

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
SERGIO AROUCA
ENSP

“A exposição ao chumbo de militares alvejados por arma de fogo”

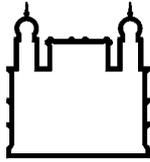
por

Marcio Luís Soares Bezerra

*Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em
Ciências na área de Saúde Pública.*

*Orientadora principal: Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Ramos Moreira
Segundo orientador: Prof. Dr. Eduardo Borba Neves*

Rio de Janeiro, maio de 2011.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
SERGIO AROUCA
ENSP

Esta dissertação, intitulada

“A exposição ao chumbo de militares alvejados por arma de fogo”

apresentada por

Marcio Luís Soares Bezerra

foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Ulisses César de Araujo

Prof.^a Dr.^a Liliane Reis Teixeira

Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Ramos Moreira – Orientadora principal

Catálogo na fonte
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica
Biblioteca de Saúde Pública

B574 Bezerra, Marcio Luís Soares
A exposição ao chumbo de militares alvejados por arma de fogo. / Marcio Luís Soares Bezerra. -- 2011.
xv,104 f. : il. ; tab.

Orientador: Moreira, Maria de Fátima Ramos
Neves, Eduardo Borba
Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública
Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2011

1. Chumbo. 2. Armas de Fogo. 3. Militares. 4. Exposição Ocupacional. 5. Ferimentos por Arma de Fogo. 6. Indicadores Biológicos. 7. Sintomas. I. Título.

CDD - 22.ed. – 363.11

A Deus, por ser tudo na minha vida.
Aos meus pais e irmãos, pelo apoio.
À minha esposa e filhos, pela compreensão
e por terem sempre acreditado em mim e
no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que Ele é na minha vida.

Aos meus pais Nauricio Severo Bezerra e Nelma Soares Bezerra, pelo amor com que me educaram e todo esforço despendido a fim de que hoje eu pudesse concluir com sucesso mais uma etapa de minha vida, minha eterna gratidão.

A minha esposa Luciana, meus filhos Guilherme e Gabriel (por vir) pela compreensão, apoio, companheirismo e indispensável contribuição na execução deste trabalho, principalmente nos momentos em que o mesmo foi priorizado.

Aos Prof. Dr. Maria de Fátima Ramos Moreira e Prof. Dr. Eduardo Borba Neves pela orientação segura, apoio e colaboração.

Aos meus amigos, Prof. Dr. Clayton Amaral Domingues, Prof. Dr. Rafael Soares Pinheiro da Cunha, Prof. Dr. Marco Carlos Uchida, e Prof. Ms. Pedro Henrique Luz Gabriel, pelo constante incentivo à pesquisa e à especialização.

À minha amiga, Prof^ª. Ms. Leda Diva Freitas de Jesus, pela disposição em auxiliar constantemente, sendo fundamental para o bom andamento deste trabalho.

Aos professores e colegas da ENSP e do CESTEJ, pela caminhada solidária.

À Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, por ter permitido a utilização de suas instalações para a realização das coletas.

À Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro, por todo o apoio prestado e pela cessão dos sujeitos para esta pesquisa.

Ao Laboratório de Metais do Centro de Estudos em Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, pela cessão de material e pessoal para a análise das amostras.

À Seção de Informática da ENSP, pelos esforços em viabilizar a defesa desta dissertação.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para que este trabalho fosse concretizado.

“Combati o bom combate, acabei a carreira, guardei a fé. Desde agora, a coroa da justiça me está guardada, a qual o Senhor, justo juiz, me dará naquele dia; e não somente a mim, mas também a todos os que amarem a sua vinda”.

II Carta de Paulo a Timóteo 4:7-8

RESUMO

O chumbo é um elemento de ocorrência natural, amplamente utilizado há milhares de anos. Atualmente, é um dos contaminantes mais comuns do ambiente, devido às inúmeras atividades industriais que favorecem a sua grande distribuição e à capacidade de penetrar no organismo através da inalação (ar atmosférico), ingestão (água, alimentos e solo contaminados) e por via dérmica. Comumente, as munições de arma de fogo são compostas de 95 a 97 % de chumbo. O presente trabalho teve por objetivo identificar a exposição ao chumbo nos policiais militares alvejados por arma de fogo e que permanecem com algum projétil ou fragmentos alojados em seus corpos, mais especificamente, determinar as concentrações de chumbo no sangue de militares baleados e que possuíam projétil ou fragmentos alojados em seus corpos, comparando-as ao grupo controle, e identificar possíveis efeitos advindos da contaminação pelo chumbo entre os militares estudados, relacionando-os às concentrações de chumbo encontradas. Para isso foram selecionados 15 policiais militares do estado do Rio de Janeiro, do sexo masculino, com as seguintes médias: idade de $36,00 \pm 6,75$ anos, altura de $1,74 \pm 0,05$ metros, massa corporal de $80,36 \pm 14,19$ Kg e tempo de serviço na PMERJ de $16,14 \pm 7,10$ anos. Comparou-se um grupo de policiais militares do estado do Rio de Janeiro que possuíam projéteis e/ou fragmentos de munição alojados em seus corpos com outro grupo de policiais que nunca haviam sido baleados. Coletaram-se amostras de sangue dos participantes, nas quais a concentração de chumbo foi determinada por espectrometria de absorção atômica eletrotérmica. Determinou-se uma concentração média de chumbo no sangue, em $\mu\text{g dL}^{-1}$, de $10,49 \pm 9,62$ para os policiais expostos e de $2,43 \pm 0,65$ para o grupo controle. Foram utilizados a estatística descritiva, o teste de correlação de Spearman, o teste de hipóteses de Mann Whitney, e a regressão linear. Embora todos os resultados tenham sido abaixo dos valores limites estabelecidos pela legislação brasileira, houve diferença significativa entre as amostras de sangue ($z = -3,130$ e $p = 0,002$) dos dois grupos. Encontrou-se associação significativa entre os níveis de chumbo no sangue e a localização do projétil do grupo exposto ($\rho = 0,730$ e $p = 0,031$), porém não houve associação com o tempo de exposição ao projétil ou com a massa do mesmo. Foi constatada diferença significativa entre os possíveis efeitos neurológicos dos grupos ($z = -2,261$ e $p = 0,024$). Foram formuladas equações que pudessem prever as futuras concentrações de chumbo sanguíneas nos policiais expostos, e estas equações apresentaram excelente correlação com o chumbo sanguíneo efetivamente determinado. Concluiu-se que a presença de projétil e / ou fragmentos alojados no corpo se constitui numa fonte significativa do metal, aumentando assim a contaminação bem como a possibilidade de efeitos neurológicos advindos desta contaminação, o que deve ter sido potencializado pela exposição ocupacional a que todos os policiais militares estão sujeitos. Recomendou-se que seja efetuada, sempre que possível, a retirada do projétil e fragmentos dos indivíduos alvejados. O desenvolvimento de novos estudos sobre o tema, pouco explorado pela comunidade científica, assim como dos índices de contaminação pelo chumbo formulados nesta pesquisa são recomendados de forma a facilitar o processo de tomada de decisão por parte dos médicos e cirurgiões.

Palavras-chave: 1. Chumbo. 2. Arma de fogo. 3. Militares. 4. Ferimentos por arma de fogo. 5. Sintomas.

ABSTRACT

Lead is a naturally occurring element widely used for thousands of years. Currently, it is one of the most common contaminants of the environment, due to several industrial activities that promote its widespread distribution and due to its capability to enter the human body through inhalation (air), ingestion (food, water and contaminated soil) and dermal. Usually, the ammunition of firearms is made from 95 to 97% of lead. This study aimed to identify the lead exposure in the military police shot by a firearm and with some remaining fragments or bullet lodged in their bodies, more specifically, to determine lead concentrations in the blood of soldiers who got shot and remained with bullet and /or ammunition fragments lodged in their bodies, comparing those concentrations to the control group, and identify possible effects resulting from lead contamination in the military studied, relating them to the concentrations of lead found. For this there were selected 15 military policemen from Rio de Janeiro state, male, aged 36.00 ± 6.75 years, height 1.74 ± 0.05 meters, body weight of 80.36 ± 14.19 kilograms and service time in PMERJ 16.14 ± 7.10 years. We compared a group of military police of the state of Rio de Janeiro who had projectile and / or fragments of ammunition lodged in their bodies with another group of policemen who had never been shot. Blood samples were collected from participants, in which the lead concentration was determined by electrothermal atomic absorption spectrometry. It was determined an average blood lead concentration, in $\mu\text{g dL}^{-1}$, of 10.49 ± 9.62 for the exposed police officers and 2.43 ± 0.65 for control group. We used descriptive statistics, the Spearman correlation test, the hypothesis test of Mann-Whitney and linear regression. Although all results were below the limits established by Brazilian legislation, they showed a statistically significant difference between the blood samples ($z = -3.130$ and $p = 0.002$) in both groups. There was also a significant association between blood lead levels and bullet location of the exposed group ($\rho = 0.730$ and $p = 0.031$), but no correlation with the projectile exposure time or the bullet weight. There were significant differences among the possible neurologic effects of the groups ($z = -2.261$ $p = 0.024$). There were formulated equations that could predict future blood lead concentrations in exposed police officers, and these equations showed excellent correlation with effectively determined blood lead levels. There was considered that there was no military police totally free of lead exposure. It was concluded that the presence of projectile and / or fragments lodged in the body constitutes a significant source of the metal, thus increasing the contamination and the possibility of neurologic effects resulting from this contamination, which must have been augmented by occupational exposure that all police officers are subjected to. It was recommended to be made, whenever possible, the removal of the bullet and fragments of targeted individuals. The development of new studies on this subject, largely unexplored by the scientific community, as well as the lead contamination indexes formulated in this research are recommended to facilitate the decision-making process by physicians and surgeons.

Keywords: 1. Lead. 2. Firearms. 3. Military Personnel. 4. Gunshot. 5. Symptoms.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág
Figura 1 Modelo de três compartimentos.....	13
Figura 2 Composição interna de um cartucho.....	20
Figura 3 Composição interna de um projétil encamisado.....	22
Figura 4 Munições encamisadas e projéteis após impacto em gelatina balística.....	23

LISTA DE TABELAS

		Pág
Tabela 1	Resultado de pesquisa sistemática nas bases de dados PubMed, Lilacs e Cochrane Library.....	6
Tabela 2	Principais efeitos sobre a saúde relacionados ao Pb e os respectivos órgãos críticos.....	18
Tabela 3	Limites do Pb-S, segundo instituição regulamentadora.....	37
Tabela 4	Caracterização da população quanto à idade, massa corporal e altura.....	51
Tabela 5	Caracterização da população quanto ao posto/graduação.....	51
Tabela 6	Caracterização da população quanto ao tempo de serviço na Polícia Militar.....	52
Tabela 7	Caracterização da população quanto ao nível de escolaridade.....	52
Tabela 8	Caracterização da população quanto à classe econômica.....	53
Tabela 9	Pb-S nos grupos.....	54
Tabela 10	Estatística descritiva do Pb-S nas amostras de sangue da população estudada.....	55
Tabela 11	Pb-S advindos de fontes relacionadas a munições.....	56
Tabela 12	Pb-S medidos em trabalhadores e usuários de estandes de tiro.....	58
Tabela 13	Perfil das exposições ambiental e ao fumo.....	62
Tabela 14	Perfil da exposição aos projéteis/fragmentos.....	64
Tabela 15	Nível de vascularização do grupo exposto.....	65
Tabela 16	Correlação de Spearman entre o Pb-S e as variáveis componentes do perfil de exposição aos projéteis / fragmentos.....	65
Tabela 17	Sintomas neurológicos e possibilidade de alcoolismo crônico.....	71
Tabela 18	Teste de Mann-Whitney para os sintomas neurológicos.....	71
Tabela 19	Resultados do Índice de Contaminação por Pb1.....	75
Tabela 20	Resultados do Índice de Contaminação por Pb2.....	77

LISTA DE SÍMBOLOS

[Pb].....	Concentração de chumbo
$\mu\text{g dL}^{-1}$	Micrograma por decilitro
$\mu\text{g L}^{-1}$	Micrograma por litro
$\mu\text{g m}^{-3}$	Micrograma por metro cúbico
μm	Micrômetro
ρ (rho).....	Coefficiente de Correlação de Postos de Spearman
Al.....	Alumínio
Ba.....	Bário
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	Nitrato de bário
Ca.....	Cálcio
Cu.....	Cobre
Fe.....	Ferro
g cm^{-3}	Grama por centímetro cúbico
Hb.....	Hemoglobina
H_2PO_3	Grupo fosfato de di-hidrogênio / Ácido fosforoso
mg dL^{-1}	Miligrama por decilitro
mg m^{-3}	Miligrama por centímetro cúbico
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	Nitrato de magnésio
Mn.....	Manganês
NH_2	Grupo amino
N_4H_4	Tetrazeno
Ni.....	Níquel
OH.....	Grupo hidróxido
P.....	Fósforo
Pb.....	Chumbo
Pb^{2+}	Íon de chumbo / divalente
Pb^{4+}	Íon de chumbo / tetravalente
Pb-P.....	Concentração de chumbo no plasma
Pb-S.....	Concentração de chumbo no sangue
Pb-U.....	Concentração de chumbo na urina

PbCO_3	Cerussita
$\text{PbCl}(\text{VO}_4)_3$	Vanadinita
$\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$	Piromorfita
PbCrO_4	Crocoíta
PbMoO_4	Wulfenita
PbO_2	Peróxido de chumbo
$\text{PbO}_2\text{H}(\text{NO}_2)_3$	Estifinato de chumbo
PbS	Galena
PbSO_4	Anglesita
Sb	Antimônio
Sb_2S_3	Trissulfeto de antimônio
SH	Grupo sulfidríla
Zn	Zinco

LISTA DE ABREVIATURAS

ALAD.....	Ácido delta aminolevulínico desidratase
ALA-U.....	Ácido delta aminolevulínico na urina
EPI.....	Equipamento de proteção individual
ET AAS.....	Espectrometria de absorção atômica eletrotérmica
FRXL.....	Fluorescência de raios X de camada L
IBE.....	Índice biológico de exposição
IBMP.....	Índice biológico máximo permitido
IMC.....	Índice de massa corpórea (kg m^{-2})
LEO.....	Limite de exposição ambiental
MLL.....	Índice máximo
PAF.....	Perfuração por arma de fogo
PE.....	Protoporfirina eritrocitária
SN.....	Sistema nervoso
SNC.....	Sistema nervoso central
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TLV.....	Valor Limite de Exposição ou Valor Limite de Tolerância
VR.....	Valor de referência
ZPP.....	Zinco protoporfirina

LISTA DE SIGLAS

ABEP.....	Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa
ACGIH®	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ATSDR.....	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CBC.....	Companhia Brasileira de Cartuchos
CCEB.....	Critério de Classificação Econômica Brasil
CDC.....	Centers for Disease Control and Prevention
CE.....	Comunidade Européia
CEP.....	Comitê de Ética em Pesquisa
CESTEH.....	Centro de Estudos em Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana
CONEP.....	Conselho Nacional de Ética em Pesquisa
DeCS.....	Descritores em Ciências da Saúde
DGS.....	Diretoria Geral de Saúde
ENSP.....	Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca
EsAO.....	Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais
FIOCRUZ...	Fundação Oswaldo Cruz
HCPM.....	Hospital Central da Polícia Militar
IARC.....	International Agency for Research on Cancer
Lilacs.....	Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde
MeSH.....	Medical Subject Headings
MTE.....	Ministério do Trabalho e Emprego
NIOSH.....	National Institute for Occupational Safety and Health
NR.....	Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego
OPM.....	Organização Policial Militar
OSHA.....	Occupational Safety and Health Administration
PMERJ.....	Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro
PubMed.....	Publicações Médicas (U.S. National Institutes of Health (NIH) free digital archive of biomedical and life sciences journal literature)
SBN.....	Sociedade Brasileira de Neurocirurgia
SCOEL.....	Scientific Committee on Occupational Exposure Limits
WHO.....	World Health Organization

SUMÁRIO

		Pág
1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	4
2.1	GERAL.....	4
2.2	ESPECÍFICOS.....	4
3	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	5
4	CHUMBO E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	8
4.1	PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS.....	8
4.2	PRINCIPAIS FONTES DE EXPOSIÇÃO.....	9
4.3	TOXICOCINÉTICA.....	10
4.3.1	Absorção.....	10
4.3.2	Distribuição.....	12
4.3.3	Eliminação e excreção.....	14
4.4	TOXICODINÂMICA.....	15
5	ARMAS DE FOGO, MUNIÇÕES E CARACTERÍSTICAS.....	19
5.1	ARMAS DE FOGO.....	19
5.2	MUNIÇÕES.....	19
5.3	ABSORÇÃO DO CHUMBO DAS MUNIÇÕES.....	23
6	INDICADORES BIOLÓGICOS.....	26
6.1	BIOMARCADORES PARA O CHUMBO.....	26
6.2	INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO AO CHUMBO.....	28
6.2.1	Urina.....	29
6.2.2	Sangue.....	29
6.2.3	Plasma / soro.....	30
6.2.4	Saliva.....	31
6.2.5	Ossos e dentes.....	32
6.2.6	Outros biomarcadores.....	32
6.3	EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL.....	34

6.3.1	Limites de exposição ocupacional.....	34
7	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
7.1	ÁREA DE ESTUDO.....	38
7.2	POPULAÇÃO DE ESTUDO.....	38
7.2.1	Critérios de seleção da população.....	39
7.2.1.1	Inclusão.....	39
7.2.1.2	Exclusão.....	40
7.2.2	Aspectos éticos.....	40
7.3	EXPERIMENTAL.....	42
7.3.1	Coleta de dados.....	42
7.3.1.1	Pré-teste.....	46
7.3.2	Coleta e conservação das amostras biológicas.....	46
7.3.3	Instrumental.....	47
7.3.4	Descontaminação do material.....	47
7.3.5	Reagentes e soluções.....	47
7.3.6	Preparação das amostras.....	48
7.3.7	Exatidão.....	48
7.3.8	Tratamento estatístico.....	48
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
8.1	POPULAÇÃO DE ESTUDO.....	50
8.2	CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO DE ESTUDO....	50
8.2.1	Perfil antropométrico.....	50
8.2.2	Perfil ocupacional.....	51
8.2.3	Nível de escolaridade.....	52
8.2.4	Perfil econômico.....	52
8.3	CHUMBO SANGUÍNEO.....	53
8.4	EXPOSIÇÕES REFERIDAS AO CHUMBO.....	61
8.4.1	Perfil das exposições ambiental e ao fumo.....	61
8.4.2	Perfil da exposição aos projéteis / fragmentos.....	64
8.5	IDENTIFICAÇÃO DOS POSSÍVEIS SINTOMAS NEUROLÓGICOS RELACIONADOS AO CHUMBO.....	70
8.5.1	Sintomas neurológicos (Q16) e variável de confundimento (CAGE).....	70

8.6	ÍNDICES DE CONTAMINAÇÃO POR PROJÉTIL ALOJADO.....	75
9	CONCLUSÃO.....	80
	REFERÊNCIAS.....	83
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO AOS SUJEITOS.....	101
	ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	104

1 INTRODUÇÃO

Os metais podem danificar toda e qualquer atividade biológica. Por isso há, teoricamente, diferentes respostas a esses elementos para os diversos tipos de atividade. Todavia, o acesso variado aos componentes biológicos faz com que certos tipos de respostas predominem. Por exemplo, todos os sistemas enzimáticos são potencialmente suscetíveis aos metais. Por outro lado, nos organismos vivos, o acesso a essas substâncias pode ser limitado pelas estruturas anatômicas; além disso, os sítios ligantes podem competir pelos íons metálicos. Por essas razões, freqüentemente existem consideráveis diferenças de sensibilidade entre diferentes órgãos e tecidos, assim como na ação observada entre experimentos *in vivo* e *in vitro*, entre espécies e entre respostas típicas de intoxicação clínica ^{1,2}.

O chumbo (Pb) é um elemento de ocorrência natural, amplamente utilizado há milhares de anos. Atualmente, é um dos contaminantes mais comuns do ambiente, devido às inúmeras atividades industriais que favorecem a sua grande distribuição, podendo penetrar no organismo através da inalação (ar atmosférico), ingestão (água, alimentos e solo contaminados) e por via dérmica. Assim, praticamente todos os seres humanos possuem Pb em seus organismos como resultado da exposição às fontes exógenas ¹. No entanto, este metal não possui nenhuma função fisiológica conhecida no organismo, e seus efeitos tóxicos sobre os homens e animais já são conhecidos há muito tempo por afetarem praticamente todos os órgãos e sistemas do corpo humano ^{3,4}.

O Pb absorvido é distribuído para o sangue, tecidos moles e ósseos. As maiores

concentrações de Pb, em torno de 95% da carga corporal, são encontradas no tecido ósseo, tornando-se, desta forma uma fonte endógena deste metal, que é mobilizado de acordo com as diferentes demandas do organismo ⁵. Qualquer que seja a via de entrada (inalação ou ingestão), os efeitos biológicos do chumbo são os mesmos porque o metal interfere no funcionamento normal das células e nos processos fisiológicos. O sistema nervoso, medula óssea e os rins são os sítios críticos na exposição a este metal ².

Os efeitos tóxicos do chumbo incluem a hiperatividade, perda de coordenação, confusão, encefalopatia, perda de memória, entre outros, sendo efeitos claros de neurotoxicidade. A anemia é um efeito causado por desvios hematológicos uma vez que o metal tem ação tóxica sobre as células vermelhas e eritropoiéticas na medula óssea. A exposição excessiva e prolongada ao chumbo pode levar a doenças renais progressivas e irreversíveis ^{1,2,4,6,7,8}.

Estudos em animais forneceram evidências suficientes de carcinogenicidade do chumbo inorgânico e seus compostos, e evidências limitadas de que é carcinogênico para os seres humanos. Assim, a *International Agency for Research on Cancer* (IARC) ⁹, em documento de 2006, classifica o chumbo inorgânico e seus compostos como "provavelmente carcinogênicos para humanos" (grupo 2A). Nos Estados Unidos, uma lista das 275 substâncias mais perigosas para 2007 mostra o chumbo em segundo lugar, atrás somente do arsênio ¹⁰.

Os constituintes metálicos de munições e granadas militares são basicamente o chumbo (Pb), com 95 - 97% em sua constituição e o antimônio (Sb), em torno de 2%. O bário (Ba), o níquel (Ni), o zinco (Zn), o manganês (Mn) e o cobre (Cu), complementam os percentuais restantes ^{11,12,13}. A elevada percentagem de chumbo na composição da munição deve-se às propriedades do metal, entre as quais a ductilidade e a fácil associação com outros minerais polimetálicos, como zinco, cobre e ferro, permitindo melhor desempenho mecânico e físico do produto final ¹⁴.

Existem, também, os projéteis conhecidos como encamisados (ou jaquetados), que são construídos por um núcleo de chumbo recoberto por uma capa externa chamada camisa ou jaqueta. A camisa é normalmente fabricada com ligas metálicas como cobre e níquel; cobre, níquel e zinco; cobre e zinco; cobre, zinco e estanho ou aço^{15,16}.

Há, ainda, projéteis especiais fabricados com material diferente do chumbo como o cobre (*copper bullet*), ou a munição “*silver point*” ou “*gold*”, que são normalmente usadas por forças armadas e forças policiais, sendo mais caras do que a munição comum e de difícil acesso pela população civil, incluindo o chamado “mercado negro”¹⁶.

Sujeitos alvejados por munição de arma de fogo e que possuem projétil ou fragmentos alojados em seus corpos, apresentam uma fonte endógena de chumbo. Policiais militares que freqüentemente passam por situações de fogo cruzado estão mais suscetíveis a serem alvejados e, dependendo da situação, acabam permanecendo com projéteis alojados nos seus organismos. Ao longo dos anos, esse chumbo vai sendo oxidado com intensidade variada, de acordo com sua localização no corpo, passando para a corrente sanguínea e causando efeitos tóxicos. Neste sentido, é importante verificar o nível de contaminação por esse metal no organismo humano na presença deste tipo de fonte.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Identificar a exposição ao chumbo nos policiais militares alvejados por armas de fogo e que permanecem com algum projétil ou fragmentos alojados em seus corpos.

2.2 ESPECÍFICOS

- 1) Determinar a concentração de chumbo em sangue nas amostras coletadas;
- 2) Comparar os níveis sanguíneos de chumbo encontrados nos militares com projéteis alojados com os valores encontrados no grupo controle;
- 3) Identificar entre os policiais com projétil, aqueles que apresentam possíveis efeitos relativos ao Pb, através de questionário;
- 4) Correlacionar os possíveis efeitos com as concentrações de Pb-S encontradas.

3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A partir da década de 70, houve um aumento do interesse sobre as relações de trabalho com a saúde do trabalhador. O crescimento da produção científica fez com que fossem reconhecidas as situações de risco presentes nos ambientes de trabalho ^{17,18,19,20}.

Uma pesquisa analisou o perfil da produção científica sobre Saúde do Trabalhador e constatou que a categoria dos militares, incluindo-se os policiais militares, foi uma das classes de trabalhadores menos estudadas no período de 2001 a 2008 ²¹. Em uma análise sumária realizada em bases de dados eletrônicas, pode-se perceber que as pesquisas envolvendo policiais militares concentram-se em estudos a respeito de aspectos psicológicos e sociais da profissão. Foi observado em um estudo de caso, cujo sujeito analisado possuía 3 projéteis alojados no abdômen, perna direita e coluna lombo-sacra, que os autores associavam a contaminação pelo Pb ao contato deste metal com o líquido cefalorraquidiano ²². Não foram observadas pesquisas versando sobre a exposição ao chumbo em policiais militares realizadas no Brasil.

Análises realizadas nas bases de dados do *PubMed*, *Lilacs* e *Cochrane Library* utilizando de maneira associada os descritores “*lead poisoning*” (intoxicação por chumbo), “*gunshot wound*” (ferimentos por arma de fogo) e “*human*” (humanos), no período de 1962 a 2008 (Tabela 1), apontaram a existência de 81 (*PubMed*), 6 (*Lilacs*) e 1 (*Cochrane Library*) pesquisas, sendo que, no *PubMed*, 58 destes são estudos de caso ²². Na base de dados do *Scielo*, foram encontrados apenas dois estudos de caso relacionados à intoxicação por chumbo em pessoas com projéteis alojados e ambos dão ênfase à terapia quelante e relacionam a contaminação à proximidade com grandes

articulações como joelho, quadris, ombros e coluna vertebral, com o conseqüente contato com o líquido cefalorraquidiano ²³.

Tabela 1 – Resultado de pesquisa sistemática nas bases de dados PubMed, Lilacs e Cochrane Library

Base de dados PubMed	
Tópicos principais de busca MeSH e palavras-chave	Quantidade de estudos de 1962 a 2008
“ <i>lead poisoning</i> ” e “ <i>gunshot wound</i> ” e “ <i>human</i> ”	81
“ <i>lead poisoning</i> ” e “ <i>gunshot wound</i> ” e “ <i>human</i> ” e “ <i>case reports</i> ”	58
Base de dados Lilacs	
Descritor DeCS e palavras-chave	Quantidade de estudos de 1962 a 2008
“intoxicação por chumbo” e “ferimentos por arma de fogo”	6
Base de dados Cochrane Library	
Tópicos principais de busca MeSH e palavras-chave	Quantidade de estudos de 1962 a 2008
“ <i>lead poisoning</i> ” e “ <i>gunshot wound</i> ”	1

MeSH = Medical Subject Headings; Lilacs = Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde; DeCS = Descritores em Ciências da Saúde.

Fonte: Adaptado de Madureira *et al* (2009)²².

Com a inexistência de estudos sobre a contaminação por chumbo em policiais militares, houve o interesse em pesquisar este grupo de trabalhadores, tendo em vista que o contexto no qual se vive e labuta é o mesmo onde as doenças aparecem ²⁴. Considerando-se, ainda, que a realidade social da cidade do Rio de Janeiro expõe esta categoria à enorme possibilidade de ferimentos por arma de fogo.

Esta pesquisa poderá auxiliar na conscientização da importância de se buscar a retirada da fonte de exposição, o projétil alojado, sempre que for possível, diminuindo a incidência das doenças relacionadas à presença de chumbo no organismo e os conseqüentes gastos indiretos causados pela perda de produção com o afastamento dos policiais militares dos seus serviços. Ressalte-se, também, a minimização dos custos gerados por aquelas doenças, fruto da hospitalização e da realização de exames, e a otimização do estado de saúde, de maneira geral, das pessoas que contém projéteis alojados.

Neste sentido, é oportuno afirmar que informações sobre a contaminação causada pelo chumbo proveniente dos projéteis alojados no corpo de policiais militares são necessárias, para se buscar maneiras de minimizar os efeitos da contaminação causada por aquele metal.

4 CHUMBO E SUAS CARACTERÍSTICAS

4.1 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS

O chumbo (do latim *plumbum*) é um elemento químico de símbolo Pb, número atômico 82, com massa atômica igual a 207,2 u, pertencente ao grupo 14 (4A) da classificação periódica dos elementos químicos, o mesmo grupo do carbono e do estanho. O chumbo tem o número atômico mais elevado entre todos os elementos estáveis ⁴.

É um metal denso, resistente, dúctil e apresenta cor cinza azulado brilhante. É muito leve, maleável e de alta densidade: 11,35 g cm⁻³. Possui várias aplicações pela sua estabilidade, baixo ponto de fusão (327,4 °C) e alta resistência aos raios-X ²⁵.

Os estados de oxidação do chumbo são (0), (I), (II) e (IV), porém nos ambientes naturais é encontrado, predominantemente, sob a forma Pb⁺², que é a mais tóxica. O estado de oxidação Pb⁺⁴ forma compostos orgânicos estáveis, que também são tóxicos, representando risco à saúde do homem, principalmente nos países que ainda utilizam aditivos com chumbo na gasolina ²⁶.

Raramente aparece no seu estado elementar, mas sim em combinação com outros elementos. Os seus minerais mais importantes são a galena (PbS), a cerussita (PbCO₃), a anglesita (PbSO₄), a piromorfita (Pb₅Cl(PO₄)₃), a vanadinita (PbCl(VO₄)₃), a crocoíta (PbCrO₄) e a wulfenita (PbMoO₄) ²⁵.

4.2 PRINCIPAIS FONTES DE EXPOSIÇÃO

A maior parte do chumbo utilizado pela indústria vem da exploração de minérios (“primária”) ou da reciclagem de fragmentos de metal ou baterias (“secundária”). As atividades humanas têm espalhado o chumbo por todo o ambiente ^{1,27}. Atualmente, as maiores fontes ambientais de chumbo e seus sais, que contribuem para a ingestão diária, são ar, poeira, alimentos, bebidas e tinta. A fumaça de cigarro também pode aumentar o total de chumbo ingerido por dia. Alimentos tais como frutas, vegetais, carnes, grãos, frutos do mar, bebidas suaves e vinhos podem conter chumbo, originado da água de preparo, plantas e animais criados em locais contaminados. Potes ou pratos de cerâmica vitrificadas incorretamente, vidraria de cristal contendo chumbo, latas e chaleiras com solda à base do metal também contribuem para a contaminação da alimentação ^{27,28}.

Ao longo das três últimas décadas, as concentrações atmosféricas de chumbo diminuíram significativamente em todo o mundo, uma vez que muitos países optaram por remover o chumbo tetraetila ou alquil-Pb da gasolina ²⁹. Embora a combustão da gasolina com chumbo já tenha sido fonte primária de poluição do ar, as emissões industriais deste elemento, tais como fundições de metais não ferrosos, fábricas de baterias, plantas químicas e modificação de construções antigas contendo tinta à base de chumbo são agora os maiores contribuintes para o total do metal liberado para a atmosfera ³⁰. Nos EUA, por exemplo, embora o uso de chumbo nas tintas para pintura de moradias tenha sido proibido em 1978, estima-se que 40% das residências da nação ainda contenham tinta à base de chumbo ³¹.

A intoxicação pelo chumbo, comumente conhecida como saturnismo, está, em grande parte, relacionada à atividade profissional. A exposição ocupacional ao chumbo ocorre principalmente na produção de baterias, fundição de munição, fabricação de

proteção contra raios-X, cerâmica, tintas, mineração, e na formação de ligas metálicas para a produção de soldas, fusíveis, revestimentos de cabos elétricos, materiais antifricção, metais de tipografia, entre outros ^{32,33}.

O consumo de alimentos ácidos acondicionados em latas ou cerâmicas vitrificadas e a contaminação do meio ambiente são consideradas as principais fontes de exposição ao chumbo não relacionadas ao trabalho. Por outro lado, no Brasil, uma das principais formas de exposição ocupacional ao chumbo é a atividade de reciclagem de baterias automotivas. Na maioria das vezes, este processo se dá em pequenas indústrias, sem a devida proteção aos trabalhadores ^{28,34,35,36}.

A ingestão de tintas que contêm chumbo se constitui na maior fonte disponível do metal para crianças e importante fonte para muitos adultos, especialmente aqueles envolvidos com construção e reforma de casas, e os que têm a pintura como profissão ou passatempo. Outras fontes também podem aumentar o total de chumbo ingerido por dia, tais como brinquedos pintados, cosméticos faciais, tintura de cabelo, impressão colorida, água de tubulação com solda de chumbo e os remédios populares ^{27,37}.

4.3 TOXICOCINÉTICA

4.3.1 Absorção

As principais vias de absorção do Pb no organismo são os pulmões e o trato gastrointestinal. Em média, 50 % do chumbo inalado são absorvidos pelos pulmões e 10 % do chumbo ingerido são absorvidos pelo trato gastrointestinal ³⁸. Seus compostos orgânicos conseguem penetrar no organismo por via cutânea como, por exemplo, o chumbo tetraetila, que penetra rapidamente no organismo pelos pulmões, pelo trato gastrointestinal e pela pele ^{3,4,39}.

A absorção do Pb é influenciada pela via de exposição, espécie química formada, tamanho da partícula (no caso de particulado), solubilidade em água, e variações individuais fisiológicas e patológicas. Essa absorção 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, favorecendo assim uma maior deposição das partículas de chumbo no trato respiratório ^{1,4}.

A absorção do chumbo pelo trato gastrointestinal depende mais de fatores nutricionais tais como ingestão de cálcio (Ca), ferro (Fe), fósforo (P) e proteínas do que da solubilidade de seus compostos, devido à acidez do estômago. Sabe-se que um baixo teor de Ca ou Fe na dieta aumenta a absorção do Pb. O mesmo é verdadeiro para uma alimentação deficiente em P e proteínas. A sua absorção pela mucosa intestinal possivelmente envolve um mecanismo de competição com relação ao cálcio ^{4,28}.

A absorção do chumbo ingerido pelo trato gastrointestinal é muito variável e parece estar relacionada à ingestão simultânea de alimentos. Este tipo de absorção é estimada em, aproximadamente, 10 a 20% nos adultos, já que a maior parte do chumbo ingerido é excretada *in natura*. Mas o índice de absorção pode chegar a 50% quando ingerido como solução, sendo que elementos como o cálcio, fósforo, ferro, fitato parecem reduzir esta absorção ⁴⁰. Nas crianças, esta absorção pode chegar a 40% do total do chumbo ingerido com os alimentos ³⁹. Crianças até dois anos de idade retêm 34% da quantidade total de chumbo absorvido, enquanto que esta retenção é de apenas 1% nos adultos ^{4,28}.

Maddaloni e colaboradores verificaram que 26,2% do Pb foram absorvidos quando administrados a 6 adultos em jejum. Após a ingestão de um café da manhã padronizado, a taxa de absorção caiu para 2,52% ⁴¹.

Pela via respiratória, a absorção varia com a forma (fumos metálicos x partículas), a concentração, e com as variações patológicas e fisiológicas individuais.

Aproximadamente 90% das partículas de chumbo inaladas do ar ambiente são absorvidas, seja como carbonato de chumbo ou por fagocitose. Estas partículas são então, depositadas nas regiões nasofaríngea, traqueobrônquica e alveolar, de onde são eliminadas pelo mecanismo mucociliar da traquéia, ou engolidas e absorvidas, ou eliminadas pelo trato gastrointestinal (com exceção da região alveolar) ³⁹.

Um estudo realizado em 1995 sugere que, após 24 horas de inalação, 10-60% de partículas de chumbo de 0,01-5,0 µm de diâmetro são absorvidas, exceto se o composto de chumbo tem baixa solubilidade ⁴⁰. Partículas maiores são depositadas nas vias aéreas superiores e a maioria delas é engolida ³⁸.

4.3.2 Distribuição

O chumbo absorvido é distribuído no organismo através da corrente sanguínea, onde aproximadamente 95 % se fixam nas hemácias e 5% no plasma, ligados à albumina, α_2 - globulina ou como íons não ligados. Após a absorção, um equilíbrio é estabelecido entre as frações do metal no plasma e nas células vermelhas. O chumbo do sangue se distribui pelos tecidos moles (fígado e rins) e ossos. A retenção do metal nos tecidos moles se estabiliza na vida adulta, podendo até decrescer em alguns órgãos com o avanço da idade. Contudo, continua a se acumular nos ossos e na aorta durante toda a vida. Quando em estado de equilíbrio, cerca de 90% do conteúdo total de chumbo no organismo se encontram nos ossos. Os tempos de meia-vida do metal são bastante diferentes, sendo estimados em 36 dias para o sangue, 40 dias para os tecidos moles e 27 anos para os ossos ^{4,38,42}, com um controverso tempo mais curto para os ossos trabeculares, cerca de 1 ano ⁴⁰.

Existem alguns modelos cinéticos para explicar a distribuição do chumbo no organismo. O primeiro modelo proposto foi o de três compartimentos de Rabinowitz e

colaboradores (1976), que diz que o chumbo não é metabolizado, mas complexado por macromoléculas, sendo diretamente absorvido, distribuído e excretado. Uma vez absorvido, o chumbo se distribui entre o sangue, os tecidos moles (rins, medula óssea, fígado e cérebro) e os tecidos mineralizados (ossos e dentes) (Figura 1) ^{42,43,44}. Da mesma forma, Nilsson e colaboradores (1991) ⁴⁷ concluíram que o esqueleto representa o compartimento em que a cinética de eliminação é a mais lenta (principalmente o osso cortical), enquanto que a mais rápida é observada no sangue e em alguns tecidos moles. Sugerem ainda o osso trabecular como componente intermediário, uma vez que este apresenta uma cinética diferenciada do osso cortical.

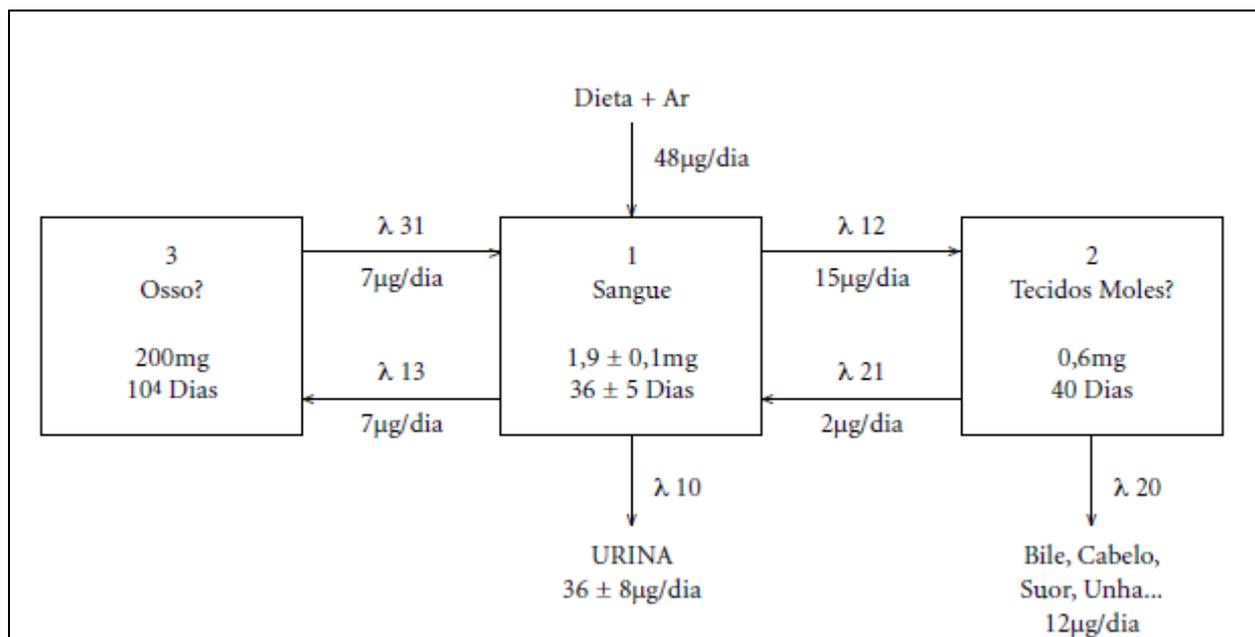


Figura 2 – Modelo de três compartimentos (Rabinowitz e col., 1976) ⁴⁴.
 Fonte: Adaptado de Moreira e Moreira, 2004 ⁴.

Rabinowitz (1991) apresentou, também, um modelo cinético simples, de dois compartimentos (osso e sangue), em que propõe valores numéricos variáveis com a idade e saúde para as alterações dos níveis de Pb-S, decorrentes das mudanças nas taxas de mobilização. Duas propostas são oferecidas para quantificar a troca de chumbo, uma envolve o estudo de pessoas com exposição conhecida, enquanto a outra abrange

isótopos estáveis e sujeitos, que se mudam de uma região geográfica para outra ^{4,46}.

Independentemente do modelo cinético considerado, sabe-se que o osso é o principal compartimento onde se armazena o metal. Cerca de 90% do chumbo encontrado no organismo está depositado nos ossos sob a forma de trifosfato ⁴⁷.

Como o chumbo é qualitativamente um análogo biológico do cálcio, sua entrada e liberação do esqueleto são, em parte, controladas por muitos dos mecanismos que regulam a homeostase do mineral. Estes incluem os processos normais de difusão mineral e de troca (aposição/ resorção) ⁴⁸.

Esse metal pode atravessar livremente a barreira placentária, aproximando seus níveis no sangue da mãe e do feto ⁴⁹, e também pode ser rapidamente distribuído entre as estruturas subcelulares, ligando-se firmemente às mitocôndrias em um importante fenômeno de distribuição e toxicidade intracelular ³⁹. Durante a sua distribuição, o chumbo segue a via metabólica do cálcio e se acumula nos ossos e dentes ⁴.

4.3.3 Eliminação e excreção

A eliminação do chumbo é feita principalmente pela urina (75-80%) e, em menor grau, pelas fezes (15%) ³⁸. Entretanto, a quantidade excretada, independente da via, é afetada pela idade, características da exposição, e dependente da espécie. A comparação dos dados sobre a cinética do chumbo em adultos e crianças mostra que, aparentemente, estas últimas parecem ter uma taxa total de excreção menor ^{4,28}.

Além de o chumbo ser excretado principalmente pela urina e fezes, uma via especial de excreção do chumbo endógeno é o leite materno. Embora este tipo de eliminação tenha pouca importância do ponto de vista de liberação do organismo, pode representar um risco para o lactente, já que existe uma correlação entre a concentração do chumbo no sangue e o leite ^{40,49}.

4.4 TOXICODINÂMICA

A toxicodinâmica consiste no estudo dos efeitos bioquímicos, morfológicos e fisiológicos do agente químico ou do seu produto de biotransformação no órgão-alvo ⁵⁰. Relaciona a dose interna (quantidade de substância liberada no sítio de ação em condições de agir efetivamente) à resposta do órgão-alvo ^{51,52,53}.

O chumbo é um mineral não essencial, tóxico que se acumula no organismo de forma lenta na maioria dos casos. Uma importante característica de sua contaminação é a reversibilidade das alterações bioquímicas e funcionais induzidas. Esses efeitos são inicialmente devidos à sua interferência no funcionamento adequado das membranas celulares e enzimas, causada pela formação de complexos estáveis com ligantes contendo enxofre, fósforo, nitrogênio e oxigênio (grupamentos -SH, -H₂PO₃, -NH₂, -OH) como doadores de elétrons ³⁹.

A toxicidade do Pb gera desde efeitos claros, ou clínicos, até efeitos sutis, ou bioquímicos. Estes últimos envolvem vários sistemas de órgãos e atividades bioquímicas. Os efeitos biológicos do chumbo são os mesmos quaisquer que sejam as vias de entrada, uma vez que há interferência no funcionamento normal da célula e em inúmeros processos fisiológicos. Apesar dos ossos serem os maiores depósitos de chumbo, os primeiros efeitos adversos não são lá observados, e sim, no sistema nervoso, medula óssea e rins, tidos como órgãos críticos na exposição ao chumbo, enquanto que os distúrbios na função do sistema nervoso (SN) e os desvios na síntese do heme são considerados como efeitos típicos críticos ⁵⁴. Também os sistemas gastrintestinal e reprodutivo são alvo da intoxicação pelo chumbo ⁵.

O conjunto de órgãos mais sensível ao envenenamento por chumbo é o sistema nervoso, sendo que a encefalopatia é um dos mais sérios desvios tóxicos induzidos pelo

chumbo em crianças e adultos. Além da ausência de um limite preciso, a toxicidade do chumbo na infância pode ter efeitos permanentes, tais como menor quociente de inteligência e deficiência cognitiva. Durante o desenvolvimento de uma criança, o sistema nervoso pode ser afetado adversamente por valores de Pb-S menores do que $10 \mu\text{g L}^{-1}$, níveis antes considerados seguros ^{55,56}. Nos adultos, o sistema nervoso central também é afetado por concentrações relativamente baixas (Pb-S em torno de $40 \mu\text{g dL}^{-1}$). Os danos sobre o sistema nervoso periférico, primeiramente motor, são observados principalmente nos adultos ^{1,2,37,57}.

A encefalopatia causada pelo chumbo ocorre nas formas aguda e crônica. O curso clínico da encefalopatia aguda pelo chumbo varia, dependendo da idade e da condição geral do paciente, da quantidade absorvida, do tempo de exposição e de certos fatores concomitantes, como o alcoolismo crônico. A relação dose-resposta para as desordens do sistema nervoso central não é bem conhecida. Encefalopatia aguda se desenvolve somente após doses maciças e é rara quando os níveis de Pb-S estão abaixo de $100 \mu\text{g dL}^{-1}$ ^{1,2,57}.

A associação da anemia com a concentração do Pb é uma constatação real da contaminação por este metal, não estando necessariamente associada com deficiência de ferro. Geralmente, é de leve a moderada em adultos (os valores de hemoglobina (Hb) variam de 8 a $12 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$) e, algumas vezes, é severa em crianças. Os desvios hematológicos que levam à anemia pelo chumbo são considerados como resultado de sua ação tóxica sobre as células vermelhas e eritropoiéticas na medula óssea. Esses efeitos incluem inibição da síntese do grupo heme e diminuição do tempo de vida dos eritrócitos circulantes, resultando na estimulação da eritropoese. Entretanto, a anemia não é uma manifestação precoce da contaminação por chumbo, sendo rara sem outros efeitos detectáveis, e só é evidente quando o nível de Pb-S é significativamente elevado por períodos prolongados ^{1,2,30}.

O chumbo inibe a capacidade do organismo de produzir Hb, afetando várias reações enzimáticas, críticas para a síntese do grupo heme. As atividades de três enzimas — 5-aminolevulinato desidratase, coproporfirinogênio oxidase e ferroquelatase — são inibidas pelo chumbo. Isso enfraquece a síntese da heme e desencoraja a síntese da 5-aminolevulinato sintetase, enzima inicial e limitante da taxa da biossíntese da heme, e da coproporfirinogênio descarboxilase. Em consequência, há maior produção e excreção dos precursores 5-aminolevulinato sintetase e coproporfirina, com aumento na protoporfirina circulante, geralmente ligada ao zinco. Nas células vermelhas, a síntese diminuída de mono-oxigenases (citocromos P-450) compromete a oxidação de drogas e o chumbo se liga à Hb. A ferroquelatase, que catalisa a inserção de ferro na protoporfirina IX, é completamente sensível ao chumbo. Entretanto, a inibição desta enzima é um fator limitante da taxa para a síntese da Hb, já que a protoporfirina IX se acumula nos eritrócitos, constituindo cerca de 95% das porfirinas não ligadas ao ferro nas células vermelhas. Assim, uma diminuição na atividade da ferroquelatase resulta em aumento do substrato, protoporfirina eritrocitária, nas células vermelhas ^{1,28,37}.

Os efeitos hematológicos do chumbo são os únicos para os quais as relações dose-resposta foram estabelecidas com exatidão e, por isso mesmo, pressupõe-se que a concentração de Pb-S represente a dose ao qual o indivíduo foi exposto. Dessa forma, várias das alterações hematológicas servem como testes para o diagnóstico de absorção excessiva: os efeitos sobre a síntese do heme fornecem indicadores de exposição ao chumbo na ausência de marcadores quimicamente detectáveis ^{2,5,37}.

Outras alterações morfológicas podem ser encontradas na contaminação por chumbo tais como degeneração segmentar das lâminas de mielina; bloqueio pré-sináptico; distúrbios nos vasos cerebrais e proliferação de células gliais nas massas cinzenta e branca ³⁹. O sistema gastrointestinal também pode ser alvo desta intoxicação ⁵, e podem ser verificadas manifestações clínicas hematológicas pela exposição ao Pb ⁴⁷.

Alguns estudos sustentam ainda que a exposição ao Pb possa estar associada a danos cromossômicos^{58,59,60}.

Um resumo dos principais efeitos sobre a saúde relacionados ao Pb pode ser verificado na tabela 2.

Tabela 2 - Principais efeitos sobre a saúde relacionados ao Pb e os respectivos órgãos críticos

Efeitos sobre a saúde	Órgãos críticos	Efeitos adversos	Ref
Neurológicos	Sistema nervoso central, periférico e autônomo	Encefalopatia aguda e crônica; neuropatia periférica	61-69
Hematológicos	Sangue	Anemia	70-77
Endócrinos	Tecidos ósseos e sangue	Prejuízo aos rins e ao desenvolvimento das células, dentes e ossos. Possíveis danos à tireóide	78-80
Crescimento	Ossos	Crescimento reduzido	81-84
Renais	Rins	Nefropatia e gota saturníca	85-88
Reprodutivos e de Desenvolvimento	Sistemas reprodutores masculino e feminino	Fertilidade reduzida, grande probabilidade de abortos espontâneos, contagem reduzida de esperma e motilidade; teratogênico em animais	89-100
Carcinogênicos	Rins e células do DNA genômico	Carcinogênico para os animais e envolvimento epigenético na expressão do gene alterado	9, 10, 101, 102
Cardiovasculares	Sistema cardiovascular	Provável aumento na pressão sanguínea, lesões cardíacas e eletrocardiogramas anormais	67, 88, 103-107
Gastrointestinais	Trato gastrointestinal	Cólica	1, 28, 30, 57
Hepáticos	Fígado	Capacidade funcional reduzida do citocromo P-450 para metabolizar drogas	28, 57, 108, 109

Fonte: Adaptado de Moreira e Moreira (2004)²⁷.

5 ARMAS DE FOGO, MUNIÇÕES E CARACTERÍSTICAS

5.1 ARMAS DE FOGO

Genericamente, arma é todo o instrumento destinado ao ataque e à defesa. Para a criminalística, arma de fogo é todo o engenho constituído de um conjunto de peças com finalidade de lançar um projétil no espaço pela força de propulsão (gases provenientes da queima da carga de projeção) ¹¹⁰.

As armas de fogo podem ser classificadas, entre outros, pelos seguintes critérios: alma do cano (lisa ou raiada), tipo (de porte, portáteis ou não portáteis), funcionamento (automáticas, semi-automáticas ou de repetição), emprego (individuais ou coletivas), modo de carregar (antecarga ou retrocarga), modo de percussão (de pederneira, de espoleta ou de percussão direta no cartucho), calibre (diâmetro interno do cano da arma, tomado na sua boca, medido entre dois “cheios”, que são os espaços que separam uma raia da outra) ^{110,111}.

As armas mais comumente encontradas são os revólveres, as pistolas semi-automáticas e as armas de caça ¹¹⁰, sendo que os grupos de criminosos normalmente encontrados nas grandes cidades, como o Rio de Janeiro, utilizam ainda armamentos de grande calibre e automáticos como fuzis e metralhadoras.

5.2 MUNIÇÕES

A munição das armas carregadas por retrocarga, as mais usadas, normalmente

é conhecida como “cartucho” (Figura), e é constituída por quatro elementos básicos: estojo, cápsula ou bainha; espoleta ou escorva; carga ou pólvora e projétil ¹¹².

Projétil é qualquer sólido que pode ser ou foi arremessado, lançado. No universo das armas de fogo, o projétil é a parte do cartucho que será lançada através do cano, basicamente é confeccionado com chumbo e pode ser dividido em ponta, corpo e base ¹⁵.

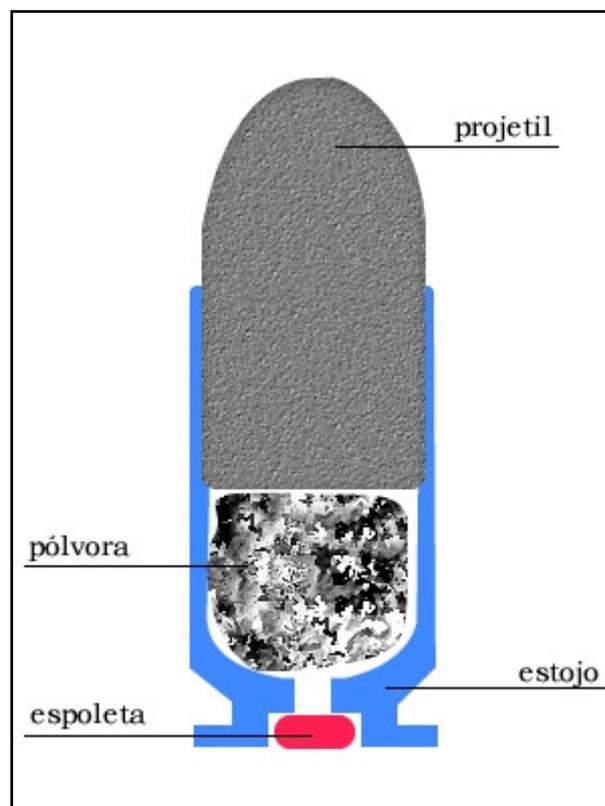


Figura 2 - Composição interna de um cartucho
Fonte: Sato, 2003 ¹¹².

A Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC) usa, atualmente, em seus cartuchos, misturas iniciadoras da espoleta à base de estifinato de chumbo $[PbO_2H(NO_2)_3]$, nitrato de bário $[Ba(NO_3)_2]$, trissulfeto de antimônio $[Sb_2S_3]$, tetrazeno $[N_4H_4]$ e alumínio $[Al]$ ¹¹³. A presença de chumbo nesta mistura provoca a elevação das concentrações de chumbo no ar e em objetos ou partes do corpo humano próximos à arma no momento do disparo.

Os projéteis inteiramente de chumbo são confeccionados exclusivamente com ligas deste metal e podem ser encontrados em diversos tipos para usos variados (ogival, ogival ponta plana, semi-ogival, ponta oca, etc). São mais comumente encontrados no comércio (e com os marginais) por serem mais baratos do que os outros modelos de projéteis, desgastam menos os canos das armas e normalmente são usados em armas de calibre menor e que apresentam velocidade inicial baixa, como revólveres (calibres .22, .32, .38, .380 auto, etc) e pistolas (calibres .40, .45, 9 mm Luger, etc) ^{15,16}. Até 1986 a CBC produzia os projéteis com chumbo puro. A partir daquele ano, todos os projéteis CBC são produzidos com uma liga de chumbo, composta em grande parte por chumbo e um elemento endurecedor, o antimônio, na porcentagem de 1 a 2,5 % ^{16,113}.

Os projéteis conhecidos como encamisados (ou jaquetados) (Figura 3) são projéteis construídos por um núcleo recoberto por uma capa externa chamada camisa ou jaqueta. A camisa é normalmente fabricada com ligas metálicas como cobre e níquel; cobre, níquel e zinco; cobre e zinco; cobre, zinco e estanho ou aço. O núcleo é constituído geralmente de chumbo praticamente puro, conferindo a massa necessária e um bom desempenho balístico. Estes tipos de projéteis podem ser impelidos a velocidades superiores àquelas dos projéteis comuns de chumbo e são menos sujeitos a deformações. Os projéteis encamisados são mais caros, provocam maior desgaste dos canos dos armamentos e são mais usados em armas de calibre maior e / ou que apresentam velocidade inicial elevada (fuzis, metralhadoras e pistolas semi-automáticas de calibres maiores) ^{15,16}.

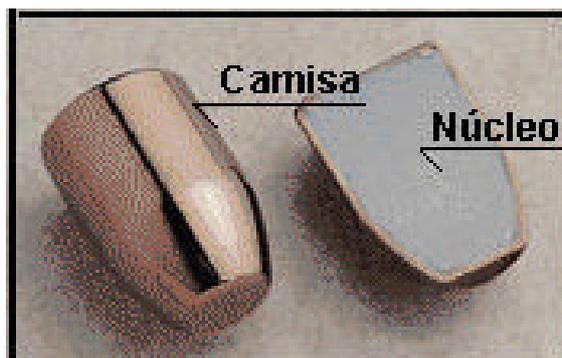


Figura 3 - Composição interna de um projétil encamisado
Fonte: Castro, s.d. ¹⁵.

Atualmente, fruto de pesquisas e novas necessidades, existem projéteis especiais fabricados com material diferente do chumbo como o cobre (*copper bullet*), ou a munição “*silver point*” ou “*gold*”, que normalmente são caracterizados por apresentarem características como ponta oca e camisa de “*tombac*” (liga de cobre e latão), o que garante perfeita expansão e ideal penetração sem a transfixação do alvo, fazendo com que toda energia balística gerada seja transmitida para o alvo. Estas munições são normalmente usadas por forças armadas e forças policiais, sendo de difícil acesso pela população civil, incluindo o chamado “mercado negro” ¹⁶.

Os projéteis de calibre e velocidade inicial menores têm grande possibilidade de não atravessar o corpo humano, pois, por sua capacidade de expansão no momento do impacto, principalmente as munições de ponta oca, apresentam grande poder de parada (*stopping power*), formando um “cogumelo” e causando um choque traumático muito grande. Nestes casos, mesmo os projéteis encamisados permitem o contato direto do chumbo com o organismo atingido, como se pode verificar na Figura 4 ¹⁶.



Figura 4 – Munições encamisadas e projéteis após impacto em gelatina balística
Fonte: Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC) ¹⁶.

Projéteis de armamentos de calibre maior e (ou) de velocidade inicial elevada normalmente atravessam o corpo humano, sendo, na maior parte das vezes, causador do óbito pelos grandes estragos causados no organismo.

Normalmente os criminosos utilizam projéteis inteiramente de chumbo e munições recarregadas por eles mesmos, dada a dificuldade de obtenção lícita de munição. Neste sentido, os indivíduos alvejados por marginais comumente possuem em seus corpos projéteis feitos integralmente com chumbo. As forças armadas e policiais, bem como desportistas autorizados, utilizam munição especial, na maioria das vezes importada legalmente.

5.3 ABSORÇÃO DO CHUMBO DAS MUNIÇÕES

O potencial de absorção do chumbo em humanos possuidores de projétil alojado parece estar relacionado com fatores como a área de superfície de chumbo exposta para dissolução, a localização do projétil de chumbo no corpo, e o período de tempo em que os tecidos estão expostos ao chumbo absorvível, entre outros ¹¹⁴.

Sujeitos com histórico de projéteis ou fragmentos retidos e sintomas de

intoxicação por chumbo devem ter uma avaliação clínica completa e os níveis de chumbo no sangue monitorados constantemente. A fisiopatologia da absorção de chumbo dos projéteis retidos ainda não é bem explicada, porém muitos fatores parecem contribuir para o aumento dos níveis de chumbo sanguíneos dos sujeitos com projéteis alojados. A fragmentação do projétil aumenta a superfície de contato e, conseqüentemente, a absorção do chumbo, já tendo sido relatados aumentos dos níveis de chumbo no sangue na ordem de 25,6% devido à fragmentação ¹¹⁵.

A correlação entre a localização do projétil e toxicidade do chumbo já foi explorada em alguns trabalhos. Interfaces sinoviais e ósseas, fraturas ósseas (especialmente do tórax), e o contato com os líquidos sinovial, pleural e cefalorraquidiano têm sido associados a elevadas taxas de absorção e toxicidade do chumbo. Nestes casos, tanto a fragmentação do projétil quanto a proximidade destes fragmentos de uma grande articulação parecem desempenhar papel importante no aumento dos níveis de chumbo no sangue ^{115,116,117}.

Alguns casos de intoxicação por chumbo resultante de ferimentos por munição já foram relatados na Europa. A maioria dos casos documentados de saturnismo relacionados a munições nos Estados Unidos envolve dissolução de um único projétil de chumbo pelo líquido sinovial ao longo de vários anos. As características solventes do líquido sinovial associadas à artrite local aparentemente são fatores importantes na dissolução e absorção do chumbo dos projéteis localizados nas articulações e suas proximidades ^{114,117}.

A vigilância para os sujeitos com projéteis ou fragmentos alojados deve ser baseada nas características de alto risco mencionadas anteriormente e no potencial de intervenção cirúrgica. A remoção dos projéteis e / ou fragmentos advindos de ferimentos por arma de fogo não é uma prática muito comum, mas deve ser considerada a realização de consultas com toxicologista e cirurgião para a determinação da relação

custo / benefício de uma cirurgia para remoção daquela fonte endógena. Crianças com projéteis e / ou fragmentos alojados devem ser ainda mais monitoradas dadas as suas características e os potenciais prejuízos à saúde, que parecem ser mais evidentes nelas

115,118 .

6 INDICADORES BIOLÓGICOS

Os indicadores biológicos, também chamados de biomarcadores, são parâmetros que refletem o comportamento e as interações ocorridas entre o toxicante e o sistema biológico por apresentarem sensibilidade e especificidade para esta interação, permitindo, assim, estabelecer um vínculo causal entre a presença do xenobiótico e a alteração dela decorrente^{27,30,53,119,120}. São classificados em três tipos^{53,121}:

- de exposição ou dose interna - confirmação ou estimativa da exposição individual ou de um grupo a uma determinada substância;
- de efeito - registro de alterações pré-clínicas ou efeitos adversos à saúde;
- de suscetibilidade - avaliação da intensidade da resposta apresentada pelos indivíduos expostos.

6.1 BIOMARCADORES PARA O CHUMBO

Inúmeros testes mostram a ocorrência de exposição ao chumbo, que pode ser determinado em sangue, urina, tecidos moles, ossos e dentes. Apesar dos indicadores de dose interna tais como sangue total, plasma e urina, e os de efeito, ácido delta aminolevulínico na urina (ALA-U), ácido delta aminolevulínico desidratase (ALAD), zinco protoporfirina (ZPP) e protoporfirina eritrocitária (PE), serem muito utilizados, todos tem algum tipo de limitação²⁷.

Existem, ainda, os indicadores de susceptibilidade, que se referem a limitações inerentes à sensibilidade do organismo exposto, influenciando na capacidade de

responder à exposição e nas características desta resposta ¹²². Estes indicadores são considerados como ferramentas complementares no processo de avaliação de risco, fornecendo dados que podem ser usados para prever o desenvolvimento de doenças e para implementação de programas de prevenção dessas doenças ¹²³.

A importância da utilização dos indicadores de susceptibilidade na execução e interpretação de programas de monitoração da exposição de populações a substâncias químicas está na consideração da questão da variabilidade interindividual ¹²⁴. As demais classes de indicadores, embora forneçam de maneira precoce informações acerca do processo de desenvolvimento de doenças provenientes de exposições, não levam em consideração os determinantes genéticos que podem conferir susceptibilidade diferenciada a indivíduos sujeitos a níveis de exposição semelhantes ¹²⁵.

São exemplos de indicadores de susceptibilidade os polimorfismos genéticos de enzimas envolvidas no metabolismo de substâncias tóxicas ¹²⁶. Pesquisadores de diversas instituições têm investigado genes que, por possuírem múltiplos alelos, determinam polimorfismos metabólicos ^{127,128}. Por exemplo, o polimorfismo da enzima ácido δ-aminolevulínico desidratase pode ser responsável por diferentes intensidades de efeitos do chumbo, sendo os portadores do alelo 1 mais sensíveis à diminuição da atividade da enzima com o conseqüente incremento dos efeitos ^{129,130}. Os aductos de macromoléculas, por seu lado, podem também ser entendidos como indicadores de susceptibilidade, já que a sua formação tem provavelmente uma base genética ¹³¹.

Alguns dos indicadores de exposição mais utilizados para determinação da concentração de Pb são: sangue, plasma/soro, saliva, ossos, dentes, fezes e urina. Para Barbosa e colaboradores ¹³², nenhum desses biomarcadores é uma alternativa unânime para o Pb-S, devido, em parte, a dados com base em errôneos ou duvidosos protocolos de análises, que não levam em consideração variáveis de confundimento. Porém, dependendo do objetivo de cada pesquisa, um biomarcador será o mais indicado. Por

exemplo, ser deseja-se pesquisar a quantidade ingerida de Pb e que não foi absorvida, provavelmente as fezes serão o melhor indicador, se o objetivo for determinar a concentração de Pb armazenada no organismo, os melhores indicadores serão os ossos ou os dentes. Se a análise dos tecidos ósseos for inviável, seja pela ausência do caro equipamento, seja pelo custo deste tipo de análise, o plasma poderá ser utilizado, pois este possui uma ótima correlação com aqueles tecidos.

6.2 INDICADORES BIOLÓGICOS DE EXPOSIÇÃO AO CHUMBO

O indicador biológico é capaz de indicar uma exposição ambiental acima do limite de tolerância, porém, isoladamente, é desprovido de significado clínico ou toxicológico próprio, não sendo possível estabelecer diagnósticos ou associações entre a concentração sanguínea de Pb e efeitos ou disfunções no sistema biológico investigado. O sangue, apesar das limitações inerentes a todos os indicadores¹³³, ainda é o indicador mais recomendado para verificação da exposição total de Pb em casos de exposição crônica recente²⁷, embora não estabeleça relação entre a concentração de Pb no fluido biológico e os efeitos sistêmicos nos seres humanos^{30,38,53}.

A espectrometria de absorção atômica eletrotérmica (ET AAS) é uma técnica sensível, precisa e bastante utilizada para determinação da concentração de Pb em fluidos biológicos^{30,43,49,53,134,136}. Inúmeras pesquisas a respeito do Pb nos diversos fluidos biológicos são realizadas com a ET AAS. Moreira e Neves (2008) usaram esta técnica para determinar a concentração de chumbo no sangue e na urina de pessoas expostas ambiental e ocupacionalmente no estudo de correlação entre estes indicadores⁴³. Outros pesquisadores usaram a ET AAS para determinação da concentração de chumbo no leite e no colostro maternos^{136,137}, esmalte dentário¹³⁸ e, os trabalhos que mais a utilizaram foram aqueles que avaliaram os níveis de chumbo no sangue^{20,139}.

6.2.1. Urina

A determinação da concentração do chumbo na urina (Pb-U) tem sido usada como teste de exposição em saúde ocupacional, já que reflete uma exposição atual ^{1,27}.

Estudo recente relatou forte correlação entre o Pb-U e o Pb-S, não aconselhando, todavia, a utilização do Pb-U como preditor direto dos valores de Pb-S, em virtude da grande variabilidade das razões dos indicadores inter-individuais. Entretanto, a utilização do Pb-U como teste para avaliação da contaminação de trabalhadores por chumbo tem como vantagem evitar que estes sejam submetidos a exames invasivos periódicos, uma vez que esse tipo de amostra não traz desconforto ao trabalhador e apresenta maior facilidade na coleta, armazenamento, transporte e manuseio. A urina pode ser utilizada em substituição ao sangue para avaliação da exposição ocupacional a este metal. Contudo, no caso da exposição ambiental, recomenda-se cautela nessa substituição, devendo-se utilizar o chumbo urinário como uma estimativa do conteúdo do metal no sangue ⁴³.

6.2.2 Sangue

A determinação do Pb-S é o biomarcador de exposição a este metal mais amplamente utilizado. É o teste de rastreamento e diagnóstico mais útil para esta exposição ^{1,27}. Contudo, uma única determinação de Pb-S não pode distinguir entre exposição intermediária ou crônica de baixo nível e exposição aguda de nível elevado, devido à mobilização cíclica do chumbo entre o sangue e o osso. Os dois tipos de exposição poderiam resultar no mesmo nível de Pb-S por causa da repetição do ciclo a partir do osso. Por isso, a concentração de chumbo em sangue não é indicada como

medida exata da exposição ao metal ou do conteúdo corpóreo total do mesmo, devido aos processos interferentes de transferência, mobilização e armazenamento entre os diferentes compartimentos do corpo. Assim, o nível de chumbo no sangue reflete um equilíbrio dinâmico entre absorção, excreção e depósito nos compartimentos de tecidos moles e duros, enquanto que, para exposições crônicas, subestima o conteúdo corpóreo total ⁴².

Apesar de o Pb-S ser utilizado como medida padrão no monitoramento biológico da exposição ocupacional a este metal, as experiências no campo reforçam a idéia de que freqüentemente a amostragem de sangue não é uma atividade de fácil realização. Crianças e, até mesmo, alguns adultos têm dificuldades em permitir a coleta por inúmeras razões, tais como: medo, presença de tecido adiposo ao redor das veias, entre outras ⁴³.

6.2.3 Plasma/soro

A concentração de Pb no plasma (Pb-P) parece representar um índice mais relevante da exposição, distribuição, e riscos à saúde associados com Pb do que o Pb-S. Do ponto de vista fisiológico, pode-se assumir que os efeitos tóxicos do chumbo são principalmente associados com o Pb-P, pois esta fração é a mais rápida nas trocas do compartimento sanguíneo. Nos últimos anos, grande atenção tem sido dada para o monitoramento da concentração de chumbo no plasma (ou soro). No entanto, as investigações sobre as associações entre Pb-P e os resultados toxicológicos ainda são bastante raras, e ainda permanece um lapso significativo no conhecimento ¹³².

Aproximadamente 95% do chumbo no sangue estão ligados aos eritrócitos, não sendo, por isso, facilmente dispersados. O chumbo no plasma (5% do conteúdo total do sangue) é composto de duas frações: uma ligada às proteínas do plasma e a outra,

dispersa. Provavelmente, esta última fração é o centro metabolicamente ativo do depósito de chumbo no organismo e fornece a melhor aproximação do conteúdo de chumbo biologicamente efetivo^{27,140}. Porém, a variação natural na partição relativa (%) do chumbo entre sangue total e plasma é de 2 a 4 vezes para um determinado nível deste elemento no sangue total e reflete as diferenças inerentes aos indivíduos, contanto que técnicas limpas e sensíveis sejam usadas para coleta e análise das amostras, respectivamente^{27,141}.

As baixas concentrações de chumbo no plasma fazem com que estas medidas sejam extremamente difíceis, particularmente em baixas concentrações de Pb-S (menos de 20 µg dL⁻¹). Entretanto, usando técnicas analíticas mais sensíveis, estudos recentes têm mostrado que as concentrações de chumbo no plasma podem se correlacionar mais fortemente com os níveis de chumbo no osso do que as concentrações de chumbo em sangue^{27,30}.

6.2.4 Saliva

A saliva tem sido proposta como uma fonte de diagnóstico para diversas finalidades, uma vez que pode ser facilmente coletada¹⁴². No entanto, geralmente não é aceita como biomarcador confiável de exposição ao Pb, devido à ausência de medições consistentes e confiáveis do chumbo salivar. A saliva apresenta grandes variações em seu conteúdo de íons ao longo do dia, e também mudanças nas taxas de fluxo salivar antes, durante e depois das refeições. Variações também podem surgir dependendo da forma em que a coleta de saliva é estimulada (ou não), e de acordo com o estado nutricional e hormonal de cada indivíduo¹³².

As alterações nas taxas de fluxo salivar, a falta de materiais de referência ou certificados, e ausência de valores de referência confiáveis para as populações humanas

são os principais fatores que limitam a utilidade de medidas de saliva Pb. Além disso, os níveis muito baixos de chumbo presentes na saliva ajudam a limitar o leque de métodos analíticos adequados, diminuindo ainda mais a utilidade e confiabilidade desse biomarcador para a predição da exposição ao Pb^{132,143,144,145,146}.

6.2.5 Ossos e dentes

O chumbo pode ser medido nos dentes e ossos, que refletem exposição de longo prazo, por fluorescência de raios-X (camadas K e L), porém este método ainda não está amplamente disponível. A acuracidade e precisão das medidas de chumbo no osso *in vivo* usando fluorescência de raios X de camada L (FRXL) foram comparadas com aquelas das medidas independentes de chumbo no osso, obtidas por espectrometria de absorção atômica eletrotérmica, após digestão ácida. A concordância entre FRXL e ET AAS foi razoavelmente boa para o osso exposto, mas pobre para a perna íntegra. A variabilidade das medidas por FRXL foi grande para ambas as amostras, o que gera sérias suspeitas sobre o seu uso analítico *in vivo*^{27,147}.

6.2.6 Outros biomarcadores

O cabelo é uma amostra biológica de fácil coleta e não invasiva, com custo mínimo, sendo facilmente armazenado e transportado para análise laboratorial. Estes atributos fazem com que o cabelo seja um substrato atraente para biomonitoramento, pelo menos, superficialmente. Muitos têm sugerido o seu uso para avaliar a exposição ao Pb, uma vez que o metal também é excretado por esta via. Essas propostas surgem particularmente nos países em desenvolvimento, onde os serviços laboratoriais especializados nem sempre estão disponíveis e os recursos são limitados¹⁴⁸. No entanto,

existe um amplo debate sobre as limitações do cabelo como biomarcador de exposição aos metais em geral. Existem muitas questões relativas ao Pb, tais como as preocupações pré-analítica para controle de contaminação, amostragem e os intervalos de referência, que também se aplicam a outros metais ^{132,149,150,151,152}.

Como o cabelo, as unhas possuem muitas vantagens superficiais como biomarcador para exposição ao Pb, especialmente porque a coleta é não-invasiva e simples, assim como as amostras de unha são bastante estáveis após a coleta, não exigindo condições especiais de armazenamento. A concentração de Pb na unha é considerada um reflexo da exposição a longo prazo, pois esse compartimento fica isolado de outras atividades metabólicas do corpo ¹⁵³. Uma vez que as unhas dos pés são menos afetadas pela contaminação ambiental exógena do que as unhas das mãos, aquelas têm sido preferidas para estudos de exposição ao Pb. As unhas dos pés têm uma taxa de crescimento menor do que as da mão (até 50% mais lenta, especialmente no inverno) e, portanto, podem fornecer uma melhor medição da exposição ao Pb ¹³².

A concentração de Pb nas unhas parece depender da idade do sujeito ¹⁵⁴, porém parece não depender do sexo ^{155,156}.

Até o momento, diversos dados foram obtidos com base na utilização de biomarcadores alternativos no monitoramento da exposição ao chumbo. No entanto, ainda não está claro se estes resultados são melhores do que as informações obtidas a partir de medições de Pb-S. Obviamente, muitas das limitações identificadas nestes biomarcadores deverão ser esclarecidas antes que estas alternativas possam ser aceitas como indicadores confiáveis da exposição ao Pb. Atualmente, a medição de Pb-S ainda é o indicador mais confiável da exposição ao Pb recente, apesar de que a medição em série do Pb-S pode oferecer uma avaliação melhor das flutuações temporais da absorção de Pb ¹³².

6.3 EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

Existem duas maneiras pelas quais o chumbo pode estar presente em variados níveis no organismo: por meio da contaminação ambiental ou pela exposição ocupacional ^{157,158}. A exposição ocupacional é o principal modo pelo qual ocorre a absorção excessiva de chumbo em adultos. Medidas preventivas têm diminuído o número de casos de contaminação por chumbo nos países desenvolvidos, porém as conseqüências dos longos períodos de exposição em trabalhadores assintomáticos não são totalmente conhecidas ¹⁵⁷.

6.3.1 Limites de exposição ocupacional

Sabendo-se que o grau de toxicidade de agentes químicos presentes no ar ou em uma fonte endógena depende, entre outros fatores, da sua concentração, da via de absorção e do tempo de exposição e que, muitas vezes, é impossível evitar a exposição a essas substâncias no ambiente de trabalho, foram estabelecidos valores-limites para a exposição ocupacional a substâncias químicas, entre elas o chumbo. O objetivo desses limites é manter as concentrações ambientais em níveis abaixo dos quais, o risco de agravo à saúde do trabalhador seja minimizado, tendo sido obtidos a partir do estudo das relações dose-efeito e dose-resposta para a exposição humana ao Pb e seus compostos ^{30,37,159}. As unidades de medida de concentração mais comumente empregadas na caracterização dos limites de exposição são **mg m⁻³** e **µg m⁻³** no ar ou de **mg dL⁻¹** e **µg dL⁻¹** para os fluidos biológicos, variando de acordo com o metal analisado e a concentração normalmente encontrada em cada matriz. Para comparação dos valores recomendados com os resultados obtidos no estudo, esta pesquisa adotou a unidade **µg dL⁻¹**, mundialmente utilizada para o Pb-S.

No Brasil, em 1978, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) elaborou normas regulamentadoras da exposição ocupacional a produtos tóxicos, dentre eles o chumbo: as NRs nº 7 e nº 15. A NR-7 identifica os agentes químicos nocivos à saúde humana e estabelece parâmetros para controle biológico da exposição ocupacional a esses produtos através da análise do indicador biológico adequado (Tabela 3) ¹⁶⁰.

Segundo a NR-7, limite de exposição ocupacional consiste no “valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição”. Nas situações em que os resultados se encontram acima do limite de exposição ocupacional (LEO), torna-se necessária a implantação de medidas de controle e/ou modificação. Estes limites levam em conta a concentração da substância, a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) e as medidas de higiene industrial ^{160,161}.

A NR-7 estabelece $40 \mu\text{g dL}^{-1}$ como o valor de referência de normalidade (VR) para o chumbo no sangue, ou seja, valor possível de ser encontrado em populações não expostas ocupacionalmente. Convencionalmente, o VR equivale à metade do valor estabelecido como limite para exposição ocupacional. Para a Comunidade Européia (CE), o valor de $35 \mu\text{g dL}^{-1}$ é considerado como referência para a população em geral, não exposta ocupacionalmente ao Pb ^{160,162}.

Com relação à exposição ocupacional, a NR-7 estabelece o índice biológico máximo permitido (IBMP) de $60 \mu\text{g dL}^{-1}$, valor máximo de referência que, supostamente, não oferece risco de danos à saúde da maioria das pessoas ocupacionalmente expostas e que, se ultrapassado, caracteriza a exposição excessiva ¹⁶⁰. O valor de $30 \mu\text{g dL}^{-1}$ de sangue é o VR recomendado pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH[®]) para trabalhadores expostos ao Pb ¹⁶³.

A ACGIH[®] utiliza um Pb-S de referência de $10 \mu\text{g dL}^{-1}$ para crianças e de $30 \mu\text{g dL}^{-1}$ para adultos, sendo o limite máximo (MLL) de $50 \mu\text{g dL}^{-1}$ (tabela 3). Contudo,

embora tenham estabelecido parâmetros, as agências reguladoras norte-americanas também deixam claro que nenhuma quantidade de exposição ao Pb é totalmente segura ^{9,164}.

Nos Estados Unidos existem, ainda, outras agências federais que editam e aplicam regulamentações sobre segurança e saúde ocupacional para empresas e indústrias instaladas no país. O órgão responsável por regulamentar a segurança e a saúde no ambiente de trabalho, a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), recomenda afastamento do profissional com concentrações acima de 50 $\mu\text{g dL}^{-1}$ e retorno às atividades apenas quando as concentrações estiverem abaixo de 40 $\mu\text{g dL}^{-1}$ ¹⁶⁵. Se concentrações de chumbo em sangue total estiverem entre 40 e 50 $\mu\text{g dL}^{-1}$, recomenda-se monitoração mensal. A partir de correlação clínica, determinação de fatores de exposição e concentração sanguínea acima de 60 $\mu\text{g dL}^{-1}$, pode-se instituir terapia de quelação ¹⁶⁶. O *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), órgão do *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) estabelece como seguro o limite de 10 $\mu\text{g dL}^{-1}$ para exposição ao Pb, considerado normal para a população em geral, não exposta (tabela 3) ¹⁶³.

Na Europa, a proteção aos trabalhadores contra riscos químicos é regulada pela CE, através do *Scientific Committee on Occupational Exposure Limits* (SCOEL), que estabelece limites de exposição ocupacional a agentes químicos, bem como valores-limites biológicos. Para o Pb inorgânico é preconizado um Pb-S de 35 $\mu\text{g dL}^{-1}$ ¹⁶².

Assim como a ACGIH[®], que reconhece a existência de variação na resposta biológica a uma determinada substância química, independentemente da concentração dessa substância no ambiente, vários autores argumentam que, ao estabelecerem limites de exposição, as normas regulamentadoras não levam em consideração fatores que deixam os indivíduos mais suscetíveis aos efeitos da exposição, tais como fontes adicionais de exposição, a possibilidade de uma diminuição da resistência devido a

baixos níveis de cálcio na dieta, a existência de doenças crônicas e de condições especiais (crianças, mulheres grávidas e pessoas idosas) que fragilizam o sistema imunológico e ainda a predisposição genética^{53,167,168}.

Parece ser consenso na comunidade científica que os valores usados como referência atualmente devem ser reduzidos, principalmente porque já foi comprovado que doses entre 5 e 10 $\mu\text{g dL}^{-1}$ de chumbo no sangue, consideradas pequenas, de acordo com as normas vigentes, já indicam exposição acima do normal e estão relacionadas a vários efeitos^{2,4,7,17,20,27}.

Tabela 3: Limites do Pb-S, segundo instituição regulamentadora

AGÊNCIAS	LIMITES DE EXPOSIÇÃO ($\mu\text{g dL}^{-1}$)	COMENTÁRIOS
MTE	40 $\mu\text{g dL}^{-1}$ – 60 $\mu\text{g dL}^{-1}$	Indica exposição excessiva, e tem significado clínico ou toxicológico próprio
CDC/NIOSH	10 $\mu\text{g dL}^{-1}$	Crianças e população não exposta
OSHA	(*) 40 $\mu\text{g dL}^{-1}$ – (**) 60 $\mu\text{g dL}^{-1}$	* Causa de notificação escrita e exame médico ** Causa de afastamento médico da exposição
ACGIH®	30 $\mu\text{g dL}^{-1}$	Indica exposição ao valor limite (TLV)
SCOEL	35 $\mu\text{g dL}^{-1}$	Indica exposição ao valor limite (TLV)

Fonte: Brasil (1978)¹⁶⁰; ATSDR (2011)¹⁶³; SCOEL (1975)¹⁶⁹.

7 MATERIAIS E MÉTODOS

7.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi composta pelas Unidades da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ), localizadas na cidade do Rio de Janeiro e selecionadas pela corporação.

7.2 POPULAÇÃO DE ESTUDO

A Diretoria Geral de Saúde (DGS) da PMERJ listou 377 policiais militares que apresentaram afastamento crônico por lesão por perfuração por arma de fogo (PAF). Deste universo, 293 encontravam-se no serviço ativo, sendo que, para facilitar os contatos com os policiais alvejados e aumentar a possibilidade de encontrar aqueles que possuíam projétil (eis) alojado (s), a 1ª Seção do Estado-Maior Geral da PMERJ, optou por enviar ofícios para as Organizações de Polícia Militar (OPM) que contivessem pelo menos quatro daqueles feridos por PAF. Assim, chegou-se a 217 policiais, sendo que os demais se encontravam em menor número espalhados pelas OPM ou no interior do Estado do Rio de Janeiro.

Após a 1ª Seção ter enviado ofícios a todas as unidades que continham pelo menos quatro policiais que haviam sido alvejados, os voluntários foram centralizados por aquela Seção e seus contatos foram repassados ao pesquisador, que se encarregou de entrar em contato com aqueles policiais e de realizar os acertos necessários à coleta de

dados. Vale ressaltar que, em conversa informal com o Chefe da 1ª Seção, antes de serem enviados os ofícios para as OPM, o mesmo disse que deveria encontrar certa resistência dos policiais em participar do estudo, pois aqueles a quem ele conhecia e que possuíam projétil (eis) alojado (s) no corpo não se mostraram interessados em participar da pesquisa pelas recordações negativas que o evento continuava a lhes proporcionar.

Inicialmente foram realizados contatos pessoais com a direção do Hospital Central da Polícia Militar (HCPM), visando à informação a respeito da pesquisa, e o Comando Geral da PMERJ, por intermédio da DGS, permitiu a utilização das dependências daquele hospital, porém, as coletas de dados foram realizadas nas dependências da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do Exército Brasileiro (EsAO), com a finalidade de facilitar a logística das coletas.

A população de estudo foi composta por quinze voluntários. Os policiais alvejados por arma de fogo e que possuíam algum projétil alojado tiveram seus dados comparados com o grupo controle, formado pelo pessoal que alegadamente não foi alvejado por arma de fogo e nem teve contato ocupacional ou acidental com o chumbo.

7.2.1 Critérios de seleção da população

7.2.1.1 Inclusão

- 1) Concordância em participar do estudo e, para isso, foi assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B);
- 2) Policiais militares, da ativa, do sexo masculino, maiores de 18 anos;
- 3) Policiais alvejados por arma de fogo, que possuíam projétil (eis) alojado (s) em seus corpos; e
- 4) Policiais que nunca foram baleados, para comporem o grupo controle.

7.2.1.2 Exclusão

- 1) Menores de 18 anos;
- 2) Mulheres;
- 3) Policiais que estiveram em situações em que normalmente ocorre uma maior mobilização do Pb como nos estados fisiológicos e patológicos, que promovem a ressorção óssea tais como distúrbios no equilíbrio ácido-base, infecções, intervenções cirúrgicas, osteoporose, tirotoxicose, fraturas, e terapias com certas drogas, o que foi verificado pelos questionários; e
- 4) Policiais que sabidamente estiveram expostos ocupacional ou ambientalmente ao chumbo.

7.2.2 Aspectos éticos

Respeitando a Resolução N° 196/96 do Conselho Nacional de Saúde que trata dos “quatro referenciais básicos da bioética: autonomia, não maleficência, beneficência e justiça, entre outros, e visa assegurar os direitos e deveres que dizem respeito à comunidade científica, aos sujeitos da pesquisa e ao Estado”, este estudo obedeceu aos seguintes princípios:

- Todos os policiais militares participantes foram informados dos termos da pesquisa e, após livre concordância, assinaram em duas vias, antes do início dos procedimentos, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B), submetido e aprovado juntamente com o Projeto de Pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da ENSP/FIOCRUZ (Protocolo de Pesquisa CEP/ENSP – N° 02/10 –

CAAE: 0002.0.031.000-10; CONEP: FR-313690).

- A adesão à pesquisa foi voluntária, esclarecendo-se aos sujeitos que nenhum tipo de prejuízo seria imputado aos que não desejassem participar, seja em relação à pesquisa ou às instituições envolvidas. Após esclarecimentos sobre a pesquisa, foi solicitada a leitura e a assinatura do Termo de Consentimento (Anexo B). Toda a equipe envolvida na pesquisa assinou um Termo de Sigilo, em que se comprometeram a não divulgar quaisquer informações pessoais que pudessem identificar o sujeito.
- O estudo não envolveu riscos maiores do que aqueles proporcionados por uma coleta de sangue normalmente realizada para hemogramas ou análise de metabólitos ou taxas de componentes do sangue. No entanto, alguns sujeitos sentiram certo desconforto durante a coleta de sangue, não tendo sido necessária a realização da punção em mais de um local.
- O laudo com os resultados dos níveis de chumbo no sangue foi enviado a cada sujeito por e-mail ou pessoalmente, em envelope lacrado. Alguns sujeitos da pesquisa que apresentaram resultados de chumbo no sangue considerados elevados foram avisados, e encaminhados para o HCPM, para ser avaliado por médico devidamente capacitado.
- O relatório final da pesquisa foi repassado ao Comando Geral da PMERJ, e os resultados da mesma foram encaminhados individualmente aos sujeitos participantes.
- Todos os dados coletados nesta pesquisa são confidenciais e foi assegurado o sigilo sobre a participação do paciente. As informações foram codificadas, de forma a impossibilitar a identificação, e armazenadas no computador do pesquisador responsável, em arquivo

protegido por senha. Após o prazo de cinco anos, todos os registros (questionários e arquivos eletrônicos) da pesquisa, que se encontrarem de posse do pesquisador, serão destruídos. Cada sujeito recebeu uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, assinado pelo pesquisador responsável pela pesquisa com seu telefone e endereço institucional assim como do Comitê de Ética em Pesquisa da ENSP.

- Os materiais biológicos coletados foram usados na determinação da concentração do chumbo e descartados em seguida, segundo as normas de biossegurança. Já os dados provenientes dos questionários e dos resultados das análises das amostras, após tratamento estatístico, constam do corpo da dissertação e poderão fazer parte de artigos científicos. Entretanto, ficarão sob a guarda do coordenador do projeto por cinco anos, quando então serão destruídos.

7.3 EXPERIMENTAL

7.3.1 Coleta de dados

Um questionário foi aplicado aos indivíduos (Anexo A) que concordaram em participar do estudo, visando ao conhecimento das variáveis sócio-econômicas (questionário da Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa – ABEP)¹⁷⁰, mesclado com perguntas do questionário CAGE, validado, no Brasil, por Masur e Monteiro (1983)¹⁷¹, para buscar identificar a presença de alcoolismo crônico como variável de confundimento e do questionário Q16, para levantar possíveis efeitos da exposição ao chumbo, apesar destes questionários não serem instrumentos de diagnóstico.

O questionário foi basicamente formado por dados de identificação do sujeito e mais 46 perguntas simples que formaram sete blocos distintos: classe econômica (questões 1 e 2), características ocupacionais (questões 3 a 6), características da munição que o atingiu (questões 7 a 14), exposição ambiental ao chumbo (questões 15 a 21), exposição ao chumbo pelo fumo (questões 22 a 25), possibilidade de alcoolismo (questões 26 a 30), e sintomas neurológicos (questões 31 a 46).

As questões 1 e 2 estão relacionadas ao nível de escolaridade e à classe econômica. Tais itens, em conjunto com a identificação do sujeito e as características ocupacionais (questões de 3 a 6) serviram para descrever e caracterizar a população estudada ao mesmo tempo em que serviram para buscar esclarecer a intensidade do contato com munição no ambiente de trabalho.

Em relação às características da munição que o atingiu (questões 7 a 14), procurou-se descrever da melhor maneira possível as particularidades do projétil e/ou fragmentos e da localização dos mesmos. Desta forma, os itens relacionados à quantidade e tipo de projéteis alojados e o tempo em que os mesmos encontram-se no organismo foram fatores muito importantes na análise. Com relação ao calibre dos projéteis, por exemplo, foi considerada a massa em gramas de cada projétil (158g – .38) (124g – 9mm) e (200g – .45).

As questões 15 a 21 buscaram analisar a exposição ambiental referida ao Pb, tentando desta forma identificar possíveis fontes externas que pudessem interferir no Pb-S, tais quais o contato com outras formas de chumbo como morar em uma região potencialmente contaminada com Pb ou mesmo ter algum passatempo em que utilize o Pb com alguma frequência.

Em relação à exposição ao Pb pelo fumo, as perguntas de 22 a 25 buscaram identificar aqueles que poderiam ter no fumo outra fonte de contaminação. Analisando

estes itens pudemos caracterizar melhor o perfil de consumo de fumo e estabelecer as diferentes categorias de exposição pelo cigarro: pouco, médio ou muito exposto.

Os itens de 26 a 30 serviram para tentar identificar policiais que apresentam problemas relacionados ao uso abusivo de bebidas alcoólicas. Esta identificação foi necessária em virtude de o alcoolismo crônico geralmente apresentar sintomas e efeitos que podem ser confundidos com aqueles apresentados por sujeitos com alto Pb-S. Foram utilizadas as perguntas do questionário **CAGE**, que é resultado das palavras-chaves contidas em cada uma das quatro questões que o compõem (questões 27 a 30). Neste questionário as questões devem ser respondidas como sim ou não e respostas como "de vez em quando" são consideradas como sim. Considera-se um indivíduo como possível portador de problemas relacionados ao álcool se assinalar sim para pelo menos duas questões ^{53,172,173,174}.

- | | |
|------------------------------------|---|
| 27) C (<i>Cut-down</i>) | Alguma vez o Sr sentiu que deveria diminuir a quantidade de bebida alcoólica ou parar de beber? |
| 28) A (<i>Annoyed</i>) | As pessoas o aborrecem porque criticam o seu modo de tomar bebida alcoólica? |
| 29) G (<i>Guilt</i>) | O senhor se sente chateado consigo mesmo pela maneira como costuma tomar bebida alcoólica? |
| 30) E (<i>Eye-opener</i>) | O Sr costuma beber pela manhã para diminuir o nervosismo ou a ressaca? |

Por fim, as questões 31 a 46 foram perguntas do questionário **Q16**, composto por 16 questões que buscam identificar indivíduos com possíveis sintomas neurológicos relacionados à contaminação por substâncias neurotóxicas. Considera-se como suspeito de contaminação o sujeito que assinalar sim para pelo menos três questões ^{53,175,176}.

- 31) O Sr esquece facilmente das coisas?
- 32) Os seus familiares e/ou amigos têm falado que o Sr está esquecido?
- 33) Frequentemente o Sr esquece de realizar atividades que considera importantes (como desligar o fogão ou trancar a porta, etc)?
- 34) É difícil entender as notícias, programas e novelas que o Sr assiste na TV ou escuta no rádio?
- 35) O Sr tem frequentemente dificuldade para se concentrar?
- 36) O Sr se sente frequentemente irritado sem motivo ?
- 37) O Sr se sente frequentemente abatido ou triste sem motivo?
- 38) O Sr precisa fazer anotações sobre atividades que sabe que deve realizar?
- 39) O Sr se sente excessivamente cansado?
- 40) O Sr sente, às vezes, como se houvesse uma “pressão” sobre o peito?
- 41) O Sr tem a sensação de que vai cair ao estar de pé ou caminhando?
- 42) O Sr sente frequentemente pontadas dolorosas, dormência ou formigamento em alguma parte do corpo?
- 43) O Sr tem dificuldades para abotoar ou desabotoar botões?
- 44) O Sr sente que tem perdido forças nos seus braços ou nas suas pernas?
- 45) Quando o Sr acorda durante o sono, tem dificuldades de voltar a dormir?
- 46) O seu interesse sexual vem diminuindo?

Como o número de participantes era conhecido, os questionários foram impressos em quantidade equivalente. Após preenchimento pelos sujeitos da pesquisa, cada questionário foi acondicionado em um envelope lacrado e mantido sob a guarda do coordenador do trabalho, única pessoa que teve acesso às respostas dadas e à identificação dos participantes. Em todos os casos, o questionário foi autopreenchido.

7.3.1.1 Pré-teste

Com o objetivo de identificar possíveis erros na formulação do questionário que justificassem uma modificação da redação, alteração do formato ou mesmo exclusão da versão final, foi aplicada uma versão preliminar do questionário em um grupo de militares que exercem a sua profissão em ambiente e contexto semelhantes aos da pesquisa real.

O primeiro pré-teste foi realizado em uma unidade militar do Rio de Janeiro. Dez militares que não participariam da pesquisa aceitaram participar do pré-teste. Do total de 46 questões apresentadas, quatro não forneceram as respostas esperadas, mostrando necessidade de reformulação das perguntas.

Após reformulação das questões, o questionário foi novamente testado em um grupo de cinco militares diferentes daqueles que haviam respondido o questionário no primeiro teste. Dessa vez todas as questões mostraram-se compreensíveis e respondidas satisfatoriamente pelos participantes.

7.3.2 Coleta e conservação das amostras biológicas

A coleta do material biológico ocorreu nas instalações do Serviço de Saúde da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do Exército Brasileiro. Amostras de sangue total foram coletadas em tubos a vácuo heparinizados (7 mL) específicos para a determinação de elementos traço. Todos os tubos foram etiquetados com um código alfanumérico correspondente a cada indivíduo, para resguardar o anonimato dos mesmos, data e horário de coleta. As amostras foram conservadas a uma temperatura aproximada de -4°C , acondicionadas em posição vertical e posteriormente transportadas sob refrigeração para o Laboratório de Toxicologia do Centro de Estudos em Saúde do Trabalhador e

Ecologia Humana (CESTEH), onde permaneceram congeladas até a análise.

7.3.3 Instrumental

Foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica AAnalyst 800 equipado com corretor de fundo *Zeeman* e um amostrador automático AS 800, todos da *Perkin-Elmer (Norwalk, CT USA)*, além de tubos de grafite pirolítico com “*end cap*” (*Perkin-Elmer*). O comprimento de onda da lâmpada de catodo oco (*Perkin-Elmer*) de chumbo é de 283,3 nm e a largura da fenda é de 0,7 nm. A avaliação do sinal corrigido foi realizada por medidas de absorvância integrada (área de pico).

7.3.4 Descontaminação do material

Todo material plástico e vidraria utilizados ficaram imersos por um período mínimo de 24 horas em solução de *Extran (Merck, Elmsford, USA)* a 5% (v/v), enxaguados abundantemente em água corrente e novamente imersos por, pelo menos, 48 horas em solução de ácido nítrico (*Merck*) 10% (v/v), para descontaminação. Em seguida, foram lavados copiosamente com água ultra pura do tipo *Milli-Q (Millipore, Bedford, USA)* e secos a 40 °C em estufa. Até o uso, o material foi guardado devidamente protegido de contato com superfícies metálicas e de poeira ²⁷.

7.3.5 Reagentes e soluções

Todos os reagentes utilizados foram, pelo menos, de grau analítico (PA). Os padrões foram preparados diariamente por diluições apropriadas das soluções estoque de 1000 µg mL⁻¹ de chumbo (*Merck*) em ácido nítrico 0,2% (v/v), usando-se água

previamente purificada em sistema *Milli-Q (Millipore)* para as diluições.

Na preparação do modificador foi utilizada uma mistura de nitrato de magnésio 10 g L^{-1} e nitrato de paládio 10 g L^{-1} , também *Merck*, em ácido nítrico 0,2% (v/v), de modo a conter $15 \text{ }\mu\text{g}$ de Pb metálico e $10 \text{ }\mu\text{g}$ de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ em $10 \text{ }\mu\text{L}$ de solução dentro do forno.

7.3.6 Preparação das amostras

O sangue total foi diluído em *Triton X-100* 0,1% (v/v) (*Merck*) na proporção de 1+9 para a determinação de Pb.

7.3.7 Exatidão

A qualidade analítica dos resultados foi monitorada por intermédio de programas de controle interlaboratorial com o *Instituto Nacional de Seguridad y Higiene en el Trabajo* (Zaragoza, Espanha) e Instituto Adolfo Lutz (São Paulo, Brasil).

A exatidão dos resultados foi acompanhada por meio da análise, em cada série de amostras, dos seguintes materiais de referência, diluídos conforme sua concentração:

* *Contox Blood Lead Controls (Kaulson Laboratories, USA)*: $5 \pm 3 \text{ }\mu\text{g dL}^{-1}$ (LBO33RO2, *Low Level*), $25 \pm 4 \text{ }\mu\text{g dL}^{-1}$ (MB30REO2, *Medium Level*).

7.3.8 Tratamento estatístico

Foi utilizada a estatística descritiva para caracterizar os grupos e apresentar os valores da contaminação por Pb na população estudada e nos dois grupos. O Teste de Shapiro-Wilk foi usado para testar a normalidade dos dados analisados. Dos resultados

deste teste, concluiu-se que as variáveis analisadas da população estudada não seguiram a curva normal. Desta forma, foram realizados testes estatísticos não-paramétricos ^{43,177}. A correlação de Spearman, indicada para amostras pequenas e variáveis não paramétricas ^{53,178,179,180}, foi utilizada para identificar as possíveis correlações entre as variáveis: (1) tempo de exposição ao projétil, (2) vascularização da área onde o projétil está alojado, (3) calibre do projétil, (4) sintomas neurológicos, e (5) Pb-S, depois de aplicados os “índices de contaminação pelo Pb” formulados neste estudo, com os níveis de chumbo no sangue. O Teste de Mann Whitney foi realizado para verificar se existia diferença estatisticamente significativa na concentração de chumbo no sangue, e nos sintomas neurológicos entre os grupos exposto e controle. A regressão linear ¹⁸¹ foi utilizada para formular índices de contaminação por projétil(eis) alojado(s). O nível de significância adotado foi $p = 0,05$ e os *softwares* utilizados foram o *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 13.0 for Windows®* (SPSS Inc., Chicago, Estados Unidos) e *Microsoft Excel 2010*.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 POPULAÇÃO DE ESTUDO

A população de estudo foi composta por quinze policiais voluntários, todos do sexo masculino. Inicialmente, era oito o número de sujeitos que já haviam sido baleados e ainda possuíam projétil ou fragmentos alojados em seus corpos. Entretanto, um desses participantes indicou no questionário que teve o projétil extraído logo após o episódio. Por isso, foi retirado do grupo exposto e analisado isoladamente, uma vez que seu Pb-S, apesar de não ter sido tão elevado em relação à referência, foi 56,73% maior do que a maior concentração encontrada no grupo controle. Desta forma, a população final foi composta por dois grupos, com sete sujeitos cada.

8.2 CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO DE ESTUDO

8.2.1 Perfil antropométrico

O grupo componente da população de estudo possui idade média de $36,00 \pm 6,75$ anos de idade, $80,36 \pm 14,19$ quilogramas de massa corporal, altura média de $1,74 \pm 0,05$ metros. Os dados descritos acima, bem como os dados relativos aos grupos separadamente, podem ser encontrados na tabela 4.

Tabela 4 – Caracterização da população quanto à idade, massa corporal e altura

GRUPO	N	IDADE (anos)	MASSA CORPORAL (Kg)	ALTURA (m)
Controle	7	33,14 ± 6,31	80,29 ± 18,48	1,75 ± 0,06
Exposto	7	38,86 ± 6,31	80,43 ± 9,74	1,72 ± 0,03
População	14	36,00 ± 6,75	80,36 ± 14,19	1,74 ± 0,05

8.2.2 Perfil ocupacional

Da população estudada, 14,29% (2) eram capitães, que compuseram o grupo controle, 14,29% (2) primeiros-sargentos, sendo 1 em cada um dos grupos, 21,43% (3) segundos-sargentos, sendo 2 do grupo exposto e 1 do grupo controle, 21,43% (3) terceiros-sargentos, sendo 1 do grupo de exposto e 2 do grupo controle, 14,29% (2) cabos, que eram do grupo exposto, e 14,29% (2) eram soldados, sendo 1 de cada grupo (Tabela 5).

Tabela 5 – Caracterização da população quanto ao posto/graduação

POSTO / GRADUAÇÃO	CONTROLE		EXPOSTO		POPULAÇÃO	
	N	%	N	%	N	%
Capitão	2	28,57	----	00,00	2	14,29
1º Sargento	1	14,29	1	14,29	2	14,29
2º Sargento	1	14,29	2	28,57	3	21,43
3º Sargento	2	28,57	1	14,29	3	21,43
Cabo	----	00,00	2	28,57	2	14,29
Soldado	1	14,29	1	14,29	2	14,29
TOTAL	7	100	7	100	14	100

Os componentes da população de estudo possuíam 16,14 ± 7,10 anos de serviço na Polícia Militar. Os grupos exposto e controle possuíam 17,29 ± 7,54 e 15,00 ± 7,02 anos de serviço, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 – Caracterização da população quanto ao tempo de serviço na Polícia Militar

GRUPO	N	TEMPO DE SERVIÇO (anos)
Controle	7	15,00 ± 7,02
Exposto	7	17,29 ± 7,54
População	14	16,14 ± 7,10

8.2.3 Nível de escolaridade

Em relação ao nível de escolaridade, 14,29% dos sujeitos possuíam nível superior completo e fizeram parte do grupo controle, 71,43% possuíam superior incompleto, 7,14% o ensino médio incompleto, e 7,14% deles possuíam o ensino fundamental incompleto (Tabela 7).

Tabela 7 – Caracterização da população quanto ao nível de escolaridade

NÍVEL DE ESCOLARIDADE	CONTROLE		EXPOSTO		POPULAÇÃO	
	N	%	N	%	N	%
Superior Completo	2	28,57	-----	00,00	2	14,29
Superior Incompleto	4	57,14	6	85,71	10	71,43
Médio Incompleto	1	14,29	-----	00,00	1	7,14
Fundamental Incompleto	-----	00,00	1	14,29	1	7,14
TOTAL	7	100	7	100	14	100

8.2.4 Perfil econômico

O Critério de Classificação Econômica Brasil (CCEB), proposto pela Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP) ¹⁷⁰ é um instrumento de segmentação econômica que utiliza o levantamento de características domiciliares

(presença e quantidade de alguns itens domiciliares de conforto e grau escolaridade do chefe de família) para diferenciar a população. O critério atribui pontos em função de cada característica domiciliar e realiza a soma destes pontos. É feita então uma correspondência entre faixas de pontuação do critério e estratos de classificação econômica definidos por A1, A2, B1, B2, C1, C2, D, E. Em relação à classe econômica da população de estudo, encontramos 2 (14,29%) dos sujeitos pertencentes à classe A2, 7,14% da classe B1, 57,00% da classe B2, e 21,43% pertencentes à classe C1 (Tabela 8).

Tabela 8 – Caracterização da população quanto à classe econômica

CLASSE ECONÔMICA	CONTROLE		EXPOSTO		POPULAÇÃO	
	N	%	N	%	N	%
A2	2	28,57	-----	00,00	2	14,29
B1	-----	00,00	1	14,29	1	7,14
B2	4	57,14	4	57,14	8	57,00
C1	1	14,29	2	28,57	3	21,43
TOTAL	7	100	7	100	14	100

8.3 CHUMBO SANGUÍNEO

Os grupos exposto e controle apresentaram Pb-S de $10,49 \pm 9,62$ e $2,43 \pm 0,65$, respectivamente (Tabela 9). Uma vez que o desvio-padrão é um elemento estatístico que mede a variação ou dispersão entre valores analisados, o grande desvio-padrão encontrado no Pb-S do grupo exposto (9,62) expressa valores de Pb-S distantes uns dos outros, ou seja, dados bastante heterogêneos. Por sua vez, o pequeno desvio-padrão do grupo controle e sua proximidade de zero (0,65) indica dados menos dispersos e mais homogêneos neste grupo.

A análise das amostras de sangue dos policiais militares mostrou que havia presença de Pb neste fluido biológico de todos os indivíduos, embora em níveis abaixo

do VR de $40 \mu\text{g dL}^{-1}$ estabelecido pela NR-7 e de $30 \mu\text{g dL}^{-1}$ pela ACGIH[®], com exceção do sujeito 12, cujo Pb-S foi estatisticamente igual ao valor mínimo preconizado pela ACGIH[®]. A população apresentou concentrações mínima e máxima de $1,68 \pm 0,10 \mu\text{g dL}^{-1}$ e $29,94 \pm 1,92$, respectivamente (Tabela 9). A média de todas as amostras avaliadas foi $6,46 \pm 7,77 \mu\text{g dL}^{-1}$ com uma mediana de 3,59, variância de 60,41, erro padrão de 2,08 e amplitude de $28,26 \mu\text{g dL}^{-1}$ (Tabela 10).

Tabela 9 – Pb-S nos grupos

GRUPO	SUJEITO	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)
CONTROLE	1	$2,54 \pm 0,02$
	2	$1,89 \pm 0,13$
	3	$1,68 \pm 0,10$
	4	$3,49 \pm 0,10$
	5	$2,73 \pm 0,14$
	6	$2,84 \pm 0,11$
	7	$1,86 \pm 0,12$
	Média	$2,43 \pm 0,65$
EXPOSTO	8	$3,68 \pm 0,11$
	9	$6,10 \pm 0,42$
	10	$4,16 \pm 0,05$
	11	$16,54 \pm 0,71$
	12	$29,94 \pm 1,92$
	13	$7,78 \pm 0,03$
	14	$5,26 \pm 0,10$
	Média	$10,49 \pm 9,62$
POPULAÇÃO	Média	$6,46 \pm 7,77$

Tabela 10 – Estatística descritiva do Pb-S nas amostras de sangue da população estudada

CONCENTRAÇÃO Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)	CONTROLE	EXPOSTO	POPULAÇÃO
N	7	7	14
Mínima	1,68 \pm 0,10	3,68 \pm 0,11	1,68 \pm 0,10
Máxima	3,49 \pm 0,10	29,94 \pm 1,92	29,94 \pm 1,92
Média	2,43 \pm 0,65	10,49 \pm 9,62	6,46 \pm 7,77
Mediana	2,54	6,10	3,59
Variância	0,43	92,55	60,41
Erro padrão	0,25	3,64	2,08
Amplitude	1,81	26,26	28,26

A NR-7 estabelece **60 $\mu\text{g dL}^{-1}$ de Pb** como IBMP para a exposição ocupacional ao chumbo e até **40 $\mu\text{g dL}^{-1}$ de Pb** como valor de referência para a população em geral, não exposta ocupacionalmente ¹⁶⁰.

As concentrações de chumbo no sangue obtidas, particularmente no grupo exposto, estão abaixo dos limites preconizados pelo MTE (40 $\mu\text{g dL}^{-1}$), pela ACGIH[®] (30 $\mu\text{g dL}^{-1}$) e pelo SCOEL (35 $\mu\text{g dL}^{-1}$). Porém, a média daquele grupo foi maior do que o limite considerado seguro para as crianças e a população em geral preconizado pelo CDC/NIOSH (10 $\mu\text{g dL}^{-1}$) e demonstrou ser estatisticamente maior do que as taxas obtidas no grupo controle. Os valores do grupo exposto variaram entre 5,44 e 757,88% em relação à maior concentração obtida no grupo controle.

A *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) classificou três níveis de exposição ao chumbo baseados na taxa de Pb-S. É considerada baixa exposição ao chumbo, quando o nível desta substância em sangue está entre 10 e 20 $\mu\text{g dL}^{-1}$. Concentrações entre 21 e 60 $\mu\text{g dL}^{-1}$ predizem uma exposição moderada, enquanto que níveis de chumbo no sangue acima de 61 $\mu\text{g dL}^{-1}$ apontam para exposição elevada ¹⁸². De acordo com esta classificação, a média do Pb-S do grupo exposto ficou dentro da variação para baixa exposição ao metal, sendo que apenas um dos sujeitos se manteve

na faixa de exposição moderada (sujeito 12). Dentro dos limites da baixa exposição, também só apareceu um indivíduo (sujeito 11), visto que todos os outros ficaram abaixo de $10 \mu\text{g dL}^{-1}$. Já em relação ao grupo controle, todos os sujeitos se encontraram em faixa inferior àquela considerada como baixa pela ATSDR.

Alguns trabalhos, em sua maioria estudos de caso, apontaram concentrações de chumbo sanguíneo elevadas em sujeitos envolvidos de alguma forma com o chumbo das munições (Tabela 11). Porém, vários autores afirmam que os valores atualmente usados como referência para o Pb-S deveriam ser diminuídos, tendo em vista considerarem que os mesmos encontram-se elevados para a realidade atual e que níveis de Pb entre 5 e $10 \mu\text{g dL}^{-1}$ sugerem algum tipo de exposição e apresentam possibilidades de efeitos adversos à saúde ^{183,184,185}.

Tabela 11 – Pb-S advindos de fontes relacionadas a munições

LOCAL	FONTE	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)	REFERÊNCIA
Texas, EUA	Ferida por munição *	353	114
Texas, EUA	Projéteis alojados (projéteis, estilhaços, fragmentos, chumbo grosso)	40 - 525	186
Campinas, Brasil	Projétil alojado no quadril*	40,1	23
Flórida, EUA	Ingestão de 206 projéteis*	391	187
Saskatchewan, Canadá	Ingestão de “chumbinho” de espingarda de ar comprimido*	35 - 56	188
Texas, EUA	Projétil alojado próximo ao joelho*	113	117

* Estudo de caso.

Fonte: Adaptado de World Health Organization (WHO) (2006) ⁹.

A maioria dos casos relacionados a projéteis ou fragmentos apresentados na tabela 11 apresenta valores de Pb-S acima dos valores de referência em vigor, ao contrário do que foi encontrado nesta pesquisa. Porém, a comparação entre os valores

do grupo exposto e do grupo controle, de acordo com o teste de Mann-Whitney, indicou diferença significativa entre os grupos ($z = -3,130$ e $p = 0,002$) demonstrando, assim, que na comparação entre sujeitos de um grupo relativamente homogêneo como o que foi analisado neste trabalho, não deve ser levada em consideração a comparação isolada dos valores obtidos com os limites de referência. Outras variáveis devem ser analisadas em conjunto.

Em comparação com categorias profissionais expostas ocupacionalmente ao chumbo proveniente de armas de fogo, foi relatado que instrutores e trabalhadores de estandes de tiro podem ser expostos a altas concentrações de chumbo e podem apresentar concentrações elevadas de chumbo no sangue ⁹. Analogamente, pessoal envolvido diretamente com a execução de muitos disparos com arma de fogo, como é o caso dos policiais militares do Rio de Janeiro, também está constantemente exposto ocupacionalmente ao Pb.

A exposição ao chumbo associada aos disparos de armas de fogo em campos de tiro cobertos começou a ser monitorada no início da década de 1970. Nos últimos 20 anos, numerosas avaliações da exposição foram realizadas em estandes de tiro cobertos e ao ar livre ⁹. Diversos fatores podem contribuir para o aumento da concentração de chumbo no ar desses estandes: a fragmentação dos projéteis durante os disparos, a vaporização explosiva da espoleta, que pode conter estifinato de chumbo [$\text{PbO}_2\text{H}(\text{NO}_2)_3$] e peróxido de chumbo [PbO_2], e a ventilação inadequada do estande no caso de ser “*indoor*” ^{189,190,191,192}. Algumas pesquisas sobre a exposição ao chumbo em trabalhadores de estandes de tiro podem ser verificadas na tabela 12.

Tabela 12 – Pb-S medidos em trabalhadores e usuários de estandes de tiro

PAÍS	TAREFAS	N e SEXO	IDADE (anos)	HISTÓRICO NO TRABALHO (anos)	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)		Ref
					Média ^a	Limites	
China	Empregados de estande “indoor”	10	NR	4 – 21	37,2	22,4–59,6	193
Nova Zelândia	Estande de rifle de pequeno calibre “indoor”	52 (H+M)	17 – 68	Atiradores recreacionais	33,3 (início da estação) 55,5 (final da estação)	NR	194
	Estande “indoor” – arma de fogo	22 (H+M)	42,4	10,2	13,8 ^b	6,9–22,8	195
Suécia	Estande “indoor” – arma de ar (chumbinho)	21 (H+M)	46,8	13,7	8,4 ^b	2,0–22,2	
	Oficiais de polícia da ativa ou aposentados	75 (H) 3 (M)	43 32	NR > 9 anos	5,0 3,7	1,0–18,2 NR	196
Reino Unido	Estande “indoor” para oficiais de polícia	7	NR	NR	30 – 59	NR	197
	Soldados	35	21,9	4,2	19,25	9,6–30,1	198
Estados Unidos	Trabalhadores integrais de estande “indoor”	2	NR	NR	59 – 77	NR	199
	Trabalhadores parciais de estande “indoor”	2	NR	NR	17 – 49	NR	
	Estande “outdoor” coberto	15	NR	NR	5,6 (preexposição) 10,7 (2 dias) 14,9 (5 dias) 8,7 (69 dias)	NR	200
	Estande “indoor” (treinamento de 3 Fev a 28 Abr)	17 (H+M)	24 – 40	Atletas	6,45 (Jan/Fev) 51,4 (1 ^a Quinz Mar) 44,6 (2 ^a Quinz Mar) 39,8 (Maio)	< 5–23,1 31,2–73,3 27,1–62,3 23,1–51,2	201

Estande “outdoor” coberto, usando munição jaquetada com cobre	6	NR	NR	6,0 ± 1.7 (antes de atirar) 6,5 ± 1.5 (depois de atirar)	NR	202
Estande “outdoor” descoberto	7 (Jun A) 7 (Dez A) 5 (Jun A+1)	NR	NR	28–66 25–70 28–38	NR	203
Estande “outdoor” coberto	2	NR	Instrutores (munição comum)	14,2–24,2 ^c	10–27	204
Estande “outdoor” coberto	2	NR	Instrutores (munição jaquetada)		13,1–22,1	
Estande de arma longa de universidade		Estudantes universitários	Atiradores recreacionais	11,8 – 16,4 (ventilação antiga) 13,2 – 13,6 (ventilação nova)	5–21 8–23	205

NR: Não relatado.

H: Homem; M: Mulher.

^a Média aritmética, salvo indicação em contrário.

^b Mediana.

^c Faixa de médias de três datas de amostragem.

Fonte: Adaptado de World Health Organization (WHO) ⁹.

Os instrutores de tiro são geralmente expostos a grandes concentrações de chumbo no ar e tendem a ter as maiores concentrações de chumbo no sangue devido a suas funções normais, que incluem a supervisão do estande, limpeza e testes em armas de fogo, e preparação de munições de treinamento a partir de componentes adquiridos comercialmente. Já foi relatada correlação positiva entre a exposição dos instrutores de armamento que trabalham em estandes de tiro “*outdoor*” cobertos e as concentrações de chumbo no sangue ²⁰⁴. As concentrações de chumbo no ar podem ser reduzidas significativamente (97-99%), utilizando-se espoleta sem chumbo e projéteis encamisados (jaquetados) com bronze, nylon ou cobre ^{196,201,202,203,204,206,207}.

Em comparação com estudos realizados para verificação de Pb-S em populações não expostas ocupacionalmente, os principais valores encontrados no grupo

exposto deste estudo – ou seja, valores mínimo e máximo de 3,68 e 29,94 $\mu\text{g dL}^{-1}$, com média de 10,49 $\mu\text{g dL}^{-1} \pm 9,62$, e mediana de 6,1 – de um modo geral encontram-se acima dos valores de referência relatados em algumas pesquisas realizadas no Brasil. Paoliello e colaboradores (1997, 2001) ^{183,184} encontraram concentrações de chumbo no sangue de população urbana não exposta ocupacionalmente, que variavam de 2,4 a 16,6 $\mu\text{g dL}^{-1}$, com mediana de 7,9 $\mu\text{g dL}^{-1}$, e de 1,2 a 13,72 $\mu\text{g dL}^{-1}$, com mediana de 5,7 $\mu\text{g dL}^{-1}$.

Alguns estudos realizados em outros países apresentaram resultados maiores do que os obtidos nesta pesquisa. Na Itália, Morisi e colaboradores ²⁰⁸ obtiveram mediana de 15,30 $\mu\text{g dL}^{-1}$ para chumbo no sangue de homens não expostos ocupacionalmente. Também naquele país, Apostoli e Alessio ²⁰⁹ observaram média de 13,80 $\pm 8,0 \mu\text{g dL}^{-1}$. Numa compilação de dados obtidos em 55 países, Iyengar e Woltziez ²¹⁰ constataram valor de mediana em população adulta não exposta igual a 12,30 $\mu\text{g dL}^{-1}$.

Uma outra pesquisa realizada na Itália obteve média de Pb-S igual a 15,77 $\pm 9,9 \mu\text{g dL}^{-1}$, em população adulta não exposta, e valores com limites semelhantes aos encontrados nesta pesquisa, entre 3,97 e 27,57 $\mu\text{g dL}^{-1}$, porém com média superior ¹⁸⁵. Em estudo de 2007, nos Estados Unidos, foram relatados valores de Pb-S em adultos não expostos ocupacionalmente variando de 0,33 a 37,5 de $\mu\text{g dL}^{-1}$ em uma amostra de 1811 habitantes da cidade de *New York*, sendo que a média geométrica ficou em 1,79 $\mu\text{g dL}^{-1}$, valor muito baixo atribuído à queda drástica notada desde a década de 1970 por causa da agressiva política de combate aos níveis de chumbo expostos à população daquele país ²¹¹.

8.4 EXPOSIÇÕES REFERIDAS AO CHUMBO

8.4.1 Perfil das exposições ambiental e ao fumo

O nível da exposição ambiental foi definido de acordo com a interpretação das questões 15 a 21 do questionário (Anexo A). Tais perguntas estão relacionadas a possíveis fontes de exposição ao Pb aos locais em que o sujeito mora ou trabalha, tais quais fábricas ou lojas de baterias, gráficas, lojas de tintas, empresas que trabalham diretamente com Pb e, ainda, a hábitos relacionados ao uso de material fabricado com Pb como pescaria, tiro ou caça, e habitação em casas com tubulações do metal. A cada uma das perguntas foi relacionado um valor. Assim, à resposta “não”, foi atribuído o valor 1, “eventualmente”, valor 2, e “sim”, valor 3. Desta forma, uma exposição considerada baixa alcançaria o valor mínimo 7, obtido em todas as sete perguntas (15 a 21). Por outro lado, a pontuação entre 15 e 21 (três respostas “sim” às sete perguntas) caracterizaria uma exposição elevada. Por fim, os valores de 8 a 14 foram considerados médios. De acordo com este critério, apenas os sujeitos 9 e 13, componentes do grupo exposto, experimentaram uma exposição considerada média. Todos os demais passaram por uma exposição ambiental referida como baixa.

Para a exposição ao fumo, foram consideradas as perguntas de 22 a 25 do questionário (Anexo A). Os indivíduos que nunca haviam fumado foram julgados com baixa exposição, aqueles que haviam parado de fumar há mais de seis meses foram considerados expostos de maneira média, enquanto que a categoria de exposição elevada ao fumo levou em conta os que ainda fumavam ou haviam parado de fumar nos últimos seis meses. Não foi levado em consideração o fumo passivo. Desta forma, somente os sujeitos 12 e 13, pertencentes ao grupo exposto, tiveram exposição média e elevada ao fumo, respectivamente. Tendo em vista que os outros indivíduos nunca

havia fumado e não deram maiores detalhes a respeito da exposição ao fumo, foram classificados como baixa exposição.

Os perfis da população estudada de acordo com as exposições ambiental referida e ao fumo são mostrados na tabela 13.

Tabela 13 – Perfil das exposições ambiental e ao fumo

GRUPO	SUJEITO	EXPOSIÇÃO AMBIENTAL	EXPOSIÇÃO AO FUMO	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)
CONTROLE	1	Baixa	Baixa	$2,54 \pm 0,02$
	2	Baixa	Baixa	$1,89 \pm 0,13$
	3	Baixa	Baixa	$1,68 \pm 0,10$
	4	Baixa	Baixa	$3,49 \pm 0,10$
	5	Baixa	Baixa	$2,73 \pm 0,14$
	6	Baixa	Baixa	$2,84 \pm 0,11$
	7	Baixa	Baixa	$1,86 \pm 0,12$
	8	Baixa	Baixa	$3,68 \pm 0,11$
EXPOSTO	9	Média	Baixa	$6,10 \pm 0,42$
	10	Baixa	Baixa	$4,16 \pm 0,05$
	11	Baixa	Baixa	$16,54 \pm 0,71$
	12	Baixa	Média	$29,94 \pm 1,92$
	13	Média	Elevada	$7,78 \pm 0,03$
	14	Baixa	Baixa	$5,26 \pm 0,10$

Em relação à exposição ambiental, a análise das respostas ao questionário esclarece que quase todos os sujeitos não sofreram exposição ambiental acima dos níveis considerados leves. Apenas os sujeitos 9 e 13, o que corresponde a 28,57% do grupo exposto, apontaram exposição ambiental média ao chumbo, uma vez que indicaram que eventualmente praticavam pesca com “chumbada” ou tiro com arma de “chumbinho” como passatempos, bem como eventualmente já tinham morado em casa antiga com tubulações de água fabricadas de metal. Mesmo com uma exposição ambiental considerada mediana, aqueles indivíduos apresentaram Pb-S abaixo de $10 \mu\text{g dL}^{-1}$, de $6,10 \pm 0,42$ e $7,78 \pm 0,03 \mu\text{g dL}^{-1}$, respectivamente. Todos os demais sujeitos não relataram contaminação ambiental relevante, o que foi comprovado pelos valores de

Pb-S. Tais constatações, aliadas ao fato de não ter sido encontrada uma correlação estatisticamente significativa entre o Pb-S e a exposição ambiental, indicaram que este tipo de contaminação não contribuiu para os resultados obtidos.

Os valores obtidos tanto pelo grupo controle quanto pelo grupo exposto estão abaixo dos valores de referência da NR-7 considerados normais para a população não exposta, bem como quando comparados a outras pesquisas realizadas no Brasil^{183,184}.

O fumo proveniente do cigarro contém de 2 a 12 μg de chumbo por cigarro, valor considerado pequeno pela ATSDR³⁰. A concentração média de chumbo nos cigarros com filtro produzidos entre 1960 e 1980 tinha uma média de 2,4 mg kg^{-1} . Até 6% de chumbo podem ser diretamente inalados, enquanto o restante está presente nas cinzas e na fumaça que não é “tragada”. De acordo com estes dados, fumar um maço de 20 cigarros por dia, com 12 μg de Pb por cigarro, e inalação de 6% do fumo, pode provocar uma exposição diária de 14 μg de chumbo¹⁰². Tais afirmações, entretanto, são baseadas em dados não muito atuais. Com a ausência de dados mais recentes sobre as concentrações de Pb no tabaco, níveis mais elevados de chumbo em ambientes fechados e Pb-S são normalmente associados com moradias em que vivem pessoas fumantes^{212,213}.

Quanto à exposição ao Pb causada pelo fumo, também não foi possível levantar estatisticamente relações entre este tipo de exposição e o Pb-S, uma vez que somente dois dos sujeitos do grupo exposto relataram algum tipo de exposição direta ao fumo. O sujeito 13, o mesmo que relatou exposição ambiental média, apresentou elevada exposição por fumar, em torno de, um maço por dia, há 28 anos, porém o seu Pb-S foi de 7,78 $\mu\text{g dL}^{-1}$, valor abaixo dos limites de referência, o que, entretanto, já indica algum tipo de exposição^{183,184,185}. O sujeito 12 fumava um maço por dia há 15 anos, mas havia parado de fumar 8 meses antes da coleta de sangue e, mesmo assim, foi quem apresentou o maior Pb-S, 29,94 $\mu\text{g dL}^{-1}$. Tais sujeitos podem ter parcela do Pb-S

relacionada ao hábito de fumar, porém esta afirmação não pôde ser comprovada estatisticamente. O sujeito 11, que apresentou o segundo maior Pb-S, de 16,54, $\mu\text{g dL}^{-1}$, não relatou nenhum tipo de exposição ambiental, nem pelo fumo. Assim, o seu Pb-S pode estar diretamente ligado ao projétil alojado, à exposição ocupacional ou a alguma outra fonte não identificada.

8.4.2 Perfil da exposição aos projéteis / fragmentos

Com relação à exposição ao projétil/fragmentos, o calibre foi considerado de acordo com a massa do projétil em gramas, conforme a Companhia Brasileira de Cartuchos, e os fragmentos foram analisados por meio de estimativa, para compor o quanto de chumbo estava alojado em cada sujeito (Tabela 14).

Tabela 14 – Perfil da exposição aos projéteis/fragmentos

SUJEITO	PROJÉTEIS ALOJADOS	MASSA (gramas)	TEMPO ALOJADO (anos)	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)
8	1	124	13,42	3,68 \pm 0,11
9	1	158	6	6,10 \pm 0,42
10	1 + fragmentos	180	11	4,16 \pm 0,05
11	1	158	3	16,54 \pm 0,71
12	2	248	5	29,94 \pm 1,92
13	Fragmentos de 2 tiros	124	13	7,78 \pm 0,03
14	1	158	3	5,26 \pm 0,10
Média	-----	164,29	7,77	10,49 \pm 9,62

No que diz respeito ao nível de vascularização, as categorias foram implementadas de acordo com a localização dos projéteis e / ou fragmentos. Para isso, foram consideradas as seguintes classes: 1 – osso, 2 – músculo, 3 – vísceras, e 4 – mais de um local ou soma dos níveis anteriores (Tabela 15).

Tabela 15 – Nível de vascularização do grupo exposto

SUJEITO	PROJÉTEIS ALOJADOS	REGIÃO ANATÔMICA	NÍVEL DE VASCULARIZAÇÃO	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)
8	1	Coxa	2	3,68 \pm 0,11
9	1	Coluna dorsal	1	6,10 \pm 0,42
10	1 e fragmentos	Quadris	1	4,16 \pm 0,05
11	1	Abdômen	3	16,54 \pm 0,71
12	2	Costela e face	4	29,94 \pm 1,92
13	Fragmentos de 2 tiros	Pés e crânio	3	7,78 \pm 0,03
14	1	Escápula	1	5,26 \pm 0,10
Média	-----	-----	-----	10,49 \pm 9,62

Os resultados do teste de correlação de Spearman indicaram que houve correlação significativa ($\rho = 0,730$ e $p = 0,031$), para o nível de significância de $p \leq 0,05$, entre o Pb-S e o nível de vascularização. Não foi encontrada correlação significativa entre o Pb-S e as outras variáveis analisadas, massa e tempo alojado (Tabela 16).

Tabela 16 – Correlação de Spearman entre o Pb-S e as variáveis componentes do perfil de exposição aos projéteis / fragmentos

	MASSA (gramas)	NÍVEL DE VASCULARIZAÇÃO	TEMPO ALOJADO (anos)
Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)	0,374	0,730 (*)	- 0,523
NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	0,204	0,031	0,114

(*) Correlação significativa para o nível de significância de $p \leq 0,05$.

Não foram encontradas referências na literatura sobre o nível de vascularização do local onde o projétil ou fragmentos estavam alojados. Há, entretanto, alguns estudos que apontaram as localizações dos projéteis no corpo e procuraram estabelecer relações

entre o Pb-S e outras variáveis, ou ainda descrever medidas de tratamento para remediação do elevado Pb-S.

Nos Estados Unidos, um estudo ¹¹⁸ pesquisou o caso de uma menina de 14 anos de idade, com fragmentos de um projétil nas proximidades do joelho direito, internada dois anos depois do acidente com vários sintomas de contaminação por chumbo. O Pb-S da paciente no momento da admissão no hospital era de $113 \mu\text{g dL}^{-1}$, sendo tal nível atribuído ao projétil e proximidade daqueles fragmentos a uma grande articulação, o joelho. A fragmentação de projéteis e o conseqüente aumento da superfície de contato com os fluidos corporais pode aumentar o Pb-S em até 25,6% ¹¹⁶.

Interfaces sinoviais ósseas, fraturas ósseas (especialmente no tórax), e o contato do chumbo com os líquidos sinovial, pleural e cefalorraquidiano têm sido associados a elevadas taxas de absorção e ao conseqüente aumento do Pb-S. As características solventes do líquido sinovial associadas à artrite local aparentemente são fatores importantes na dissolução e absorção do chumbo dos projéteis localizados nas articulações ¹¹⁴.

Scuderi e colaboradores ²¹⁴ acompanharam 12 pacientes com projéteis ou fragmentos alojados dentro do espaço intervertebral, buscando indícios de contaminação por chumbo. Apenas um deles apresentou sinais de intoxicação, e foi submetido à laminectomia e discectomia parcial, com retirada dos fragmentos de projétil e resolução das queixas do paciente dois meses após a cirurgia. Grogan e Bucholz ²¹⁵ descreveram o caso de um paciente que desenvolveu intoxicação por chumbo aguda 12 anos após um ferimento por arma de fogo em que permaneceu com um projétil alojado entre as terceira e quarta vértebras lombares. Este paciente foi submetido a três cursos de terapia quelante, e os sintomas e os níveis de chumbo no sangue começaram a diminuir somente após a laminectomia, com a remoção do projétil e excisão de uma lesão cística anterior formada pela presença de fragmento do projétil.

O procedimento cirúrgico oferece tratamento preventivo e definitivo, uma vez que se retira a fonte endógena do sujeito ²¹⁶. Há, porém outras considerações que devem ser feitas neste caso, principalmente se há possibilidade de retirada parcial do projétil. Foi o que ocorreu no caso relatado na literatura ²², em que um sujeito adulto tinha um projétil alojado entre a L5 e a S1 e apresentou sintomas de contaminação por chumbo 6 anos após o ferimento. A cirurgia de retirada não extraiu completamente o projétil, deixando fragmentos do mesmo na região, o que parece ter colocado os fragmentos em contato com o líquido cérebro-espinhal e, conseqüentemente, mobilizado chumbo para a circulação promovendo, assim, sintomas de intoxicação pela primeira vez em sua história clínica daquele sujeito.

Já foi observado que projéteis alojados nos tecidos musculares ou ósseos parecem não trazer muitas complicações, uma vez que o tecido em torno do corpo estranho geralmente cria uma cápsula fibrosa, diminuindo a dissolução do chumbo e sua disponibilização na corrente sanguínea ²¹⁷. Devido às propriedades físico-químicas, o chumbo metálico tende a se dissolver em meio ácido, promovendo a absorção, distribuição e seus os efeitos tóxicos nos diversos órgãos-alvo e tecidos. Este é o caso quando o projétil está alojado nas articulações, em contato direto com o líquido sinovial, ou no sistema nervoso central ou canal medular, em contato com fluido cérebro-espinhal ²¹⁸.

Em outro estudo realizado no Brasil ²³, um sujeito de 23 anos tinha um projétil alojado há sete anos na articulação femoral esquerda, com imagem tipo “bursograma”, comprometendo toda a cápsula sinovial. Dada a gravidade da situação deste paciente, um procedimento de artroplastia de quadril foi realizado, levando a uma substituição completa do quadril esquerdo. O exame histopatológico do quadril e de partes removidas do fêmur mostrou impregnação intensa de metais com granuloma ao redor do tecido ósseo e da cápsula sinovial. Áreas com osteonecrose com saponificação de

gordura na medula óssea também foram verificadas, além de calcificação disseminada. Após o procedimento cirúrgico, os níveis de chumbo sanguíneo voltaram aos patamares considerados normais e os sintomas cessaram.

Contrariando as expectativas, não foram obtidas correlações significativas entre a massa do projétil e / ou dos fragmentos ou o tempo em que o sujeito ficou com o projétil alojado e o Pb-S (Tabela 16). Pela análise da literatura existente, é difícil verificar estas relações, uma vez que as pesquisas normalmente envolvem o tratamento dos sintomas de contaminação pelo chumbo, o que pode não estar diretamente ligado a um aumento na concentração de chumbo sanguíneo, já que a fonte endógena constantemente libera Pb para a circulação do indivíduo. Já foi relatado aparecimento de sintomas relacionados à contaminação pelo Pb de 2 dias a 52 anos após o ferimento com arma de fogo ²¹⁹.

A massa do projétil demonstrou não ser determinante para o aumento do Pb-S uma vez que a taxa de absorção de Pb dependerá, dentre outros fatores, do local em que se encontra alojado e do tipo do projétil. Assim, um projétil encamisado que se encontre praticamente intacto, o que é raro, poderá oferecer menor risco do que um “chumbinho” de arma de ar comprimido que, apesar de ser bem mais leve do que qualquer munição de arma de fogo, é fabricado totalmente de chumbo que ficará diretamente em contato com os líquidos corpóreos. Nestes casos, o fator que parece ser primordial na maior mobilização do chumbo é a sua fragmentação, e o aumento da superfície de contato, não somente a massa do projétil.

Não foi possível fazer uma comparação entre os resultados obtidos neste estudo com outros na literatura, uma vez que não foram encontradas pesquisas que avaliaram esta variável. Há, entretanto, um consenso de que a disponibilização de maior quantidade de chumbo no organismo deverá trazer maior aumento do Pb-S.

Alguns trabalhos em que os sujeitos ingeriram grandes quantidades de chumbo

no organismo confirmam esta afirmação como, por exemplo, o estudo em que um sujeito ingeriu 206 “chumbinhos” de arma de ar comprimido e seu Pb-S foi de 391 $\mu\text{g dL}^{-1}$ ¹⁸⁷. Estudo recente em que uma menina de 17 anos de idade ingeriu 20 gramas de nitrato de chumbo, que correspondem a aproximadamente 12,6 g de chumbo inorgânico, mostrou que seus níveis de Pb-S elevaram-se para 422,7 $\mu\text{g dL}^{-1}$ no espaço de 1,5 horas após a ingestão²²⁰. Treble e Thompson (2002)¹⁸⁸ relataram níveis de Pb-S entre 35 e 56 $\mu\text{g dL}^{-1}$ em uma criança que havia ingerido pequena quantidade de “chumbinho” de espingarda, e St Clair e Benjamin (2008)²²¹ descreveram o caso de uma criança de oito anos de idade que ingerira oito “chumbos” de pesca alguns dias antes do atendimento, que apresentou Pb-S de 55 $\mu\text{g dL}^{-1}$. Tais pesquisas, porém, tratam de ingestão de chumbo causando contaminação aguda e os sujeitos são, em sua maioria, crianças, diferentemente do que foi estudado neste trabalho. Em relação aos adultos, as crianças possuem maior sensibilidade aos efeitos da exposição ao chumbo, visto que: (a) o consumo por quilograma de massa é maior do que nos adultos; (b) também a absorção do chumbo pelo organismo infantil é maior; (c) alguns comportamentos das crianças pequenas propiciam o maior contato com o chumbo como, por exemplo, levar objetos à boca; (d) crianças estão em desenvolvimento rápido e constante, tornando-se mais vulneráveis aos efeitos do chumbo²²².

Os dados desta pesquisa mostraram uma correlação negativa entre o Pb-S e o tempo que o projétil estava alojado (Tabela 16). Tal fato é curioso, pois o mais lógico seria que quanto mais tempo o projétil estivesse alojado, maior seria a exposição e conseqüentemente maiores seriam os níveis de Pb-S. Entretanto, o que ocorreu foi o inverso, provavelmente mais influenciado pelo local ou locais em que o (s) projétil (eis) e /ou fragmentos se encontravam e o nível de vascularização da região. Pesquisa realizada por Kühnel e colaboradores²²³ relatou o caso de um sujeito que possuía um “chumbinho” de pistola de ar alojado no seio maxilar esquerdo e, 50 anos após o

acidente, possuía níveis de Pb-S considerados normais. Tal fato pode ter sido função da posição do projétil próxima a uma estrutura óssea, portanto com nível de vascularização baixo e, conseqüentemente, com menor disponibilização de Pb para a corrente sanguínea.

8.5 IDENTIFICAÇÃO DOS POSSÍVEIS SINTOMAS NEUROLÓGICOS RELACIONADOS AO CHUMBO

Foram pesquisadas possíveis situações de saúde que pudessem caracterizar uma contaminação por Pb, cujos resultados estão descritos na tabela 17. É importante reiterar que os testes CAGE e Q16 não são instrumentos diagnósticos, mas apenas auxiliares na investigação dos casos pesquisados.

8.5.1 Sintomas neurológicos (Q16) e variável de confundimento (CAGE)

O questionário Q16 está relacionado a sintomas neurológicos, que podem estar relacionados aos efeitos do Pb no organismo. O questionário CAGE pode esclarecer a presença de alcoolismo crônico, variável de confundimento para sintomas possivelmente apresentados por alguns dos sujeitos pesquisados.

Em relação aos sintomas neurológicos, o questionário Q16 foi analisado tendo em vista a quantidade de respostas “sim” (Tabela 17). Com estas respostas, foi verificada correlação significativa entre esta variável e o Pb-S pelo coeficiente de Spearman ($\rho = 0,644$ e $p = 0,013$).

Tabela 17 – Sintomas neurológicos e possibilidade de alcoolismo crônico

GRUPO	SUJEITO	SINTOMAS NEUROLÓGICOS (Respostas “SIM” ao Q16)	ALCOOLISMO CRÔNICO (CAGE)	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)
CONTROLE	1	0	Não	2,54 \pm 0,02
	2	0	Não	1,89 \pm 0,13
	3	3	Não	1,68 \pm 0,10
	4	6	Não	3,49 \pm 0,10
	5	2	Não	2,73 \pm 0,14
	6	0	Não	2,84 \pm 0,11
	7	1	Não	1,86 \pm 0,12
	Média	1,71 \pm 2,21	-----	2,43 \pm 0,65
EXPOSTO	8	3	Não	3,68 \pm 0,11
	9	9	Possibilidade	6,10 \pm 0,42
	10	6	Não	4,16 \pm 0,05
	11	5	Não	16,54 \pm 0,71
	12	11	Não	29,94 \pm 1,92
	13	2	Não	7,78 \pm 0,03
	14	3	Não	5,26 \pm 0,10
	Média	5,71 \pm 3,54	-----	10,49 \pm 9,62

O teste de Mann-Whitney indicou que houve diferença significativa entre os grupos exposto e controle para os sintomas neurológicos, conforme descrito na Tabela 18.

Tabela 18 – Teste de Mann-Whitney para os sintomas neurológicos

	Exposto	Controle	Mann-Whitney	
			Valor de Z	Valor de p
N	7	7	-----	-----
Respostas “sim” ao Q16	5,71 \pm 3,54	1,71 \pm 2,21	- 2,261 (*)	0,024

(*) Correlação significativa para o nível de significância de $p \leq 0,05$.

Os efeitos biológicos do chumbo são os mesmos quaisquer que sejam as vias de entrada, uma vez que há interferência no funcionamento normal da célula e em inúmeros processos fisiológicos. Apesar dos ossos serem os maiores depósitos de

chumbo, os primeiros efeitos adversos não são aí observados e sim no sistema nervoso, medula óssea e rins, tidos como órgãos críticos na exposição ao chumbo, enquanto que os distúrbios na função do sistema nervoso e os desvios na síntese do heme são considerados como efeitos tóxicos críticos^{20,54}.

Neste sentido, esta pesquisa buscou também avaliar se os sujeitos apresentavam algum sinal ou sintoma de contaminação pelo chumbo. Para isso, foi aplicado o questionário Q16, que trata da avaliação de sintomas neurológicos relacionados à contaminação por materiais neurotóxicos. Tal questionário é bastante utilizado para verificar sintomas da contaminação por solventes^{224,225} e tem sido utilizado para estudar contaminação por outros metais como, por exemplo, o mercúrio⁵³. Lundberg et al.¹⁷⁶ relataram que o questionário é um instrumento sensível para encontrar grupos com alta exposição a solventes orgânicos em trabalhadores com exposição atual, em contrapartida, não aconselharam o uso do Q16 como uma ferramenta de triagem entre os trabalhadores expostos a produtos químicos neurotóxicos, o que é corroborado por Smargiassi et. al. (1998)²²⁶.

Apesar de haver sido relatado que os sintomas da contaminação pelo Pb podem ocorrer de 2 dias a até 52 anos após o início da exposição ao metal²¹⁹, é difícil relacionar os sintomas com as concentrações de Pb-S uma vez que, na literatura, geralmente os sintomas somente são percebidos quando chegam ao ponto em que o sujeito necessita de tratamento. Desta forma, sem uma monitorização biológica ao longo do tempo, e de acordo com a suscetibilidade de cada indivíduo, os sintomas poderão auxiliar na detecção e no diagnóstico de possíveis efeitos da contaminação pelo Pb.

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 uma pessoa pode retornar ao normal e, no entanto, o conteúdo corpóreo total pode ainda ser

elevado. Mesmo doses pequenas, por um tempo determinado, podem causar intoxicação. Assim, grandes exposições agudas não precisam ocorrer para que uma intoxicação por chumbo se desenvolva. O conteúdo total de chumbo no corpo é o que está relacionado com o risco de efeitos adversos ³⁷. Algumas pesquisas indicaram aparecimento de sintomas de contaminação pelo Pb proveniente do ferimento com arma de fogo 2 anos ¹¹⁸, 7 anos ²³, 9 anos ²², 12 anos ²¹⁵ e até de 20 a 25 anos ¹¹⁴ após a ocorrência do acidente.

Neste trabalho, a quantidade de sujeitos que apresentaram prováveis sintomas neurológicos levantados pelo questionário Q16 foi de 85,71 % (6 dos 7) dos componentes do grupo exposto e de 28,57% (2 dos 7) do grupo controle. Se for desconsiderado o único sujeito do grupo exposto que apresentou possibilidade de alcoolismo crônico (sujeito 9), o que poderia se confundir com os sintomas neurológicos, este percentual cairia para 71,43%. Dentre os sintomas neurológicos mais apontados, 5 sujeitos (71,43%) do grupo exposto admitiram sentir-se excessivamente cansados e frequentemente sentir pontadas dolorosas, dormência ou formigamento em alguma parte do corpo. Outros 57,14% (4 sujeitos) do grupo exposto relataram ter dificuldade de voltar ao dormir ao acordar durante o sono, além de sentir “pressão” sobre o peito e irritação freqüente sem motivo. Três sujeitos (42,86%) indicaram sentir abatimento ou tristeza sem motivo e perda de força nos braços ou pernas, 2 deles (28,57%) relataram facilidade de esquecimento, dificuldades de concentração, necessidade de anotar as atividades que deve realizar, sensação de que vai cair e diminuição do interesse sexual. Apenas 14,29% (1 sujeito) indicaram que as pessoas têm falado que ele está esquecido das coisas e freqüente esquecimento de realizar atividades importantes, e nenhum deles relatou dificuldade em entender notícias, programas e novelas na TV ou rádio, ou dificuldades para manusear botões de roupas.

Não foram observados trabalhos no Brasil em que foi utilizado o Q16 para

verificar efeitos da contaminação por Pb, porém os valores obtidos nesta pesquisa mostraram-se superiores a outros estudos relacionados a outro metal de extrema toxicidade, o mercúrio. Duas pesquisas com profissionais de odontologia descreveram valores de 23% e 34% da população estudada que responderam “sim” a 3 ou mais perguntas do Q16^{53,175}.

Não foram relatados outros sintomas diferentes dos neurológicos pelos sujeitos estudados.

É interessante destacar o sujeito alvejado por uma munição de calibre .45, dois anos e cinco meses antes da coleta de sangue, e cujo projétil permaneceu na lateral de sua perna esquerda por aproximadamente 20 dias após ter sido baleado. Este indivíduo atua constantemente nas ruas e declarou disparar sua arma, em média, de 20 a 30 vezes por semana. Este policial não foi enquadrado na mesma categoria de exposição que os demais por não apresentar mais o projétil alojado e, por isso, foi tratado separadamente. Seu Pb-S foi de $5,47 \pm 0,10 \mu\text{g dL}^{-1}$, o que, apesar de não ser considerado elevado, sugere a existência de algum tipo de exposição e possibilita a presença de efeitos adversos à saúde^{183,184,185}.

Este sujeito foi quem apresentou o maior número de respostas positivas para o Q16 (13 respostas “sim”) dentre toda a população estudada. Apesar de aparentemente seu Pb-S não estar relacionado com o ferimento por arma de fogo a que foi submetido, a sua atividade nas ruas provavelmente o expõe ao chumbo proveniente dos disparos que ele efetua e que, conseqüentemente, também presencia dos outros policiais. Neste caso, a provável via de entrada no seu corpo deve ser a inalação, ou mesmo a ingestão devido à manipulação constante das munições, uma vez que a utilização de munições de chumbo pode resultar em exposição à poeira do chumbo, gerada durante os disparos de pistola ou espingarda, em concentrações de até $1000 \mu\text{g m}^{-3}$ ²²⁷. O trabalho constante deste policial nas ruas, em confronto com bandidos, o expõe também a mais estresse

ocupacional do que os demais policiais estudados, que relataram trabalhar em funções mais burocráticas. Tal estresse pode ter influenciado no seu Pb-S.

8.6 ÍNDICES DE CONTAMINAÇÃO POR PROJÉTIL ALOJADO

Uma vez estabelecida a associação entre o nível de vascularização dos locais em que os projéteis se encontravam alojados e os níveis de chumbo no sangue, foi realizada uma regressão linear na tentativa de se criar uma equação que pudesse prever o Pb-S dos sujeitos com projéteis alojados no corpo, com base nas variáveis estudadas. Assim, chegou-se a equação abaixo que, depois de aplicada a cada sujeito, obteve os resultados apresentados na Tabela 19.

$$\text{Índice de Contaminação 1} = -13,552 + 0,101 \times \text{Massa do Projétil (gramas)} + 5,129 \times \text{Nível de vascularização} - 0,463 \times \text{Tempo do Projétil Alojado (anos)}$$

Tabela 19 – Resultados do Índice de Contaminação por Pb1

Sujeito	Massa (gramas)	Nível de Vascularização	Tempo Alojado (anos)	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)	Índice de Contaminação 1 ($\mu\text{g dL}^{-1}$)
8	124	2	13,42	$3,68 \pm 0,11$	3,02
9	158	1	6	$6,10 \pm 0,42$	4,76
10	180	1	11	$4,16 \pm 0,05$	4,66
11	158	3	3	$16,54 \pm 0,71$	16,40
12	248	4	5	$29,94 \pm 1,92$	29,70
13	124	3	13	$7,78 \pm 0,03$	8,34
14	158	1	3	$5,26 \pm 0,10$	6,15
Média	164,29	-----	7,77	$10,49 \pm 9,62$	10,43

Esse novo índice apresentou uma excelente correlação ($\rho = 0,964$ e $p < 0,0001$) com os níveis de chumbo no sangue. Desta forma, apesar de não ter sido objetivo desta pesquisa, obteve-se uma ferramenta para prever os níveis de chumbo no sangue dos

sujeitos que apresentem projéteis alojados, ou ainda, para auxiliar o cirurgião a decidir sobre a relação custo/benefício de uma cirurgia para a retirada, ou não, do projétil ou dos fragmentos dos indivíduos que participaram desta pesquisa.

Analisando as variáveis utilizadas para a construção desta equação, percebeu-se uma característica contraditória que foi diminuição dos níveis de chumbo com o aumento dos anos em que o projétil encontra-se alojado no sujeito. Tal constatação é curiosa, pois se esperava que com o aumento do número de anos os níveis de chumbo aumentariam porém, a correlação encontrada foi negativa. Assim, pode ter havido “encapsulamento” do chumbo ao longo do tempo pelo organismo ou essa associação não teve uma explicação fisiológica plausível, provavelmente tendo sofrido confundimento da variável “nível de vascularização”. Desta forma, este índice obtido é válido apenas para este estudo, não podendo ser generalizado para outras populações. Porém, é importante ressaltar a importância de uma evolução desta equação por meio de estudos envolvendo uma quantidade maior de sujeitos e, se possível, diferentes populações, a fim de que se possa generalizar tal índice para outras populações de sujeitos alvejados por arma de fogo e que venham a permanecer com munição ou fragmentos alojados.

Dada a controvérsia relativa ao tempo alojado e buscando um maior controle e melhoria das relações entre as variáveis componentes da equação, procurou-se inserir o índice de massa corpórea (IMC) como variável de controle. O IMC é calculado pela divisão da massa corporal, em quilogramas, pelo quadrado da altura, em metros. Inicialmente foi inserido o IMC e retirado o tempo de exposição ao projétil. Porém, apesar da correlação entre o Pb-S calculado pela fórmula com o IMC e sem o tempo alojado e o amostrado ter sido razoável, o erro padrão da constante e do IMC foi muito elevado, o que tornou ruim a estimativa do resultado final, pois o coeficiente dessas variáveis poderia ser nulo.

Assim, formulou-se uma segunda equação retirando-se o IMC e o tempo, e mantendo-se a massa de chumbo alojada e o nível de vascularização. Obteve-se a fórmula abaixo, que apresentou correlação muito boa entre os Pb-S calculados e obtidos ($\rho = 0,703$ e $p < 0,05$), conforme pode-se visualizar na tabela 20.

$$\text{Índice de Contaminação 2} = -21,002 + 0,128 \times \text{Massa do Projétil (gramas)} + 4,865 \times \text{Nível de vascularização}$$

Tabela 20 – Resultados do Índice de Contaminação por Pb2

Sujeito	Massa (gramas)	Nível de Vascularização	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)	Índice de Contaminação 2 ($\mu\text{g dL}^{-1}$)
8	124	2	$3,68 \pm 0,11$	4,60
9	158	1	$6,10 \pm 0,42$	4,09
10	180	1	$4,16 \pm 0,05$	6,90
11	158	3	$16,54 \pm 0,71$	13,82
12	248	4	$29,94 \pm 1,92$	30,20
13	124	3	$7,78 \pm 0,03$	9,47
14	158	1	$5,26 \pm 0,10$	4,09
Média	164,29	-----	$10,49 \pm 9,62$	10,45

Em estudos com maior número de amostras (N) e análise estratificada por nível de vascularização do local onde o projétil está alojado, é interessante considerar a variável tempo do projétil alojado. Entretanto, como neste estudo o N foi restrito e a influência dessa variável foi em sentido contrário à fundamentação fisiológica conhecida, recomenda-se descartar a primeira equação e utilizar a segunda, por apresentar correlação estatística significativa com os níveis de Pb-S, e por estar compatível com estudos em que há grande variabilidade na vascularização do local de alojamento do projétil. Assim, a segunda equação é a recomendada para outros estudos.

A questão da retirada ou não do local onde se encontra alojado o projétil envolve vários fatores. Talvez o principal deles, seja o local em que se encontra. Há diferentes casos relatados na literatura de ferimentos por projéteis na coluna vertebral e,

após analisar tais relatos, percebeu-se que os princípios para o tratamento em todas as lesões de projéteis na coluna giram em torno da estabilidade da coluna, de processos intensivos de reabilitação, e da preservação das funções neurológicas²²⁸.

Ferimentos da coluna são comumente considerados como lesões estáveis. Há, no entanto, um potencial de instabilidade se o projétil passar transversalmente através do canal da coluna e fraturar pedículos e facetas. As lesões na região torácica da coluna vertebral são as mais comuns, seguidas pela área tóraco-lombar e pela coluna cervical. A amplitude da lesão geralmente está relacionada com a região anatômica atingida. Os pacientes com lesões parciais e os com lesões na região torácica normalmente apresentam maior melhora nas funções motoras. Aproximadamente 1 em cada 4 indivíduos são capazes de deambular um ano após a lesão. A descompressão cirúrgica de projéteis a partir do canal da coluna tem demonstrado eficácia na recuperação neurológica abaixo do nível de T12. Não foram relatadas melhorias da recuperação neurológica após a retirada do projétil em outras regiões da coluna vertebral e foram documentados raros casos de declínio neurológico tardio em virtude dos fragmentos de projéteis alojados²²⁹.

Poderão ocorrer lesões medulares totais ou parciais na coluna vertebral e, dependendo de que tipo de lesão ocorrer, serão sugeridos procedimentos cirúrgicos para retirada do projétil ou a permanência do mesmo. Em aproximadamente um terço dos ferimentos de arma de fogo na coluna, fragmentos do projétil permanecem alojados no canal medular^{228,229,230}. É consenso que o tratamento cirúrgico prematuro nas lesões da coluna por objeto penetrante traz grandes benefícios e evita mais complicações ao paciente. Schaefer e colaboradores²³¹ demonstraram que a alta incidência de osteomielite vertebral da coluna cervical após trauma penetrante pode ser eliminada de forma eficaz com a retirada precoce do projétil.

Semelhantemente à coluna vertebral, tendo em vista as funções neurológicas,

ferimentos penetrantes causados por munição de arma de fogo no cérebro requerem cuidado redobrado. Neste sentido, documento redigido pela Sociedade Brasileira de Neurocirurgia (SBN) como parte de um projeto conjunto da Associação Médica Brasileira com o Conselho Federal de Medicina ²³² estabelece diretrizes gerais para o atendimento, e condutas clínicas e / ou cirúrgicas quando for identificada lesão intracraniana em pacientes com traumatismo craniocéfálico moderado ou grave causado por ferimento por projétil de arma de fogo. Este documento sugere a retirada de fragmentos ósseos e da munição por craniotomia o mais rápido possível, principalmente para minimizar as taxas de infecção e conseqüente mortalidade, porém declara que todas as suas informações devem ser submetidas à avaliação e à crítica do médico responsável pela conduta a ser seguida, frente à realidade e ao estado clínico de cada paciente.

A retirada de projéteis ou fragmentos localizados em outros locais que não a coluna vertebral ou o cérebro normalmente não apresenta maiores complicações ou desdobramentos prejudiciais à vida do paciente. Tal ação deveria ser praxe nos procedimentos médicos neste tipo de ferimento, tendo em vista a possibilidade de efeitos relacionados à infecção e, principalmente, à contaminação pelo chumbo endógeno a médio e longo prazos.

9 CONCLUSÃO

Inicialmente, chamou a atenção a impossibilidade de se encontrar um policial militar totalmente livre da exposição ao chumbo. Tendo em vista a ausência de pesquisas ligadas à concentração de chumbo em policiais militares, no Brasil, a comunidade científica deveria atentar mais sobre a exposição desta categoria profissional a este metal. Porém, foi constatado nesta pesquisa que os policiais militares estão entre os trabalhadores mais sujeitos à exposição ao Pb, principalmente por meio da manipulação de armamento e munições ou da execução de disparos em situações reais ou treinamento. A presença de projétil e / ou fragmentos alojados no corpo aumenta ainda mais a exposição, uma vez que o militar possui também uma fonte endógena.

Conforme esperado, foi encontrada diferença significativa entre o Pb-S do grupo exposto e os controles ($z = -3,130$ e $p = 0,002$). Apesar dos teores terem ficado abaixo dos limites adotados para exposição ocupacional no Brasil e por outras agências estrangeiras, tais valores se mostraram acima daqueles encontrados em populações adultas não expostas ocupacionalmente ao Pb. O fato do teste de Mann-Whitney ter mostrado a existência de diferença estatisticamente significativa entre os Pb-S dos dois grupos (expostos e controles) comprova que a presença de projétil e / ou fragmentos alojados no corpo constitui uma fonte significativa de disponibilização do chumbo aumentando, assim, a contaminação por este metal.

As concentrações de chumbo sanguíneo no grupo exposto apresentam correlação com a localização dos projéteis / fragmentos e, conseqüentemente, do nível

de vascularização das regiões em que se encontram alojados. Foram identificados, ainda, sintomas neurológicos significativos nos sujeitos do grupo exposto.

A principal medida a ser tomada no caso de policiais com munição e / ou fragmentos alojados é a retirada destes do corpo dos indivíduos, uma vez que a permanência da fonte possui o ônus de aumentar os níveis de Pb-S e conseqüentemente prejudicar os diversos sistemas do corpo, especialmente o neurológico.

É importante que sejam executados mais estudos sobre os índices de contaminação por projétil alojado formulados nesta pesquisa. Tais índices poderão se tornar excelentes ferramentas auxiliares para a tomada de decisão por parte do cirurgião, uma vez que, por meio destes índices, o médico poderá prever o futuro Pb-S e julgar melhor a relação custo / benefício de se retirar ou de deixar o projétil no corpo do policial militar com projétil alojado.

Deve-se, ainda, ressaltar a necessidade de desenvolvimento de mais pesquisas envolvendo esta categoria profissional, uma vez que são expostos ocupacionalmente ao chumbo pelo contato constante com armamento e munições, tanto durante as suas jornadas de trabalho como nos seus horários de lazer, principalmente em cidades com alto índice de criminalidade. Da mesma forma, outras categorias que fazem uso de armamento e munição como militares da Marinha, do Exército, e da Aeronáutica, seguranças armados e outros trabalhadores de empresas de segurança, trabalhadores de indústrias de fabricação de munição, instrutores e funcionários de estandes de tiro, deveriam ser estudadas a fim de quantificar e qualificar a exposição que sofrem em virtude do tipo de serviço prestado e dos processos produtivos em que estão inseridos.

Diante do exposto, pode-se dizer que a contaminação por chumbo é uma realidade no ambiente de trabalho do policial militar e que os riscos que o metal oferece não só àqueles que possuem algum projétil ou fragmentos alojados, mas também aos demais profissionais da segurança pública não devem ser ignorados. Desse modo,

recomenda-se às autoridades médicas que atendem a esta categoria que busquem constantemente a extração da fonte endógena do metal. Na impossibilidade de extração, que sejam adotados tratamentos quelantes que, apesar de não apresentarem unanimidade quanto à sua eficiência, podem diminuir a disponibilização do chumbo na corrente sanguínea. Agindo dessa forma, contribuirão sobremaneira para a preservação da saúde dos seus quadros e a para melhoria da qualidade de vida dos mesmos, além de diminuir os custos relativos aos tratamentos dos efeitos da contaminação pelo chumbo.

REFERÊNCIAS

1. Saryan LA; Zenz, C. Lead and its compounds. Em: Zenz, O. C.; Dickerson, B.; Horvath, E. P. eds. Occupational medicine. 3ª ed. St. Louis: Mosby-Year Book, 1994, 506–541.
2. Moreira MFR; Moreira JC. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. Rev Panam Salud Publica, 2004, 15(2):119–29.
3. Xie Y; Chiba M; Shinohara A; Watanabe H; Inaba Y. Studies on lead-binding protein and interaction between lead and selenium in the human erythrocytes. Industrial Health, 1998, 36:234-239.
4. Moreira MFR; Moreira JC. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. Ciênc. Saúde Coletiva, 2004, 9:167-81.
5. Goyer RA. Toxic effects of metals - lead. Em: Amdur MO; Dull J; Klaassen CD, eds. Casareh and Doull's toxicology - the basic science of poisons. 4ª ed. New York: Pergamon Press, 1991, 639–646.
6. Bellinger DC; Hu H; Kalaniti K; Thomas N; Rajan P; Sambandam S; Ramaswamy P; Balakrishnan K. A pilot study of blood lead levels and neurobehavioral function in children living in Chennai, India. International Journal Occupational and Environmental Health, 2005, 11, 138-143.
7. Capellini VLMF; Rodrigues OMPR; Melchiori LE; Valle TGM. Crianças contaminadas por chumbo: Estudo comparativo sobre desempenho escolar. Estudos em Avaliação Educacional, 2008, 19, 155-180.
8. Davis DW; Chang F; Burns B; Robinson J; Dossett D. Lead exposure and attention regulation in children living in poverty. Developmental Medicine & Child Neurology, 2004, 46, 825-831.
9. World Health Organization (WHO) – International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 87: Inorganic and Organic Lead Compounds. Lyon: WHO; 2006.
10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Top 20 hazardous substances, ATSDR/EPA Priority List for 2007. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/07list.html>. Acessado em 12 de abril de 2011.
11. Bordeleau G; Martel R; Ampleman G; Thiboutot S. Environmental impacts of training activities at an air weapons range. J Environ Qual. 2008, 37(2):308-17.
12. Migliorini M; Pigino G; Caruso TP; Fanciulli P; Leonzio C; Bernini F. The effects of heavy metal contamination on the soil arthropod community of a shooting range. Environmental Pollution. 2004, 129; 331–340.

13. Lewis J; Sjöström J; Skyllberg U; Hägglund L. Distribution, chemical speciation, and mobility of lead and antimony originating from small arms ammunition in a coarse-grained unsaturated surface sand. *J Environ Qual.* 2010, Apr 13;39(3):863-70.
14. Nordberg GF; Fowler BA; Nordberg M; Friberg LT (Eds.) *Handbook on the Toxicology of Metals*, 3rd edition, Elsevier 2007; 1-992.
15. Castro AR. Conceitos básicos sobre munição. Disponível em: <http://www.laps.ufpa.br/adalbery/material/criminalistica/Balistica/CONCEITOS_BASICOS_SOBRE_MUNICAO.pdf>. Acesso em: 02 Nov 2009.
16. Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC). Munições CBC. Disponível em: <http://www.cbc.com.br/municoes/index.php?acao3_cod0=0d20db465de06dcf39c08267ca9ea001>. Acesso em: 02 Nov 2009.
17. Tambellini AT; Câmara VM. A temática saúde e ambiente no processo de desenvolvimento do campo da saúde coletiva: aspectos históricos, conceituais e metodológicos. *Ciênc. Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, 1998, v. 3, n. 2, p. 47-59.
18. Brasil. Ministério da Saúde. Doenças relacionadas ao trabalho: manual de procedimentos para os serviços de saúde. Organização Pan-Americana da Saúde no Brasil. Brasília, DF: Ministério da Saúde do Brasil, 580 p. (Serie A. Normas e Manuais Técnicos; n.114), 2001.
19. Brasil. Ministério da Saúde. Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde. Brasília, DF: Fundação Nacional da Saúde, Ministério da Saúde, 2001.
20. Neves EB; Mendonça Jr N; Moreira MFR. Avaliação da exposição a metais numa oficina de recuperação de armamento de uma Organização Militar. *Ciênc. Saúde Coletiva* [periódico na internet] 2009 ago. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232009000600036&lng=pt&nrm=iso>.
21. Bezerra MLS; Neves EB. Perfil da produção científica em Saúde do Trabalhador. *Saude soc.*, São Paulo, 2010, v. 19, n. 2, jun.
22. Madureira PR; De Capitani EM; Vieira RJ; Sakuma AM; Toledo AS; Mello SM. Lead poisoning due to gunshot bullet in contact with cerebrospinal fluid: case report. *Sao Paulo Med. J.*, 2009, São Paulo, v. 127, n. 1, jan.
23. Madureira PR; De Capitani EM; Vieira RJ. Lead poisoning after gunshot wound. *Sao Paulo Med. J.*, São Paulo, v. 118, n. 3, maio 2000. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-31802000000300006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 12 ago. 2009.
24. Waissmann W. O trabalho na gênese das doenças isquêmicas do coração. [Dissertação]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca / Fundação Oswaldo Cruz; 1993. 209 p. Mestrado em Saúde Pública.

25. Da Cunha FG. Contaminação humana e ambiental por chumbo no Vale do Ribeira, nos estados de São Paulo e Paraná. [Tese]. Campinas: Instituto de Geociências / Universidade Estadual de Campinas; 2003. 125 p. Doutorado em Ciências.
26. Figueiredo BR. Minérios e ambiente. Campinas: Ed. da Unicamp, 2000. 401p.
27. Moreira MFR; Moreira JC. A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. Quím. Nova, São Paulo, 2004, v. 27, n. 2, abr. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000200015&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 27 abr. 2011.
28. World Health Organization (WHO). International Programme on Chemical Safety (IPCS). Environmental Health Criteria 165 - Inorganic Lead: Genebra, 1995.
29. Thomas VM, Socolow RH, Fanelli JJ, Spiro TG. Effects of reducing lead in gasoline: An analysis of the international experience. Environ Sci Technol. 1999, 33:3942-48.
30. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Lead, Public Health Service - US Department of Health and Human Services: Atlanta, 2007.
31. Wakefield J. The lead effect. Environ. Health Perspec. 2002, 110:A574-A580.
32. Dona A; Dourakis S; Papadimitropoulos B; Maravelias, C; Koutselinis, A. Flour contamination as a source of lead intoxication. J Toxicol Clin Toxicol, 1999, 37(1):109-12.
33. Minozzo R; Wagner SC; Santos CH; Deimling LI; Mello RS. Prevalência de anemia em trabalhadores expostos ocupacionalmente ao chumbo. Rev. Bras. Hematol. Hemoter., São Paulo, 2009, v. 31, n. 2, abr. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-84842009000200011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 28 jul. 2009. Epub 17-Abr-2009.
34. Quitério SL; Da Silva CRS; Vaitsman DS; Martinhon PT; Moreira MFR; Araújo UC; Mattos RCOC; Santos LSC. Uso da poeira e do ar como indicadores de contaminação ambiental em áreas circunvizinhas a uma fonte de emissão estacionária de chumbo. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro. 2001, 17(3): 501-508.
35. Quitério SL; Moreira MFR; Silva CRS; Arbilla G; Araújo UC; Mattos RCOC. 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, Rio de Janeiro. 2006, 22(9):1817-1823.
36. Paoliello MM; De Capitani EM. Occupational and environmental human lead exposure in Brazil. Environ Res., 2003, 103(2):288-97.
37. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Case Studies in Environmental Medicine - Lead Toxicity. Public Health Service - US Department of Health and Human Services: Atlanta, 1992.

38. Nieboer E; Fletcher GG. Toxicological profile and related health issues: Inorganic Lead (for Physicians). Ontario, McMaster University, 2001.
39. Sadao M. Intoxicação por chumbo. *Revista de Oxidologia*, p. 37–42, 2002.
40. Skerfving S; Gerhardsson L; Schutz A; Svensson BG. Toxicity of detrimental metal ions: Lead. In: Berthan, G. (ed). *Handbook of Metal-Ligand Interactions in Biological Fluids, Bioinorganic Medicine, Vol 2*. New York: Marcel Dekker, 1995, pp 755-765.
41. Maddaloni M; Lolacono N; Manton W; Blum C; Drexler J; Graziano J. Bioavailability of soilborne lead in adults, by stable isotope dilution. *Environ Health Perspect* 106 (Suppl 6): 1998, 1589-1594.
42. Tsalev DL; Zaprianov ZK. *Atomic Absorption Spectrometry in Occupational and Environmental Health Practice*, 2nd ed., vol. I, CRC Press: Boca Raton, 1985.
43. Moreira MFR; Neves EB. Uso do chumbo em urina como indicador de exposição e sua relação com chumbo no sangue. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 2008, v. 24, n. 9, set.
44. Rabinowitz MB; Wetherill GW; Kopple JD. Kinetic analysis of lead metabolism in healthy humans. *The Journal of Clinical Investigation*, 1976, 58(2):260-270.
45. Nilsson U; Attewell R; Christoffersson JO; Schütz A; Ahlgren L; Skerfving S; Mattsson S. Kinetics of lead in bone and blood after end of occupational exposure. *Pharmacology & Toxicology*, 1991, 69(6):477-484.
46. Rabinowitz MB. Toxicokinetics of bone lead. *Environmental Health Perspectives*, 1991, 91:33-37.
47. Mavropoulos E. A Hidroxiapatita como removedora de chumbo. [Dissertação]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca / Fundação Oswaldo Cruz; 1999. 126 p. Mestrado em Saúde Pública.
48. Smith RD; Osterloh JD; Flegal AR. Use of endogenous, stable lead isotopes to determine release of lead from skeleton. *Environmental Health Perspectives*, 1996, 104(1):60-66.
49. Gulson BL; Jameson CW; Mahaffey KR; Mizon KJ; Patison N; Law AJ; Korsch MJ; Salter MA. Relationships of lead in breast milk to lead in blood, urine and diet of infant and mother. *Environmental Health Perspectives*, 1998, 106(10):667-674.
50. Fernandes AMO; Guimarães ZS. *Saúde-doença do trabalhador: um guia para os profissionais*. Goiânia: AB Editora; 2007. 296p. (Coleção Saúde e Segurança do Trabalhador; vol. 3).
51. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). *Toxicological Profile for Mercury*, Public Health Service - US Department of Health and Human Services: Atlanta, 1999. [Acesso em jul. 2009]. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf>>.

52. Organização Panamericana da Saúde (OPAS), Centro Panamericano de Ecologia Humana y Salud. Mercurio; 1987. 82 p. (Série Vigilância, vol. 7).
53. Jesus LDF. Exposição ocupacional ao mercúrio em trabalhadores do ambulatório odontológico de um Posto de Atendimento Médico. [Dissertação]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca / Fundação Oswaldo Cruz; 2011. 128 p. Mestrado em Saúde Pública.
54. Sakai T; Ushio K; Ikeya Y. Mobilized plasma lead as an index of body burden and its relation to the heme-related indices. *Ind Health*. 1998; 36: 240-246.
55. De Gennaro LD. Lead and the developing nervous system. *Growth Dev Aging*. 2002; 66(1):43-50.
56. Lanphear BP; Dietrich K; Auinger P; Cox C. Cognitive deficits associated with blood lead concentrations <10 microg/dL in US children and adolescents. *Public Health Rep*. 2000; 115(6):521-529
57. Skerfving S. Inorganic Lead. In BB Lundberg (edit.). *Criteria documents from the Nordic Expert Group*. International Labour Organisation, Estocolmo, 1993, 125-238.
58. Palus J; Rydzynski K; Dziubaltowska E; Wyszynska K; Natarajan AT; Nilsson R. Genotoxic effects of occupational exposure to lead and cadmium. *Mutat Res.*, 2003, 540(1):19-28.
59. Minozzo R; Deimling LI; Gigante LP; Santos-Mello R. Micronuclei in peripheral blood lymphocytes of workers exposed to lead. *Mutat Res.*, 2004, 565(1):53-60.
60. Chen Z; Lou J; Chen S, Zheng W; Wu W; Jin L; Deng H; He J. Evaluating the genotoxic effects of workers exposed to lead using micronucleus assay, comet assay and TCR gene mutation test. *Toxicology*, 2006, 223(3):219-26.
61. Osterberg K; Börjesson J; Gerhardsson L; Schütz A; Skerfving S. A neurobehavioural study of long-term occupational inorganic lead exposure. *The Science of the total environment*, 1997, 201(1):39-51.
62. Hänninen H; Aitio A; Kovala T; Luukkonen R; Matikainen E; Mannelin T; Erkkilä J; Riihimäki V. Occupational exposure to lead and neuropsychological dysfunction. *Occup Environ Med*. 1998, Mar;55(3):202-9.
63. Kovala T; Matikainen E; Mannelin T; Erkkilä J; Riihimäki V; Hänninen H; Aitio A. Effects of low level exposure to lead on neurophysiological functions among lead battery workers. *Occup Environ Med*. 1997, Jul;54(7):487-93.
64. Schwartz BS; Stewart WF; Bolla KI; Simon PD; Bandeen-Roche K; Gordon PB; Links JM; Todd AC. Past adult lead exposure is associated with longitudinal decline in cognitive function. *Neurology*. 2000 Oct 24;55(8):1144-50. Erratum in: *Neurology* 2001 Jan 23;56(2):283.

65. Nordberg M; Winblad B; Fratiglioni L; Basun H. Lead concentrations in elderly urban people related to blood pressure and mental performance: results from a population-based study. *Am J Ind Med*, 2000, Sep;38(3):290-4.
66. Murata K; Araki S; Yokoyama K; Uchida E; Fujimura Y. Assessment of central, peripheral, and autonomic nervous system functions in lead workers: neuroelectrophysiological studies. *Environ. Res.*, 1993, 61:323-36.
67. Hirata M; Kosaka H. Effects of lead exposure on neurophysiological parameters. *Environ. Res.*, 1993, 63:60-9.
68. Murata K; Araki S; Yokoyama K; Nomiya K; Nomiya H; Tào Yx; Liu S J. Autonomic and central nervous system effects of lead in female glass workers in China. *Am. J. Ind. Med.*, 1995, 28(2):233-44.
69. Araki S; Sato H; Yokoyama K; Murata K. Subclinical neurophysiological effects of lead: a review on peripheral, central and autonomic nervous system effects in lead workers. *Am. J. Ind. Med.*, 2000, 37(2):193-204.
70. Hu H; Watanabe H; Payton M; Korrick S; Rotnitzky A. The relationship between bone lead and hemoglobin. *JAMA*. 1994, Nov 16;272(19):1512-7.
71. Serwint JR; Damokosh AI; Berger OG; Chisolm JJ; Gunter EW; Jones RL; Rhoads GG; Rogan W. No difference in iron status between children with low and moderate lead exposure. *The Journal of pediatrics*, 1999; 135(1):108-10.
72. Wright RO. The role of iron therapy in childhood plumbism. *Curr Opin Pediatr*. 1999, Jun; 11(3):255-8.
73. Osterode W, Barnas U, Geissler K. Dose dependent reduction of erythroid progenitor cells and inappropriate erythropoietin response in exposure to lead: new aspects of anaemia induced by lead. *Occup Environ Med*. 1999; 56:106-9.
74. Counter SA; Buchanan LH; Ortega F; Rifai N. Blood lead and hemoglobin levels in Andean children with chronic lead intoxication. *Neurotoxicology*, 2000, 21: 301-308.
75. Suplido ML, Ong CN. Lead exposure among small-scale battery recyclers, automobile radiator mechanics, and their children in Manila, the Philippines. *Environ Res*. 2000; 82(3):231- 238.
76. Vahter M, Counter SA, Laurell G, Buchanan LH, Ortega F, Schutz A, et al. Extensive lead exposure in children living in an area with production of lead-glazed tiles in the Ecuadorian Andes. *Int Arch Occup Environ Health*. 1997; 70(4):282-286.
77. Fromm P, Kristal-Boneh E, Benbassat J, Ashkanazi R, Ribak J. Lead exposure in battery-factory workers is not associated with anemia. *J Occup Environ Med*. 1999; 41(2): 120-123.
78. Koo WW, Succop PA, Bornschein RL, Krug-Wispe SK, Steinchen JJ, Tsang RC, et al. Serum vitamin D metabolites and bone mineralization in young children with chronic low to moderate lead exposure. *Pediatrics*. 1991; 87(5):680-687.

79. Singh B, Chandran V, Bandhu HK, Mittal BR, Bhattacharya A, Jindal SK, et al. Impact of lead exposure on pituitary-thyroid axis in humans. *Biometals*. 2000; 13(2):187-192.
80. Erfurth EM, Gerhardsson L, Nilsson A, Rylander L, Schutz A, Skerfving S, et al. Effects of lead on the endocrine system in lead smelter workers. *Arch Environ Health*. 2001; 56(5):449-455.
81. Ballew C, Khan LK, Kaufmann R, Mokdad A, Miller DT, Gunter EW. Blood lead concentration and children's anthropometric dimensions in the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III), 1988-1994. *J Pediatr*. 1999; 134(5):623-630.
82. Berglund M, Akesson A, Bjellerup P, Vahter M. Metal-bone interactions. *Toxicol Lett*. 2000; 112-113:219-225.
83. Vivoli G, Fantuzzi G, Bergomi M, Tonelli E, Gatto MR, Zanetti F, et al. Relationship between low lead exposure and somatic growth in adolescents. *J Exp Anal Environ Epidemiol*. 1993; 3(Suppl.1):201-209.
84. Hicks DG, OKeefe RJ, Reynolds KJ, Cory-Slechta DA, Puzas JE, Judkins A. Effects of lead on growth plate chondrocyte phenotype. *Toxicol Appl Pharmacol*. 1996; 140(1):164-172.
85. Mortada WI, Sobh MA, El-Defrawy MM, Farahat SE. Study of lead exposure from automobile exhaust as a risk for nephrotoxicity among traffic policemen. *Am J Nephrol*. 2001; 21(4):274-279.
86. Loghman-Adham M. Renal effects of environmental and occupational lead exposure. *Environ Health Perspect*. 1997; 105(9):928-939.
87. Nolan CV, Shaikh ZA. Lead nephrotoxicity and associated disorders: biochemical mechanisms. *Toxicology*. 1992; 73(2):127-146.
88. Lee BK, Lee GS, Stewart WF, Ahn KD, Simon D, Kelsey KT, et al. Associations of blood pressure and hypertension with lead dose measures and polymorphisms in the vitamin D receptor and delta-aminolevulinic acid dehydratase. *Environ Health Perspect*. 2001; 109(4):383-389.
89. Nashashibi N; Cardamakis E; Bolbos G; Tzingounis V. Investigation of kinetic of lead during pregnancy and lactation. *Gynecologic and Obstetric Investigation*. 1999, 48(3):158-162.
90. Paksy K, Gati I, Naray M, Rajczy K. Lead accumulation in human ovarian follicular fluid, and in vitro effect of lead on progesterone production by cultured human ovarian granulosa cells. *J Toxicol Environ Health*. 2001; 62(5):359-366.
91. Bonde JP, Joffe M, Apostoli P, Dale A, Kiss P, Spano M, et al. Sperm count and chromatin structure in men exposed to inorganic lead: lowest adverse effect levels. *Occup Environ Med*. 2002; 59(2):234-242.

92. Marchlewicz M. Effectiveness of blood-testis and blood-epididymis barriers for lead. *Ann Acad Med Stetin*. 1994; 40:37-51.
93. Flora GJ, Arora U, Seth PK. Influence of combined therapeutic potential of meso 2,3-dimercaptosuccinic acid and calcium disodium edetate on lead-induced testicular alterations in rats. *Biomed Environ Sci*. 1999; 12(4):285-291.
94. Gandley R, Anderson L, Silbergeld EK. Lead: male-mediated effects on reproduction and development in the rat. *Environ Res*. 1999; 80(4):355-363.
95. Alexander BH; Checkoway H; Costa-Mallen P; Faustman EM; Woods JS; Kelsey KT; van Netten C; Costa LG. Interaction of blood lead and d-aminolevulinic acid dehydratase genotype on markers of heme synthesis and sperm production in lead smelter. *Environ Health Perspect*. 1998; 106(4):213-216.
96. Alexander BH; Checkoway H; van Netten C; Muller CH; Ewers TG; Kaufman JD; Mueller BA; Vaughan TL; Faustman EM. Semen quality of men employed at a lead smelter. *Occup Environ Med*. 1996; 53(6):411- 416.
97. Han SG, Pfizenmaier DH, Garcia E, Eguez ML, Ling M, Kemp FW. Effects of lead exposure before pregnancy and dietary calcium during pregnancy on fetal development and lead accumulation. *Environ Health Perspect*. 2000; 108(6):527-531.
98. Odland JO, Nieboer E, Romanova N, Thomassen Y, Lund E. Blood lead and cadmium and birth weight among sub-arctic and arctic populations of Norway and Russia. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 1999; 78(10):852- 860.
99. Andrews KW, Savitz DA, Hertz-Picciotto I. Prenatal lead exposure in relation to gestational age and birth weight: a review of epidemiologic studies. *Am J Ind Med*. 1994; 26(1): 13-32.
100. Torres-Sanchez LE, Berkowitz G, Carrillo LL, Arreola LT, Rios C, Cervantes MC. Intrauterine lead exposure and preterm birth. *Environ Res*. 1999; 81(4):297-301.
101. Silbergeld EK, Waalkes M, Rice JM. Lead as a carcinogen: experimental evidence and mechanisms of action. *Am J Ind Med*. 2000; 38(3): 316-323.
102. World Health Organization (WHO) – International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 83, Tobacco Smoke and Involuntary Smoking, Lyon, WHO: 2004.
103. Victory W, Tyroler HA, Volpe R, Grant LD. Summary of discussion sessions: symposium on lead-blood pressure relationships. *Environ Health Perspect*. 1988; 78:139-155.
104. Dolenc P, Staessen JA, Lauwerys RR, Amery A. Short report: low-level lead exposure does not increase the blood pressure in the general population. Cadmibel Study Group. *J Hypertens*. 1993; 11(5):589-593.

105. Bost L, Primates P, Dong W, Poulter N. Blood lead and blood pressure: evidence from the Health Survey for England 1995. *J Hum Hypertens*. 1999; 13(2):123-128.
106. Tandon SK, Chatterjee M, Bhargava A, Shukla V, Bihari V. Lead poisoning in Indian silver refiners. *Sci Total Environ*. 2001; 281(1-3):177- 182.
107. Popp W, Werfel U, Peters T, Kramer R, Bruch J. Occupational lead poisoning due to deficient protective measures at the work place. *Dtsch Med Wochenschr*. 2001; 126(43):1201- 1204.
108. Tsaih SWT, Schwartz J, Lee M-LT, Amarasiriwardena C, Aro A, Sparrow D, Hu H. The independent contribution of bone and erythrocyte lead to urinary lead among middle-aged and elderly man: The Normative Aging Study. *Environmental Health Perspectives*, 1999; 107, 391-396.
109. Hsiao CY, Wu HD, Lai JS, Kuo HW. A longitudinal study of the effects of long-term exposure to lead among lead battery factory workers in Taiwan (1989-1999). *Sci Total Environ*. 2001; 279(1-3):151-158.
110. Barros PL. Balística forense. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Goiânia: Universidade Católica de Goiânia; 2002. 81 p. Graduação em Direito.
111. França GV. Traumatologia médico-legal. *Medicina Legal*. 5. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
112. Sato EM. O que é e como funciona o confronto microbalístico. *Perícia Federal*, Brasília, 2003, n. 15, set./out. Disponível em <<http://www.apcf.com.br/Portals/0/Revista%20Per%C3%ADcia%20Federal/15.pdf>>. Acesso em 02 nov. 2009.
113. Chemello E. Ciência Forense: balística. *Química Virtual*, fevereiro, 2007. Disponível em: http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007fev_forense3.pdf
114. Dillman RO; Crumb CK; Lidsky MJ. Lead poisoning from a gunshot wound. Report of a case and review of the literature. *Am J Med*. 1979, Mar;66(3):509-14.
115. McQuirter JL; Rothenberg SJ; Dinkins GA; Kondrashov V; Manalo M; Todd AC. Change in blood lead concentration up to 1 year after a gunshot wound with a retained bullet. *Am J Epidemiol*. 2004; 159:683 – 692.
116. Meggs WJ; Gerr F; Aly MH; Kierena T; Roberts DL; Shih R; Kim HC; Hoffman R. The treatment of lead poisoning from gunshot wounds with succimer (DMSA). *J Toxicol Clin Toxicol*. 1994; 32:377–385
117. Coon T; Miller M; Shirazi F; Sullivan J. Lead Toxicity in a 14-Year-Old Female With Retained Bullet Fragments. *Pediatrics*, 2006; 117;227-230.
118. McQuirter JL; Rothenberg SJ; Dinkins GA; Manalo M; Kondrashov V; Todd AC. The effects of retained lead bullets on body lead burden. *J Trauma*. 2001; 50: 892 – 899

119. Pivetta F; Machado JMH; Araújo U; Moreira MFR; Apostoli P. Monitoramento Biológico: Conceitos e Aplicações em Saúde Pública. Cad. de Saúde Pública. 2001 maio/jun; 17(3):545-54.
120. Azevedo SV. Determinação dos níveis de estanho em fluidos biológicos de população exposta ambientalmente na Vila Massangana, RO. [Dissertação]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca / Fundação Oswaldo Cruz; 2009. 98 p. Mestrado em Saúde Pública.
121. Amorim LCA. Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. Rev. Bras. Epidemiol. 2003; 6 supl 1:158-70.
122. Bertazzi PA; Toffoletto F; Pesatori AC. Problemi Etici Del Monitoraggio Biológico in Advances in Occupational Medicine. Aggiornamenti in medicina Occupazionale. 1. Pavia, Maugeri Foundation Books. 2000.
123. Bonassi S. Biomarkers in Molecular Epidemiology Studies for Health Risk Prediction. Mutat. Res, 2002, 511 (1):73 – 86.
124. Mutti A. Biological Monitoring in Occupational and Environmental Toxicology. Toxicol. Lett; 1999. 108 (2 - 3): 77 – 89.
125. Mitri, S. Padronização e Aplicação de uma Metodologia para Determinação do Polimorfismo da Enzima Ácido δ -Aminolevulínico Desidratase na Avaliação da Exposição ao Chumbo. [Dissertação] Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca / Fundação Oswaldo Cruz; 2003. 50 p. Mestrado em Saúde Pública.
126. Kang DH. Molecular and Genetic Epidemiology. Exp. Mol. Med. 2001, 21 (33) (Suppl. 1): 73 – 82.
127. Chuang HY; Yu KT; Ho CK; Wu MT; Lin GT; Wu TN. Investigations of vitamin D receptor polymorphism affecting workers' susceptibility to lead. Journal of Occupational Health, 2004, 46: 316-321.
128. Taiolli E. Structure of Epidemiological Studies on Genetic Susceptibility to Environmental Toxicants. Toxicol Lett., 2002, 127 (1 - 3): 315 – 319.
129. Schwartz BS; Lee BK; Stewart W; Ahn KD; Springer K; Kelsey K. Associations of δ -aminolevulinic acid dehydratase genotype with plant, exposure duration and blood lead and zinc protoporphyrin levels in Korean lead workers. American Journal of Epidemiology. 1995, 142: 7, 738 – 745.
130. Sakai T; Morita Y; Araki T. Relationship between δ -aminolevulinic acid dehydratase genotype and haem precursors in lead workers. In International Conference, 7-9 June 1999, Gargnano, Italy – Lead exposure, reproductive toxicity and carcinogenicity: abstract book. Milan : Studio AES – Servizi Congressuali, 1999.
131. Watson WP; Mutti A. Role of biomarkers in monitoring exposures to chemicals: present position, future prospects. 2004, 9:3, 211-242.

132. Barbosa Jr F; Tanus-Santos JE; Gerlach RF; Parsons PJ. A critical review of biomarkers used for monitoring human exposure to lead: advantages, limitations and future needs. *Ciênc. saúde coletiva* [periódico na Internet]. 2006 Mar [Acessado em 08 Abr 2011]; 11(1): 229-241. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232006000100032&lng=pt.
133. Sakai T. Biomarkers of lead exposure. *Ind Health* 2000; 38:127-42.
134. Stoepler M; Brandt K; Rains TC. Contribution to automated trace analysis. Part II. Rapid methods for the automated determination of lead in whole blood by electrothermal atomic-absorption spectrophotometry. *Analyst*, 1978, 103: 714-22.
135. Moreira MFR; Pivetta F. Manganese Determination in Air, Blood and Urine, using $Mg(NO_3)_2$ as Modifier and "In Situ" Decontamination by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry. *Atomic Spectroscopy*, 1996; 19 (4):24-30.
136. Nascimento Luiz Fernando C., Izário Filho Hécio José, Baltazar Eduardo de Oliveira. Níveis de chumbo em colostro humano: um estudo no Vale do Paraíba. *Rev. Bras. Saude Mater. Infant.* [periódico na Internet]. 2006 Mar [Acessado em: 28 Abr 2011]; 6(1): 69-74. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-38292006000100008&lng=pt.
137. Turan S; Saygi S; Kiliç Z; Acar O. Determination of heavy metal content in human colostrum samples by electrothermal atomic absorption spectrophotometry. *J Trop Pediatr*, 2001; 47: 81-5.
138. Olympio KPK; Naozuka J; Oliveira PV; Cardoso MRA; Bechara EJH; Günther WMR. Association of dental enamel lead levels with risk factors for environmental exposure. *Rev. Saúde Pública* [serial on the Internet]. 2010 Oct [Acessado em: 28 Abr 2011]; 44(5): 851-858. Available from: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102010000500010&lng=en.
139. Carvalho FM; Silvany Neto AM; Tavares TM; Costa ACA; Chaves CDR; Nascimento LD; Reis MA. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*, 2003, 13(1).
140. Alessio L; Foà V. Human Biological Monitoring of Industrial Chemicals Series - Lead, CCE: Luxemburgo, 1983.
141. Smith D; Hernandez-Avila M; Tellez-Rojo MM; Mercado A; Hu H. The relationship between lead in plasma and whole blood in women. *Environ. Health Perspect.* 2002, 110: 263-268.
142. Silbergeld EK. New approaches to monitoring environmental neurotoxins. *Ann NY Acad Sci*, 1993; 694:62-71.

143. Pan AYS. Lead levels in saliva and in blood. *J Toxicol Environ Health*, 1981; 7:273-80.
144. Omokhodion FO, Crockford GW. Lead in sweat and its relationship to salivary and urinary levels in normal healthy-subjects. *Sci Total Environ*, 1991; 103: 113 – 22.
145. Koh D, Ng V, Chua LH, Yang Y, Ong HY, Chia SE. Can salivary lead be used for biological monitoring of lead exposed individuals? *Occup Environ Med*, 2003; 60: 696 – 8.
146. Wilhelm M, Pesch A, Rostek U, Begerow J, Schmitz N, Idel H, Ranft U. Concentrations of lead in blood, hair and saliva of German children living in three different areas of traffic density. *Sci Total Environ*, 2002; 297: 109 – 18.
147. Todd AC; Carroll S; Geraghty C; Khan FA; Moshier EL; Tang S; Parsons PJ. L-shell x-ray fluorescence measurements of lead in bone: accuracy and precision. *Phys Med Biol*. 2002 Apr 21;47(8):1399-419.
148. Schuhmacher M, Domingo JL, Llobet JM, Corbella. Lead in children's hair, as related to exposure in Tarragona province, Spain. *Sci Total Environ* 1991; 104:167-73.
149. Morton J, Carolan VA, Gardiner PHE. Removal of exogenously bound elements from human hair by various washing procedures and determination by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Anal Chim Acta*, 2002; 455:23-4.
150. Wolfsperger M, Hauser G, Gossler W, Schlagenhafen, C. Heavy metals in human hair samples from Austria and Italy-Influence of sex and smoking-habits. *Sci Total Environ*, 1994; 156:235-42.
151. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Hair Analysis Panel Discussion: Exploring the State of the Science. 2001. [Acessada em 08 Abr 2011]. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/hair_analysis/>.
152. Seidel S, Kreutzer R, Smith D, McNeel S, Gilliss D. Assessment of commercial laboratories performing hair mineral. *JAMA* 2001; 285:67-72.
153. Takagi Y; Matsuda S; Imai S; Ohmori Y; Vinson JA, Mehra MC, Puri BK, Kaniewski A. Survey of trace elements in human nails: an international comparison. *Bull Environ Contam Toxicol*, 1988 Nov; 41(5):690-5.
154. Nowak B; Chmielnicka J. Relationship of lead and cadmium to essential elements in hair, teeth, and nails of environmentally exposed people. *Ecotox Environ Safe*, 2000; 46:265-74.
155. Rodushkin I; Axelsson MD. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part II. A study of the inhabitants of Northern Sweden. *Sci Total Environ*, 2000; 262:21-36.
156. Gulson BL. Nails: Concern over their use in lead exposure assessment. *Sci Total Environ*, 1996. 177:323-7.

157. Jacob LCB; Alvarenga KF; Morata TC. Os efeitos da exposição ocupacional ao chumbo sobre o sistema auditivo: uma revisão da literatura. Rev. Bras. Otorrinolaringol. [periódico na Internet]. 2002 Ago [Acessado em 11 Abr 2011]; 68(4): 564-569. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-72992002000400018&lng=pt.
158. Cordeiro R. O saturnismo em Bauru. In: Pimenta AL, Costa Filho DC (org.). Saúde do trabalhador. São Paulo: Hucitec; 1988. pp. 47-83.
159. Instituto Nacional de Salud Pública; Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Intoxicación por plomo: de la detección a la prevención primaria. Salud Pública de México, 1995, Vol. 37 No. 3: 264-276.
160. Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). NR-7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Portaria SSST n.º 19, 09 de abril de 1998. [Acessado em 28 mar. 2011]. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_07_at.pdf>.
161. Pedrozo MFM. Toxicologia (Monitorização) da Exposição de Populações a Agentes Tóxicos. In: Azevedo FA, Chasin AAM. As bases toxicológicas da ecotoxicologia. São Carlos: RiMa; 2003.
162. European Community Draft Directives Regarding the Environmental Health Aspects of Lead. Int. Arch. occup. Environ. Hlth, 1975, 35:189-92.
163. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Lead Toxicity: What Are the U.S. Standards for Lead Levels? Disponível em: http://www.atsdr.cdc.gov/csem/lead/pb_standards2.html. Acessado em 13 de março de 2011.
164. World Health Organization (WHO), Organização Internacional do Trabalho, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Final review of scientific informations on lead; 2010. [Acesso em 14 Abr. 2011]. Disponível em: http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/Interim_reviews/UNEP_GC26_INF_11_Add_1_Final_UNEP_Lead_review_and_appendix_Dec_2010.pdf
165. Fenton JJ. Toxicology: A Case-Oriented Approach. CRC Press, Boca Raton, FL, 2002.
166. Rosenstock L; Cullen MR; Redlich CA; Brodtkin CA (edit). Textbook of Clinical Occupational and Environmental Medicine, 2nd ed. Elsevier, Ltd, London/W.B.Saunders:Philadelphia, 2005.
167. Schhute NP, Knight AL, Jahn O. Mercury and Its Compounds. In: Zenz OC, Dickerson B, Horvarth EP, eds. Occupational Medicine. 3ª ed. St. Louis: Mosby-Year Book; 1994. p. 549-576.

168. Rice DR. Animal Models of Cognitive Impairment Produced by Developmental Lead Exposure. In: *Frontiers in Neuroscience. Animal Models of Cognitive Impairment*; 2006. [Acesso em 14 Abr. 2011]. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2524/>.
169. Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL). European Community Draft Directives Regarding the Environmental Health Aspects of Lead. *Int. Arch. occup. Environ. Hlth*, 1975, 35:189-92.
170. Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP). Critério de Classificação Econômica Brasil. Disponível em <http://www.abep.org/novo/Content.aspx?ContentID=301>>. Acessado em 10 de dezembro de 2010.
171. Masur J; Monteiro MG. Validation of the CAGE alcoholism screening test in a Brazilian psychiatric inpatient hospital setting. *Braz J Med Biol Res*. 1983, 16:215-8.
172. São Paulo (cidade), Secretaria Municipal da Saúde, Coordenação de Epidemiologia e Informação CEInfo. Inquérito de Saúde no Município de São Paulo – ISA Capital 2003. Principais Resultados - Estilo de Vida, Morbidade Referida, Uso de Serviços, Auto-Avaliação de Saúde e Temas Especiais. Julho, 2007. São Paulo: Secretaria Municipal da Saúde; 2006. 29 p.
173. Corradi-Webster CM; Laprega MR; Furtado EF. Avaliação do desempenho do CAGE com pacientes psiquiátricos ambulatoriais. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*. 2005 Nov./Dec; 13(2): 1213-18.
174. Domingos NAM; Domingos; JCV. Levantamento sobre o uso de álcool e drogas em universitários. *Rev. bras. ter. cogn.* 2005 jun.; 1(1): 75-82.
175. Lacerda RASV. Avaliação da exposição e dos efeitos à saúde por mercúrio metálico em profissionais de odontologia de uma empresa de serviço social do comércio do Estado do Rio de Janeiro. [Dissertação]. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos em Saúde Coletiva / Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2000. 76 p. Mestrado em Saúde Coletiva.
176. Lundberg I; Hogberg M; Michelsen H; Nise G; Hogstedt C. Evaluation of the Q16 questionnaire on neurotoxic symptoms and a review of its use. *Occupational and Environmental Medicine*. 1997; 54:343-50. (English)
177. Schutz A; Olsson M, Jensen A; Gerhardsson L; Borjesson J; Mattsson S; Skerfving S. Lead in finger bone, whole blood, plasma and urine in lead-smelter workers: extended exposure range. *Int Arch Occup Environ Health* 2005; 78:35-43.
178. Bussacos MA. Estatística aplicada à saúde ocupacional. São Paulo: FUNDACENTRO; 1997. 103p.
179. Field A. Descobrimo a estatística com o SPSS. Porto Alegre: Artmed; 2009. 687 p.

180. Motta VT; Oliveira Filho PF. SPSS – Análise de dados biomédicos. Rio de Janeiro: MEDBOOK; 2009. 334 p.
181. Reis E. Estatística Descritiva (2ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo, 1994.
182. Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). The nature and extent of lead poisoning in children in the United States: a report to Congress. DHHS, ATSDR, 1988.
183. Paoliello MMB; Gutierrez PR; Turini CA; Matsuo T; Mezzaroba L; Barbosa DS; Alvarenga ALP; Carvalho SRQ; Figueiroa GA; Leite VGM; Gutierrez AC; Nogueira KB; Inamine WAS; Zavatti AM. Valores de referência para plumbemia em população urbana. Rev. Saúde Pública [periódico na Internet]. 1997 Abr [citado 2011 Abr 28]; 31(2): 144-148. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101997000200007&lng=pt.
184. Paoliello MMB; Gutierrez PR; Turini CA; Matsuo T; Mezzaroba L; Barbosa DS; Carvalho SRQ; Alvarenga ALP; Rezende MI; Figueiroa GA; Leite VGM; Gutierrez AC; Lobo BCR; Cascales RA. Valores de referência para plumbemia em uma população urbana do Sul do Brasil. Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health 2001, 9(5).
185. Minoia C; Sabbion E; Apostoli P; Pietra R; Pozzoli L; Gallorini M, Nicolaou G, Alessio L, Capodaglio E. Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Community: a study of 46 elements in urine, blood and serum of Italian subjects. Sci Total Environ (Netherlands) 1990; 95:89–105.
186. Linden MA; Manton WI; Stewart RM; Thal ER; Feit H. Lead poisoning from retained bullets: Pathogenesis, diagnosis, and management. Ann. Surg., 1982, 195, 305–313.
187. McNutt TK; Chambers-Emerson J; Dethlefsen M; Shah R. Bite the bullet: Lead poisoning after ingestion of 206 lead bullets. Vet. hum. Toxicol., 2001, 43, 288–289.
188. Treble RG; Thompson TS. Elevated blood lead levels resulting from the ingestion of air rifle pellets. J. anal. Toxicol. 2002, 26, 370–373.
189. Landrigan PJ; McKinney AS; Hopkins LC; Rhodes WW; Jr Price WA; Cox DH. Chronic lead absorption: Result of poor ventilation in an indoor pistol range. JAMA, 1975, 234, 394–397.
190. Fischbein A; Rice C; Sarkozi L; Kon SH; Petrocci M; Selikoff IJ. Exposure to lead in firing ranges. JAMA, 1979, 241, 1141–1144.
191. Muskett CJ; Caswell R. An investigation into lead in two indoor small-bore rifle ranges. Ann. occup. Hyg., 1980, 23, 283–294.
192. Dams R; Vandecasteele C; Desmet B; Helsen M; Nagels M; Vermeir G; Yu ZQ. Element concentrations in the air of an indoor shooting range. Sci. total Environ., 1988, 77, 1–13.

193. Chau TT; Chen WY; Hsiao TM; Liu HW. Chronic lead intoxication at an indoor firing range in Taiwan. *Clin. Toxicol.*, 1995, 33, 371–372.
194. George PM; Walmsley TA; Currie D; Wells JE. Lead exposure during recreational use of small bore rifle ranges. *N.Z. Med. J.*, 1993, 106, 422–424.
195. Svensson BG; Schütz A; Nilsson A; Skerfving S. Lead exposure in indoor firing ranges. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 1992, 64, 219–221.
196. Löfstedt H; Seldén A; Storéus L; Bodin, L. Blood lead in Swedish police officers. *Am. J. Ind. Med.*, 1999, 35, 519–522.
197. Smith DL. Lead absorption in police small-arms instructors. *J. Soc. occup. Med.*, 1976, 26, 139–140.
198. Brown JR. A survey of the effects of lead on gunners. *J. R. Army med. Corps*, 1983, 129, 75–81.
199. Novotny T; Cook M; Hughes J; Lee SA. Lead exposure in a firing range. *Am. J. Public Health*, 1987, 77, 1225–1226.
200. Tripathi RK; Sherertz PC; Llewellyn GC; Armstrong CW; Ramsey SL. Overexposures to lead at a covered outdoor firing range. *J. Am. College Toxicol.*, 1989, 8, 1189–1195.
201. Valway SE; Martyny JW; Miller JR; Cook M; Mangione EJ. Lead absorption in indoor firing range users. *Am. J. Public Health*, 1989, 79, 1029–1032.
202. Tripathi RK; Sherertz PC; Llewellyn GC; Armstrong CW; Ramsey SL. Reducing exposures to airborne lead in a covered, outdoor firing range by using totally copper-jacketed bullets. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1990, 51, 28–31.
203. Goldberg RL; Hicks AM; O’Leary LM; London S. Lead exposure at uncovered outdoor firing ranges. *J. occup. Med.*, 1991, 33, 718–719.
204. Tripathi RK; Sherertz PC; Llewellyn GC; Armstrong CW. Lead exposure in outdoor firearm instructors. *Am. J. publ. Health*, 1991, 81, 753–755.
205. Prince TS; Horstman SW. Case study at a college rifle range: The effect of a new ventilation system on air and blood lead levels. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 1993, 8, 909–911.
206. Robbins SK; Blehm KD; Buchan RM. Controlling airborne lead in indoor firing ranges. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 1990, 5, 435–439.
207. Bonanno J; Robson MG; Buckley B; Modica M. Lead exposure at a covered outdoor firing range. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 2002, 68, 315–323.
208. Morisi G; Patriarca M; Carrieri MP; Fondi G; Taggi F. Lead exposure: assessment of the risk for the general Italian population. *Ann. Ist. Sup. Sanità*, 1989, 25:423-6.

209. Apostoli P; Alessio L. Valori di riferimento e controllo dei fattori di variabilità. Em: La Promozione della qualità dei dati nel monitoraggio biologico. Bologna, Itália: Moderna; 1990. pp. 111–27.
210. Iyengar V; Wolttiez J. Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identify reference values. *Clin.Chem.*, 1988, 34:474-81.
211. McKelvey W; Gwynn RC; Jeffery N; Kass D; Thorpe LE; Garg RK; Palmer CD; Parsons PJ. A Biomonitoring Study of Lead, Cadmium, and Mercury in the Blood of New York City Adults. *Environ Health Perspect.* 2007, October; 115(10): 1435–1441.
212. Bonanno LJ, Freeman NCG, Greenberg M, Lioy PJ. Multivariate analysis on levels of selected metals, particulate matter, VOC, and household characteristics and activities from the midwestern states NHEXAS. *Appl Occup Environ Hyg.*, 2001, 16(9):859-874.
213. Mannino DM; Albalak R; Grosse S; Repace J. Second-hand smoke exposure and blood lead levels in U.S. children. *Epidemiology*, 2003, 14(6):719-727.
214. Scuderi GJ; Vaccaro AR; Fitzhenry LN; Greenberg S; Eismont F. Long-term clinical manifestations of retained bullet fragments within the intervertebral disk space. *J Spinal Disord Tech.* 2004; 17(2):108-11.
215. Grogan DP; Bucholz RW. Acute lead intoxication from a bullet in an intervertebral disc space. A case report. *J Bone Joint Surg Am.* 1981; 63(7):1180-2.
216. De Capitani EM. Diagnóstico e tratamento de intoxicações. In: Azevedo FA, Chasin AAM, editores. *Metais: gerenciamento da toxicidade.* São Paulo: Atheneu; 2003. p. 415-50.
217. Greenberg SR. The histopathology of tissue lead retention. *Histol Histopathol*, 1990; 5:541-6.
218. Cavalieri Costa R; Stape CA; Suzuki I; Targa WH; Batista MA; Bernabe AC; Miranda FG; Lage LA. Lead poisoning caused by bullet in the hip. Report of 2 cases. *Rev Hosp Clin Fac Med São Paulo*, 1994; 49:124-7.
219. Farrell SE; Vandevander P; Schoffstall JM; Lee DC. Blood lead levels in emergency department patients with retained lead bullets and shrapnel. *Acad Emerg Med.* 1999; 6:208–212.
220. Mikler J; Banovcin P; Jesenak M; Hamzikova J; Stelova D. Successful treatment of extreme acute lead intoxication. *Toxicology and Industrial Health*, 2009; 25: 137–140.
221. St Clair WS; Benjamin J. Lead intoxication from ingestion of fishing sinkers: a case study and review of the literature. *Clin Pediatr (Phila).* 2008, Jan;47(1):66-70.
222. Yule W; Lannsdow RG. Blood lead concentrations in school age children, intelligence and attainment in a school populations: A pilot study. *Developmental Medicine and Child Neurologic*, 1993, 23, 567-576.

223. Kühnel TV; Tudor C; Neukam FW; Nkenke E; Stockmann P. Air gun pellet remaining in the maxillary sinus for 50 years - a relevant risk factor for the patient? *Int J Oral Maxillofac Surg*; 2010, Apr; 39(4):407-11.
224. Ramos A; da Silva Filho JF; Jardim SR. Dados sociodemográficos e condições de trabalho de pintores expostos a solventes em uma universidade pública da cidade do Rio de Janeiro, *Rev. bras. saúde ocup*; 2007, 32(116), jul.-dez.
225. Sinisterra DBM; Nova SMP. Aplicabilidad de los test neuroconductuales para las detección temprana de efectos en el sistema nervioso central por exposición ocupacional a solventes. [Monografía]. Bogotá: Facultad de Enfermería y Medicina / Pontificia Universidad Javeriana; 2008. 108 p. Especialização em Saúde Ocupacional.
226. Smargiassi A; Bergamaschi E; Mutti A; Cella MT. Predictive validity of the Q16 questionnaire: a comparison between reported symptoms and neurobehavioral tests. *Neurotoxicology*. 1998 Aug-Oct;19(4-5):703-8.
227. Elias RW. Lead exposures in the human environment. In: Mahaffey KR, ed., *Dietary and Environmental Lead: Human Health Effects*, Amsterdam, Elsevier Science Publisher B.V., 1985, pp. 79–107.
228. Kitchel SH. Current treatment of gunshot wounds to the spine. *Clin Orthop*, 2003; 408:115 – 9.
229. Waters RL; Sie IH. Spinal cord injuries from gunshot wounds to the spine. *Clin Orthop*, 2003; 408:120 – 5.
230. Kossmann T; Trease L; Freedman I; Malham G. Damage control surgery for spine trauma. *Injury, Int. J. Care Injured*, 2004, 35, 661 – 670.
231. Schaefer SD; Bucholz RW; Jones RE; Carder HM. The management of transpharyngeal gunshot wounds to the cervical spine. *Surg Gynecol Obstet*, 1981; 152(1):27 – 9.
232. Sociedade Brasileira de Neurocirurgia (SBN). Traumatismo craniocéfálico moderado e grave por ferimento por projétil de arma de fogo: diagnóstico e conduta. Associação Médica Brasileira / Conselho Federal de Medicina, São Paulo, 2004.

ANEXO A

QUESTIONÁRIO AOS SUJEITOS

NOME: _____

IDADE: _____; SEXO: Fem () Masc (); POSTO/GRADUAÇÃO: _____

TELEFONES DE CONTATO: _____

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA: _____

PESO: _____

ALTURA: _____

1. Qual a escolaridade do chefe da casa? () analfabeto () ensino fundamental incompleto
() ensino fundamental completo / ensino médio incompleto () ensino médio completo / ensino superior incompleto () ensino superior completo

2. Por favor, assinale o número de pertences em sua casa:

Item	0	1	2	3	4 ou mais
TV em cores					
Rádio					
Banheiros					
Automóvel					
Empregada mensalista					
Máquina de lavar					
Videocassete e/ou DVD					
Geladeira* (Aparelhos duplex contam duas vezes: 1 geladeira e 1 freezer)					
Freezer* (Aparelhos duplex contam duas vezes: 1 geladeira e 1 freezer)					

3. Tempo de serviço na PMERJ (em anos): _____

4. Unidade em que serve: _____

5. Função que exerce: _____

6. Quantos disparos realiza por semana? _____

7. Já foi baleado? ()SIM ()NÃO

8. Tem algum(s) projétil(is) alojado no corpo? ()SIM ()NÃO

9. Quantos projétil(is) o(a) Sr(a) tem alojado(s) no corpo? _____

10. Qual(is) o(s) calibre(s) do(s) projétil(is) que o alvejou(aram)? _____

11. Em qual(is) local(is) o(a) Sr(a) possui projétil(is) alojado(s)?

12. Há quanto tempo o(a) Sr.(a) tem projétil(is) alojado(s) no corpo? _____

13. Recebe ou recebeu algum tratamento específico relativo ao chumbo alojado no seu corpo?

Recebo tratamento Já recebi tratamento Nunca recebi tratamento

14. Se recebe ou recebeu tratamento específico, por quantos anos? _____

15. Trabalhou ou morou próximo a fabricas de baterias (detalhar)? _____

16. Trabalhou ou morou próximo a gráficas (detalhar)? _____

17. Trabalhou ou morou próximo a fabricas ou lojas de tintas (detalhar)? _____

18. Trabalhou com tintas do tipo zarcão (detalhar)? _____

19. Trabalhou ou morou próximo a locais que mexem com chumbo (caça e pesca, munições, material para raio-x, etc)? (detalhar) _____

20. Tem costume de pescar com chumbada ou usar arma de “chumbinho”? SIM

EVENTUALMENTE NÃO

21. Mora ou morou em casa em que a tubulação de água é de chumbo? SIM

EVENTUALMENTE NÃO

22. Fuma ou já fumou? SIM NÃO

23. Há quanto tempo parou de fumar? _____

24. Há quanto tempo fuma (ou fumou)? _____

25. Fuma (fumava) quantos cigarros por dia? Meio maço 1 maço 2 maços _____

26. Bebe? SIM NÃO

27. Alguma vez o senhor sentiu que deveria diminuir a quantidade de bebida alcoólica ou de parar de beber? SIM NÃO

28. As pessoas o aborrecem porque criticam o seu modo de tomar bebida alcoólica?

SIM NÃO

29. O senhor se sente chateado consigo mesmo pela maneira como costuma tomar bebida alcoólica?
()SIM ()NÃO
30. Costuma tomar bebidas alcoólicas pela manhã para diminuir o nervosismo ou ressaca?
()SIM ()NÃO
31. O sr esquece facilmente das coisas? ()SIM ()NÃO
32. Os seus familiares e/ou amigos têm falado que o sr está esquecido? ()SIM ()NÃO
33. Frequentemente o sr esquece de realizar atividades que considera importantes (como desligar o fogão ou trancar a porta, etc)? ()SIM ()NÃO
34. É difícil entender as notícias, programas e novelas que o sr assiste na TV ou escuta no rádio?
()SIM ()NÃO
35. O sr tem frequentemente dificuldade para se concentrar? ()SIM ()NÃO
36. O sr se sente frequentemente irritado sem motivo ? ()SIM ()NÃO
37. O sr se sente frequentemente abatido ou triste sem motivo? ()SIM ()NÃO
38. O sr precisa fazer anotações sobre atividades que sabe que deve realizar? ()SIM ()NÃO
39. O sr se sente excessivamente cansado? ()SIM ()NÃO
40. O sr sente, às vezes, como se houvesse uma “pressão” sobre o peito? ()SIM ()NÃO
41. O sr tem a sensação de que vai cair ao estar de pé ou caminhando? ()SIM ()NÃO
42. O sr sente frequentemente pontadas dolorosas, dormência ou formigamento em alguma parte do corpo? ()SIM ()NÃO
43. O sr tem dificuldades para abotoar ou desabotoar botões? ()SIM ()NÃO
44. O sr sente que tem perdido forças nos seus braços ou nas suas pernas? ()SIM ()NÃO
45. Quando o sr acorda durante o sono, tem dificuldades de voltar a dormir? ()SIM ()NÃO
46. O seu interesse sexual vem diminuindo? ()SIM ()NÃO
47. OUTRAS CONSIDERAÇÕES (De interesse para a pesquisa):
-

ANEXO B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: *A EXPOSIÇÃO AO CHUMBO DE MILITARES ALVEJADOS POR ARMA DE FOGO*

1. **Natureza da pesquisa:** *o Sr está sendo convidado a participar desta pesquisa, que tem como finalidade verificar os níveis sanguíneos de chumbo em policiais militares que foram alvejados por arma de fogo e que permanecem com algum projétil ou fragmentos do mesmo alojado em seus corpos.*
2. **Envolvimento na pesquisa:** *ao participar deste estudo, o Sr. permitirá que o pesquisador realize um exame, por meio de coleta de sangue, em que serão avaliados os níveis sanguíneos de chumbo e responderá a um questionário. O Sr. tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo. Sempre que quiser, poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do pesquisador e, se necessário, através do contato do Comitê de Ética em Pesquisa.*
3. **Riscos ou desconfortos:** *a participação nesta pesquisa pode trazer algum desconforto, porém não maior do que aqueles proporcionados por uma coleta de sangue normalmente realizada para hemogramas, análise de metabólitos ou taxas de componentes do sangue. Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução N° 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Nenhum dos procedimentos usados oferece riscos à sua dignidade.*
4. **Privacidade:** *todas as informações coletadas nesta investigação são estritamente confidenciais. Somente o pesquisador e o orientador terão conhecimento da relação entre os dados e a sua identificação pessoal. Os dados científicos e as informações médicas resultantes do presente estudo poderão ser apresentados em congressos e publicados em periódicos científicos, sem a identificação dos participantes.*
5. **Benefícios:** *ao participar desta pesquisa, o Sr. terá informações sobre os níveis sanguíneos de contaminação por chumbo, bem como orientações verbais julgadas pertinentes de acordo com os níveis de contaminação apresentados. O Sr. não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada lhe será pago por tua participação.*

Tendo em vista o acima apresentado, eu, _____, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar desta pesquisa.

Rio de Janeiro, RJ, _____ de _____ de 2010.

Assinatura do participante

MARCIO LUÍS SOARES BEZERRA
Pesquisador

Comitê de Ética em Pesquisa - CEP/ENSP
Rua Leopoldo Bulhões, n° 1480 – Térreo
Manguinhos – Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21041-210
(21) 2598-2863

Pesquisador:
Marcio Luís Soares Bezerra
Av. Duque de Caxias, n°. 2071
Deodoro – Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21615-220
(21) 2450-8500 (Ramal 8075 ou 8027)

Orientadores: Maria de Fátima Ramos Moreira e Eduardo Borba Neves