparada com o teor de chumbo presente nas demais culturas analisadas por este estudo. A concentração de chumbo encontrada na amostra de mandioca foi cerca de dez vezes maior que resultados obtidos por Lang e colaboradores (1974) para a mesma cultura, e atingiu valor semelhante ao observado por Padula e colaboradores (2006). Já a amostra de feijão, embora tenha apresentado um teor de chumbo ainda considerado dentro do limite tolerável pela legislação brasileira, vem demonstrar a ocorrência de uma contaminação ambiental por chumbo na área de cultivo.

CONCLUSÕES

7. CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos, foi possível concluir:

1. a utilidade prática de bovinos de leite como bioindicadores dos efeitos poluidores do chumbo foi confirmada, reforçando que o íntimo contato do animal com pastagens contaminadas predispõe o animal a um quadro de intoxicação;

2. que existe a possibilidade de animais mamíferos, inclusive animais de companhia, residentes em propriedades próximas a fontes poluidoras por chumbo encontrarem-se predispostos à contaminação ambiental pelo metal;

3. que existe a possibilidade de contaminação de peixes e da água de seu *habitat* por chumbo em localidades onde haja disponibilidade do metal;

4. que foi encontrado chumbo em quantidades elevadas tanto em amostras de solo como de pastagem colhidas nas propriedades rurais localizadas próximas à antiga indústria poluidora;

5. que foi encontrado resíduo de chumbo acima do valor permitido pela legislação brasileira em algumas amostras de alimentos;

6. que foi comprovada a presença do metal chumbo acima do teor permitido por lei em sedimentos do solo superficial colhido às margens do córrego próximo à antiga sede da indústria Ajax;

7. que foi constatado um teor de chumbo bastante elevado e significativo nas amostras de solo colhidas nos arredores das limitações da antiga sede da indústria Ajax;

REFERÊNCIAS

8. REFERÊNCIAS

ABREU, M.H. et al. Contaminação por chumbo em Bauru: vigilância sanitária e ações ambientais no período de 2002 a 2007. **Saude Soc.** v.18, n.1. 2009.

ABREU, C. A.; ABREU, M. F.; ANDRADE, J. C. **Distribuição de chumbo no perfil de solo avaliada pelas soluções de DTPA e Mehlich-3.** Bragantia, Campinas, v. 57, n. 1, p. 185-192, 1998

ADRIANO, D.C. **Trace elements in the terrestrial environment.** New York: Springer-Verlag, 1986. 533p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. 2003, 24 de novembro. **Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998.** Disponível em: www.anvisa.gov.br

AI-SABTI, K.; METCALFE, C.D. Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water. **Mutation Researchs**, 1995. 343:121-135.

ANDRADE, J.C.; ABREU, M.F. **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2006. 178p.

ANDRADE, T.C.B., et al. Ética em gestão e política ambiental: uma proposta de qualidade de vida. In: **Simpósio de Engenharia de Produção**, 11., 2004. Bauru. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br>.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS INCORPORATED. **Official guidelines for contaminant levels permitted in mineral feed ingredients.** Indiana, 2001. V.19, 352p.

ATHANASOPOULOS, N. **Flame Methods Manual GBC for Atomic Absorption**, Victoria, Austrália, p.1-11, 1994.

ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY.
Case studies in environmental medicine – lead toxicity. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta. 1992.

ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY.
Toxicological Profile for Lead. 1999. Atlanta, Georgia.

ATSDR – AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY.
Toxicological Profile for Lead. 2007. Atlanta, Georgia.

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. **Metais: gerenciamento da toxicidade.** São Paulo: Editora Atheneu; 2003.

BAIRD, C. **Environmental chemistry.** New York: W.H. Freeman and Co: 1995.

BARRETO, N.B.; SILVA, A.A.G.; BOLFE, L.E. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola – impacto ambiental versus sustentabilidade.** Aracaju: Embrapa. 2004. 418p.

BEDINELLI, T.; PINHO, M. Invasão e esgoto poluem represas, diz Sabesp.
Folha de São Paulo, nov/2008. Disponível em:
http://www.pesca.sp.gov.br/noticia.php?id_not=3505. Acesso em: 05/02/2009.

BELLINGER, D.; SHWARTZ, J. Effects of lead in children and adults. In: STEELAND, K.; SAVITZ, D.A.A. (Ed.). **Topics in Environmental Epidemiology.** New York: Oxford University Press, cap. 14, p. 314-49, 1997.

BERTHELSEN, B.O.; OLSEN, A.O.; STEINES, E.G. Ectomycorrhizal heavy metal accumulation as a contributing factor to heavy metal levels in organic surface soils. **Sci. Total Environ.**, v. 170, p.141-9, 1995.

BIEGO, G.H.; JOYEUX, M.; HARTEMANN, P.; DEBRY, G. Daily intake of essential minerals and metallic micropollutants from food in France. **Sci. Total Environ.**, v.217, p.27-6, 1998.

BIZIUK, M.; ZUKOWSKA, J. Methodological Evaluation of Method for Dietary Heavy Metal Intake. **J. Food Sci.** p.1-9, 2008.

BLANC, J.; RIVERO, R.; RAMPOLDI, O.; MORAES, J.; KUTZ, S. Intoxicación por plomo en vacas Holando. **Anais: Jornadas Uruguayas de Buiatría**, 27, Paysndú, Uruguay. p.43-5, 1999.

BONI, A.P. Chumbo contamina Ibirapuera, diz pesquisa – Análise de troncos de árvores em parques mostra o impacto da poluição por metais em áreas verdes nobres da cidade. **Folha de São Paulo**, 19/jul, 2009; Cotidiano C4.

BRASIL. **Portaria nº 16 de 13 de março de 1990**: fixa limites máximos de tolerância de chumbo em alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 15. mar. 1990. Seção I, p. 5436.

BRASIL, **Portaria 685, de 27 de agosto de 1998**, Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária. D.O.U. – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 28 de agosto de 1998.

BROWN, P. Race, class, and environmental health: a review and sistematization of the literature. **Environ. Res.**, v.69, p. 15-30, 1995.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cad. Saúde Pública**, v.19, n.2, p.465-73. 2003.

CAIRNS Jr.; PRATT, J.R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates** (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, ed.), pp. 10-27, New York: Chapman & Hall. 1993.

CARVALHO, F.M.; NETO, A.M.S.; TAVARES, T.M.; COSTA, A.C.A.; CHAVES, C.R.; NASCIMENTO, L.D.; REIS, M.A. Blood lead levels in children and

environmental legacy of a lead foundry in Brazil. **Rev. Panam. Salud Publica**, v.13, n.1, p.19-23, 2003.

CDC. CENTERS FOR DISEASE CONTROL. **Preventing Lead Poisoning in Young Children**. 1991. Atlanta.

CORDEIRO, R.; LIMA FILHO, E.C.; SALGADO, P.E.T. Reajustando o limite de tolerância biológica aplicado à plumbemia no Brasil. **Cad. Saúde Pública**, p.2-13, 1996.

DEY, S.; SWIVEDI, S.K.; SWARUP, D. Lead concentration in blood, milk and feed of lactating buffalo after acute lead poisoning. **Vet. Rec.**. London, v.138, 1996, 336p.

EGREJA FILHO, F.B. **Avaliação da ocorrência e distribuição dos metais pesados na compostagem de lixo domiciliar urbano**. Viçosa, 1993. 176p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa.

EWING, A.; GALEN, W. **Métodos Instrumentais de Análise Química** - Editora Edgard Blucher L.T.D.A. 1989. 5ª ed.

FELLENBERG, G. Introdução aos problemas da poluição ambiental. **Ed. Pedagógica e Universitária Ltda**: São Paulo, 1980.

FENNER, W.R. **Consulta rápida em clínica veterinária**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003. 514p.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO. **Guia para coleta seletiva de pilhas e baterias**. FIRJAN: Rio de Janeiro; 2000.

FONTAINHAS-FERNANDES, A. The use of biomarkers in aquatic toxicology studies. **Rev. Port. Zootec.** 2005; ano/vol XII, (1):67-86.

FORSYTHE, S.J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002. 425p.

FRANCO, Y.O.; FRANCO, L.M. Biotransformação: importância e toxicidade. **Saúde Rev.** v.5, n.9, p.69-76, 2003.

FUNDACENTRO. Fundacentro avalia riscos em empresas de acumuladores elétricos em Bauru. **Fundacentro, atualidades em prevenção de acidentes**. v.18, n.205, 1987.

GALEY, F.D.; SLENNING, B.D.; ANDERSON, M.L.; BRENNEMAN, P.C.; LITTLEFIELD, E.S.; MELTON, L.A.; TRACY, M.L. Lead concentrations in blood and milk from periparturient dairy heifers seven months after an episode of acute lead toxicosis. **Vet. Diagn. Invest.**, v.2, n.3, p.222-6, 1990.

GAVA, A.; MONDADORI, A.J.; VARASCHIN, M.S.; STOLF, O.; MONTEGUTI, A. **Anais: Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária**, n.22, Curitiba. 1992. p. 432.

GERHARDSSON, L.; KAZANTZIS, G.; SCHULTZ, A. Evaluation of selected publications on reference values for lead in blood. **Scan. J. Work Environ. Health**, v.22, p.325-31, 1996.

GFELLER, R.W.; MESSONNIER, S.P. **Manual de Toxicologia e envenenamentos em pequenos animais**. São Paulo: Ed. Roca, 2006. 376p.

GWALTNEY-BRANT, S. Lead. In: Plumlee. **Clinical veterinary toxicology**. Mosby, Missouri: 204-210. 2004.

HATCH, R.C.; FUNNEL, H.S. Lead levels in tissues and stomach contents of poisoned cattle: a fifteen year survey. **Canadian Vet. J.** Ottawa, v.10. n.10, p.258-262, 1969.

HRYHORCZUK, D.O et al. Elimination kinetics of blood lead in workers with chronic lead intoxication. **American Journal of Industrial Medicine**. v.8. n.1, p.33-42. 1985.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. Trace elements in milk and milk products. **Bull. Int. Dairy Fed.** n.278, p.31-9, 1992.

JACOB, L.C.B.; ALVARENGA, K.F.; MORATA, T.C. Os efeitos da exposição ocupacional ao chumbo sobre o sistema auditivo: uma revisão da literatura. **Rev. Bras. Otorrinolaringol.** v.68, n.4, p.564-9. 2002.

JOIRIS, C.R.; HOLSBEEK, L.; OTCHERE, F.A. Mercury in the Bivalves *Crassostrea tulipa* and *Perna perna* from Ghana. **Mar. Poll. Bull.**, v.40, n.5, p.457-60, 2000.

JUBB, K.V.F.L.; KENNEDY, P.C. Pathology of Domestic Animals. New York, **Academic. Pres.** 2ed, v.2, p.388-391, 1970.

JUNQUEIRA, O.M. Metais pesados contaminam carne. **Avicultura & Suinocultura Industrial**, São Paulo, v.38, p.27-9, 1993.

JURAS, I.A.G.M. Conseqüências do uso do chumbo na pesca. **Consultoria Legislativa**, Brasília, DF. 2006.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants**. 2ed. New York: CRC Press, 1992. 365p.

KANEKO, J. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 4.ed. New York : Academic, 1989.

KLAASSEN, C.D. Metais Pesados e seus Antagonistas. In: GILMAN, A. et al. **As bases farmacológicas da terapêutica**. 8.Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

KRÍZOVÁ, S.; SALGOVICÒVA, D.; KOVÁC, M. Assessment of Slovak population exposure to lead. **Eur. Food Res. Technol.** v.219, n.3, p.254-9. 2004

LACERDA, C.A. **Epilepsia em cães**. Trabalho Monográfico – Clínica Médica de Pequenos Animais. Instituto Qualittas – UCB. Porto Alegre, 2009.

LAGERWERFF, J.V. Lead, mercury and cadmium as environmental contaminants. In: MORTVEDT, J.V. (ed). Micronutrients in agriculture. Madison: **Soil Science Society of America**, 1972.

LANG, K. **Wasser, Mineralstoffe, Spurenelement**. Darmstadt, Steinkopff, p.53-61, 114-116. 1974.

LARINI, D.O. **Toxicologia**. 3ªed. São Paulo. cap.5, p.128-135. 1997.

LEMOS, C.T.; TERRA, N.R. Poluição – causas, efeito e controle. **Gen. Toxicol.** Porto Alegre: Alcance, 2003. 424p.

LINZON, S.N.; CHAI, B.L.; TEMPLE, P.J.; PEARSON, R.G.; SMITH, M.L. Lead contamination of urban soils and vegetation by emissions from secondary lead industries. **J. Air Pollut. Control Assoc.** v.26, p.650-4, 1976.

MAHAFFEY, K.R. Environmental lead toxicity: nutrition as a component of intervention. **Environ. Health Perspect.**, v.89, p.75-8, 1990.

MARÇAL, W.S.; TRUNKL, I. Poluição industrial na zona rural: implicações na saúde pública. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA. Olinda, PE. **Anais: CBMV**, 1994. p.656.

MARÇAL, W.S. Valores sangüíneos de bovinos nelore, em pastejo de *Brachiaria decumbens*, suplementados com sal mineral naturalmente contaminado por chumbo. **Tese (doutoramento) – Faculdade de Medicina**

Veterinária e Zootecnia. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 1996. 163p.

MARÇAL, W.S., CAMPOS NETO, O., NASCIMENTO, M.R.L. Valores sangüíneos de chumbo em bovinos Nelore suplementados com sal mineral naturalmente contaminado por chumbo. **Cienc. Rural**, v.28, n.1, p.53-57, 1998.

MARÇAL, W.S. et al. Lead concentration in mineral salt mixtures used in beef cattle food supplementation in Brazil. **Veterinarski Arhiv**. v.69, n.6, p.349-55, 1999.

MARÇAL, W.S. **Relatório Ambiental e Biológico da Contaminação por Metais Pesados em Caçapava Velha.** Caçapava, SP, 2000.

MARÇAL, W.S., GASTEL, L., LIBONI, M., PARDO, P.E., NASCIMENTO, M.R.L.; HISASI, C.S. Concentration of lead in mineral salt mixtures used as supplements in cattle food. **Exp. Toxic. Pathol.**, v.53, p. 7-9, 2001.

MARÇAL, W.S., VILLEGAS-NAVARRO, A., NASCIMENTO, M.R.L., GUERRA, A.P., FUJIHARA, C.J., BRUSCHI, A.B.M. Bovinos e eqüinos como bioindicadores da poluição ambiental. **Rev. Bras. Ci. Vet.** v.10, n.1, p.16-20, 2003.

MARÇAL, W.S., SOUZA, A.M., NASCIMENTO, M.R.L., CARVALHO, M.C. Valores de chumbo inorgânico em suplementos minerais para bovinos comercializados no Estado de Goiás. **Arq. Inst. Biol.** São Paulo, v.71, n.1, p.31-34, 2004.

MARÇAL, S.W. Intoxicação por chumbo em gado bovino em zona rural próxima a indústria metalífera. **Vet. Not.** v.11, n.1, p.87-93, 2005.

MARÇAL, W.S.; GASTE, L.; LOPES NASCIMENTO, M.R. Identificação e quantificação de chumbo em misturas minerais comercializadas no Estado de São Paulo. **Ciência Animal Brasileira**. v.6, n.4, p.249-253, 2005.

MARÇAL, W.S. Atuação pericial do médico veterinário em ações de biomonitoramento ambiental. **Revista CFMV** (Brasília), v.XII, p.27-34, 2006.

MARKOWITZ, M. Lead poisoning: A disease for the next millennium. **Curr. Probl. Pediatr**, v. 30, p. 62-70, 2000.

McDOWELL, L.R. **Nutrition of grazing ruminants in warm climates**. Orlando: Academic, 1985. p.182-6.

McEVOY, J.D., McCOY, M. Acute lead poisoning in a beef herd associated with contaminated silage. **Vet. Rec**, v. 23, p. 89-90. 1993.

MÍDIO, A.F., MARTINS, D.I. **Toxicologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 295p.

MOREIRA, Fátima. R.; MOREIRA, J. C. A cinética do chumbo no organismo e sua importância para a saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**. v.9 (1), p.167-81, 2004.

MOZETO, A.A., ZAGATTO, A.P. Introdução de agentes químicos no ambiente. In: ZAGATTO, P.A., BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática**: São Carlos: Editora Rimma, 2006. Capítulo 02. p.15-36.

MUNIZ, R.S. **Santo Amaro: tragédia humana e ecológica**. Disponível em: <http://sopadechumbo.blogspot.com/2007/12/população-da-cidade-de-santo-amaro>. Acesso em 24/02/2010.

MUNOZ, O., BASTIAS, J.M., ARAYA, M., MORALES, A., ORELLANA, C., REBOLLEDO, R., VELEZ, D. Estimation of the dietary intake of cadmium, lead, mercury, and arsenic by the population of Santiago (Chile) using total diet study. **Food Chem. Toxicol**. v.43, n.11, p.1647-55. 2005.

MURTA, P.H.G., GERMANO, M.I.S., MIGUEL, O., GERMANO, P.M.L. A influência da poluição ambiental sobre a qualidade do leite. **Hig. Aliment.**, v.7, p.12-4, 1993.

NASHASHIBI, N., CARDAMAKIS, E., BOLBOS, G., TZINGOUNIS, V. Investigation of kinetic of lead during pregnancy and lactation. **Gynecologic and Obstetric Investigation** 48(3):158-162, 1999.

NOVAES, R.A.N. Acumulação de chumbo e cobre em tecido e vísceras de peixes ictiófagos e onívoros da represa de Ibitaré, no município de Ibitaré, MG. **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**. 2009.

NRIAGU, J.O. A history of global metal pollution. **Science**, v.272, p.223-4, 1996.

NRIAGU, J.O. A silent epidemic of environmental metal poisoning? **Environm. Pollut.**, v.50, p. 139-61, 1988.

NÚÑEZ, J.E.V., SOBRINHO, N.M.B.A., MAZUR, N. Sistemas de preparo de solo e acúmulo de metais pesados no solo e na cultura do pimentão (*Capsicum Annum* L). **Cienc. Rural**. V.36, n.1. 2006.

OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. São Paulo: Atheneu, 1996. 515p.

OGA, S., CAMARGO, M.M.A., BATISTUZZO, J.A.O. **Fundamentos de toxicologia**. 3ªed. São Paulo: Atheneu, 2008, p.241-260.

OKADA, I.A., SAKUMA, A.M., MAIO, F.D., DOVIDAUSKAS, S., ZENEBON, O. Avaliação dos níveis de chumbo e cádmio em leite em decorrência de contaminação ambiental na região do Vale do Paraíba, Sudeste do Brasil. **Rev. Saúde Pública**, v.31, n.2, p.140-3, 1997.

ONG, C.N., PHOON, W.O., LAW, H.Y., TYE, C.Y., LIN, H.H. Concentrations of lead in maternal blood, cord blood, and breast milk. **Arch. Dis. Child**, v.60, n.8, p.756-9, 1985.

PÁDUA, H.B. et al. Qualidade das águas do Estado de São Paulo para o desenvolvimento e preservação de peixes. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 12.º, Balneário Camboriú, SC, 1983. S. Paulo, CETESB, 1983. p. 1-37. (DPES — 10).

PADULA, N.A.M.R., ABREU, M.H., MIYAZAKI, L.C.Y., TOMITA, N.E. Intoxicação por chumbo e saúde infantil: ações intersetoriais para o enfrentamento da questão. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 22 (1):163-171, 2006.

PAOLIELLO, M.M.B., CAPITANA, E.M. Chumbo. São Paulo; 2003. 353p. In: AZEVEDO, F.A., CHASISN, A.M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**.

PAOLIELLO, M.M.B.; CHASIN, A.A.M. **Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos**. Salvador: CRA, 2001. 144p.

PAOLIELLO, M.M.B., DE CAPITANI, E.M. **Rev. Environ. Contam.** T. 2005, 1984, 184-99.

PENDIAS, A.K., PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Florida: CRC Press, 1984. 315p.

PERDONÁ, C.R. Espectrometria de absorção atômica em chama. **Miniaula. SENAI / SC**. Disponível em: <http://www.mais.uol.com.br/view/85695>. Acesso em: 12/03/2010.

PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; ANDERSON, S.J.; LIMA, J.M. Adsorção e dessorção de cádmio, cobre e chumbo por amostras de Latossolos pré-tratadas com fósforo. **Revista Bras. Cienc. Solo**, v.28, p.377-384, 2004.

POMBO, L.C.A. Sorção de cádmio em solos do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Bras. Cienc. Solo**, v.19, p.19-24, 1995.

POVINELLI, J. **Ação dos metais pesados nos processos biológicos de tratamento de águas residuárias**. São Carlos, 1987. Tese (Livre Docência em Engenharia/Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

QUITERIO, S.L., MOREIRA, F.R., SILVA, C.R.S., ARBILLA, G., ARAÚJO, U.C., MATTOS, R.C.O. Avaliação da poluição ambiental causada por particulado de chumbo emitido por uma reformadora de baterias na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, 22 (9):1817-1823, 2006.

RADOSTITS, O.M., BLOOD, D.C., GAY, C.C. **Veterinary Medicine**, 8th ed., Baillière Tindall, London, 1736p, 1994.

RIBEIRO, E.A., DEMZUCK, E., RIBEIRO, E.A., SANTINI, C.R., SILVEIRA, A.P., FERMO, E.E. Intoxicação por chumbo em bovinos no município do Alto Piriqui, Estado do Paraná, Brasil. Anais. **Congresso Estadual de Medicina Veterinária**, 14, Gramado, RS, p.323, 1999.

ROCHA, A.J.D. Perfil analítico do chumbo. Boletim nº 8. **Ministério das Minas e Energia**. Material da Unicamp – Biblioteca do Instituto de Geociências. 1973.

ROCHA, J.C., ROSA, A.H., CARDOSO, A.A. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman. 2004. 154p.

ROSENBERGER, G. **Enfermedades de los bovinos**. Buenos Aires: Editorial Hemisfério Sur, 1983. 577p.

SADAO, M. Intoxicação por chumbo. **Revista de Oxidologia**. p.37-42, jan.-fev.-mar. 2002.

SALGADO, P. E. T. Metais em Alimentos. In: OGA, Seizi. **Fundamentos de Toxicologia**. 2. Ed. São Paulo: Atheneu, 2003. p.411-15.

SHARMA, R. P. et al. Accumulation and depletion of cadmium and lead in tissues and milk of lactating cows fed small amounts of these metals. **J. Dairy Sci**, v.65, p.972-79, 1982.

SILVA, J., ERDTMANN, B., HENRIQUES, J.A.P. **Gen. Toxicol**. Porto Alegre: Alcance, 2003. 424p.

SOUZA, M.V., VIANNA, M.W.S., ZANDIM, B.M., FERNANDES, R.B.A., FONTES, M.P.F. Metais pesados em amostras biológicas de bovinos. **Cienc. Rural**. 2009.

SPÍNOLA, A.G., FERNÍCOLA NAAG, MENDES. Intoxicação profissional por chumbo. In: Mendes, R., **Medicina do Trabalho – Doenças Profissionais**. São Paulo: Sarvier, p.435-60, 1980.

SPINOSA, H.S., GÓRNIK, S.L., PALERMO-NETO, **J. Toxicologia Aplicada à Medicina Veterinária**. São Paulo: Editora Manole. 2008. 942p.

SPIRO, T.G., STIGLIANI, W.M. **Química Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 334p.

SWARUP, D., PATRA, R.C., NARESH, R., KUMAR, P., SHEKHAR, P. Blood lead levels in lactating cows reared around polluted localities; transfer of lead to milk. **Sci. Total Environ.**, 347 (1-3):106 -10, 2005.

TAKLA, P.G., MOHAMED, H.A., WRIGHT, J. et al. Lead levels in whole blood of sheep from different areas of the Nile Delta. **Vet. Rec.** v. 124, p. 300-302, 1989.

TANNER, R.L. Measurements in support of air quality improvement: some historical insights. **Atm. Environ.** 2003; 37:1271-6.

TEBALDI, F.L.H., SILVA, J.F.C., VASQUEZ, H.M., THIEBAUT, J.T.L. Composição mineral das pastagens das regiões norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. **Rev. Bras. Zootec.**, v.29, n.2, p.616-29, 2000.

TEIXEIRA, P., VALLE, S. Mapa de Risco e Segurança Química em Biotecnologia. In: **Biossegurança – Uma Abordagem Multidisciplinar**. Editora Fiocruz, Rio de Janeiro, 111-131p., 2002.

THOMPSON, L.J. Lead. **Vet. Toxicol.** 2007.

TOLEDO, E.F.T. A indústria bauruense como transformadora do espaço urbano. 1º SIMPGEO/SP – **Simpósio de Pós-graduação em Geografia do Estado de São Paulo**. 2008.

TRAVERSO, S.D., LORETTI, A.P., DONINI, M.A., DRIEMEIER, D. Lead poisoning in cattle in southern Brazil. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.56, n.3, p.418-21, 2004.

VAN GESTEL. C.A.M., VAN BRUMMELEN, T.C. Incorporation of the biomarker concept in ecotoxicology calls for redefinition of terms. **Ecotoxicology**, 1996; 5:217-225.

VANZ, A; MIRLEAN, N; BAISCH, P. Avaliação de poluição do ar por chumbo particulado: Uma abordagem geoquímica. **Química Nova**. v.26, n.1, p.25-9. 2003.

VIANA, S. **Meio ambiente e os impactos das reações químicas industriais**. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos**, n.44, p.581-592, 2005.

VIGILÂNCIA AMBIENTAL EM SAÚDE. **Textos de Epidemiologia para Vigilância Ambiental em Saúde. Noções de vigilância ambiental em saúde: conceitos, estrutura, concepção e modelo de atuação**. Brasília – DF, p.19-28, 2002.

VILLEGAS-NAVARRO, A., BUSTOS, O.D.M.E., REYES RAYMOND, A., DIECK, T.A., REYES, J.L. Determination of lead in paired samples of blood and synovial fluid of bovines. **Exp. and Toxicol. Pathol.**, v.45, p.47-9, 1993.

WARD, N.I., SAVAGE, J.M. Elemental status of grazing animals located adjacent to the London Orbital (M25) motorway. **Sci. Total Environ.**, v.146, p.185-9, 1994.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. IPCS. **Environmental Health criteria 85 – lead-environmental aspects**. Geneva: WHO, 1989. 106 p.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1992. Human Exposure Assessment Series: **Human Exposure to Lead**. Bangkok: United Nations Environment Programme.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. IPCS. **Environmental Health criteria 165 – Inorganic Lead**. Geneva: WHO, 1995. 300 p. Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Labour Organization, and the World Health Organization.

XIAN, X. Effect of chemical forms of cadmium, zinc and lead polluted soils on their uptake by cabbage plants. **Plant and Soil**, v.115, n.2, p.257-264, 1989.

YEH, C.Y., CHIOU, H.Y., CHEN, R.Y., YEH, K.H. Monitoring lead pollution near a storage battery recycling plant in Taiwan. Republic of China. **Arch. of Environ. Contam. and Toxicol.** v.30, p.227-34, 1996.

ZADNIK, T. Lead in topsoil, hay, silage and blood of cows from farms near a former lead mine and current smelting plant before and after installation of filters. **Vet. Hum. Toxicol.**, v.46, n.5, p.287-90, 2004.

ZIEGLER, E.E., EDWARDS, B.B., JENSEN, R.L., MAHAFFEY, K.R., FOMON, S.J. Absorption of lead by infants. **Pediatrics**, v.12, p.29-34, 1978.