

Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
SERGIO AROUCA
ENSP

“Níveis de cádmio em sangue e urina dos habitantes do entorno de uma reserva ecológica no Pantanal Mato-grossense”

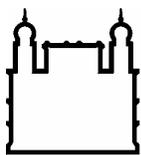
por

Marden Samir Santa Marinha

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

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Maria de Fátima Ramos Moreira

Rio de Janeiro, março de 2011.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
SERGIO AROUCA
ENSP

Esta dissertação, intitulada

“Níveis de cádmio em sangue e urina dos habitantes do entorno de uma reserva ecológica no Pantanal Mato-grossense”

apresentada por

Marden Samir Santa Marinha

foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.^a Dr.^a Rubia Kuno

Prof. Dr. Josino Costa Moreira

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

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

M338 Marinha, Marden Samir Santa
Níveis de cádmio em sangue e urina dos habitantes do entorno de
uma reserva ecológica no Pantanal Mato-grossense. / Marden Samir
Santa Marinha. Rio de Janeiro: s.n., 2011.
xvi,70 f., tab., graf., mapas

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

1. Cádmio. 2. Cádmio-sangue. 3. Cádmio-urina. 4. Monitoramento
Biológico. 5. Exposição Ambiental. I. Título.

CDD - 22.ed. – 615.925662

*Aos meus pais Manon e Noécio,
Ao Cris,
À minha família,
Simplesmente por estarem ao meu lado.*

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Maria de Fátima Ramos Moreira pela orientação e pelo respeito na realização de minhas atividades profissionais durante o período do mestrado.

A todas as pessoas que se disponibilizaram a participar dessa pesquisa doando seu sangue e sua urina.

Aos colegas do laboratório do CESTEH, Regina, Fernanda, Fernanda Baptista, Renato, Vinício e Sayonara, que colaboraram na realização desse trabalho.

Aos colegas de turma do mestrado, principalmente, Cristiane Vianna, Hilka Guida, Kátia Butter e Sônia Belisário pela amizade e carinho que ficarão guardados para sempre.

A minha amiga Leda Diva por participar junto comigo do desafio de realizar o mestrado: obrigado pela paciência e pelo carinho.

À Prof^a. Dr^a Liliane Reis Teixeira pelas explicações sobre os testes e pela validação estatística.

Aos professores Paula Sarcinelli, Frederico Peres e Marcos Menezes, pelo estímulo antes mesmo de ingressar na pós-graduação.

Aos todos os professores do CESTEH e da ENSP pela disponibilidade e torcida.

À Prof^a. Dr^a Nívia Valença Barros e também a Prof^a Dr^a Maria Euchares de Senna Motta pelas conversas que, sinceramente, sinto saudades!

Aos meus colegas de trabalho, principalmente, a Elizabeth Cunha, por tentarem manter sempre meu estímulo.

À Prof^a. Dr^a Monica Paoliello pela importante contribuição no exame de qualificação, além da atenção e carinho prestados.

Ao Cris, muito obrigado, por sempre acreditar e me apoiar.

EPÍGRAFE

Começar é a parte mais importante de qualquer trabalho.

Platão

RESUMO

A poluição ambiental e seus potenciais efeitos sobre os diversos organismos e ecossistemas se apresentam como grandes temas da saúde pública na atualidade, incluindo-se nessa discussão os níveis de exposição aos xenobióticos. Os metais se encontram entre os principais poluentes ambientais, cuja relevância se baseia em características peculiares tais como persistência no ambiente, alto potencial tóxico e propriedade de bioacumulação. O cádmio é um dos metais com maior potencial de causar impacto ao ambiente e à saúde humana. Este metal ganha importância não somente por sua ocorrência natural, mas também por sua utilização em vários ramos produtivos, sua capacidade de contaminação do meio ambiente e por seus possíveis efeitos sobre os organismos vivos. Os objetivos desse estudo foram: determinar a concentração de cádmio no sangue (Cd-S) e cádmio na urina (Cd-U) da população estudada; comparar os níveis de cádmio no sangue e na urina com valores de referência apresentados na literatura; verificar a existência de correlação entre os níveis de cádmio no sangue e na urina; relacionar a concentração do metal com variáveis sócio-econômicas, caracterizando possíveis fatores de risco. O estudo ocorreu no entorno da Estância Ecológica SESC Pantanal, no município de Poconé. A coleta de dados foi realizada através da aplicação de um questionário padronizado fundamentado para o conhecimento das variáveis sócio-econômicas e fatores de risco para a exposição ao metal. Coletou-se o sangue total e urina da população cujo universo amostral foi de cento e vinte e um sujeitos. A metodologia para a determinação do cádmio nos fluidos biológicos foi a espectrometria de absorção atômica eletrotérmica, enquanto que o programa estatístico SPSS foi utilizado para a análise dos dados. As concentrações médias encontradas para Cd em sangue (Cd-S) e urina (Cd-U) na população estudada foram de $0,57 \pm 0,21$ e $0,45 \pm 0,32 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. A média de Cd-S não apresentou variância significativa frente ao valor de referência utilizado para comparação ($0,6 \mu\text{g L}^{-1}$), porém, essa variância foi significativa para Cd-U quando comparado ao valor de referência ($0,86 \mu\text{g L}^{-1}$). Não foi possível estabelecer uma correlação linear entre os níveis do metal nas duas matrizes biológicas. As variáveis que apresentaram associação positiva com os níveis de Cd-S foram sexo, tabagismo, hábito de ingerir arroz e bebida alcoólica. Nesse último caso, havendo, também, alterações nos níveis de cádmio na urina. Além dessas, pode-se ter como hipótese de que trabalhar no campo eleva os níveis de cádmio no sangue. Os níveis encontrados para esses indicadores biológicos de exposição podem ser utilizados como valor de referência para a população local.

Descritores: 1.Cádmio. 2. Cádmio-sangue 3.Cádmio-urina 4.Monitoramento biológico.

ABSTRACT

Environmental pollution and its potential effects on various organisms and ecosystems are presented as major public health issues today, including discussion about exposure levels to xenobiotics. Metals are among the major environmental pollutants. These chemicals have relevance depending on the existence of features such as persistence in the environment, property and high toxic potential for bioaccumulation. Cadmium has a great potential to impact the environment and human health. This metal becomes important not only for its natural occurrence, but also for its use in various production areas. Cadmium can cause environmental contamination and effects on living organisms. The objectives of this study was: to determine the concentration of cadmium in blood (Cd-S) and cadmium in urine (Cd-U) of the study population to compare the levels of cadmium in blood and urine to the values given in literature; check the correlation between the levels of cadmium in blood and urine; correlate metal concentration with socio-economic variables, characterizing the possible risk factors. The study took place in the vicinity of the SESC Pantanal Resort, in the municipality of Poconé. Data collection was performed by applying a standardized questionnaire based to knowledge of the socio-economic variables and risk factors for exposure to the metal. Whole blood and urine samples were collected from one hundred and twenty-one subjects. The methodology for the determination of cadmium in biological fluids was the electrothermal atomic absorption spectrometry. The statistical analysis was performed using SPSS for Windows. The cadmium mean was $0.57 \pm 0.21 \mu\text{g L}^{-1}$ for total blood and $0.45 \pm 0.32 \mu\text{g L}^{-1}$ for urine. The Cd-S showed no significant variance compared to the benchmark used for comparison ($0.6 \mu\text{g L}^{-1}$), however, the variance was significant in case of Cd-U when compared to the reference value ($0.86 \mu\text{g L}^{-1}$). It was not possible to establish a linear correlation between metal levels in both biological matrices. The variables that showed a positive association with Cd-S levels were sex, smoking, the habit of eating rice and alcohol intake. In case of alcohol intake there is also impact in the Cd-U. Besides, those who worked in the field raise the levels of cadmium in blood. The amounts of cadmium in blood and urine can be used as a benchmark for the local population.

Descriptors: 1. Cadmium. 2. Blood-cadmium 3. Urine-cadmium. 4. Biological monitoring.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 -	Posicionamento geográfico dos municípios de Poconé e Cuiabá no estado do Mato Grosso.....	18
Mapa 2 –	Áreas permanentes e exploratórias de estudos do Projeto de Pesquisas Integradas FIOCRUZ – SESC Pantanal, Mato Grosso.....	19
Mapa 3 –	Limites da reserva SESC Pantanal. Fonte: SESC Pantanal.....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Distribuição por faixa etária.....	26
Figura 2 –	Distribuição por estado civil.....	27
Figura 3 –	Distribuição por faixa de renda.....	29
Figura 4 –	Faixa de renda por escolaridade.....	30
Figura 5 –	Distribuição por principal tipo de ocupação.....	31
Figura 6 –	Frequência do cádmio no sangue ($\mu\text{g L}^{-1}$) da população estudada.....	35
Figura 7 –	Frequência do cádmio na urina ($\mu\text{g L}^{-1}$) na população estudada.....	35
Figura 8 –	Distribuição do cádmio em sangue ($\mu\text{g L}^{-1}$) na população estudada.....	36
Figura 9 –	Distribuição de cádmio na urina ($\mu\text{g L}^{-1}$) na população estudada.....	37
Figura 10 –	Dispersão bidimensional de Cd-S e Cd-U ($\mu\text{g L}^{-1}$).....	38
Figura 11 –	Distribuição da população do sexo masculino).....	40
Figura 12 –	Distribuição da população do sexo feminino.....	40
Figura 13 –	Distribuição do cádmio no sangue por faixa etária.....	41
Figura 14 –	Principal ocupação por escolaridade.....	47
Figura 15 –	Principal ocupação por faixa de idade.....	48
Figura 16 –	Principal ocupação por faixa de renda.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Distribuição por escolaridade.....	28
Tabela 2 –	Níveis de cádmio em sangue e urina na população estudada.....	32
Tabela 3 –	Dados das concentrações de cádmio em sangue e cádmio em urina ($\mu\text{g L}^{-1}$).....	36
Tabela 4 –	Dados das concentrações de cádmio no sangue pela variável sexo.....	39
Tabela 5 –	Dados das concentrações de cádmio no sangue por faixa etária.....	42
Tabela 6 –	Dados de grupo e teste não paramétrico por hábito alimentar.....	43
Tabela 7 –	Níveis de cádmio em sangue por escolaridade.....	45
Tabela 8 –	Comparações múltiplas – Teste Tukey para nível de escolaridade e cádmio no sangue.....	45
Tabela 9 –	Freqüência de sinais e sintomas.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.C. – Antes de Cristo

ANA – Agência Nacional de Águas

ANOVA – Análise da variância

°C – Graus Celsius

Ca – Cálcio

Cd – Cádmió –

CdS – Sulfeto de cádmio

Cd-S – Cádmió no sangue

Cd-U – Cádmió na urina

CE – Comunidade Européia

CESTH - Centro de Estudos em Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana

Cu – Cobre

DNA – Ácido desoxirribonucléico

ENSP - Escola Nacional de Saúde Pública

Fe – Ferro

IARC – Agência Internacional de Pesquisa para o Câncer

IATA - Associação Internacional de Transporte Aéreo

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

$\mu\text{g L}^{-1}$ - Micrograma por litro

$\mu\text{g/g}$ – Micrograma por grama

ml – Mililitros

mm – Milímetros

MT – Mato Grsso

NAG - N-acetil glucosaminidase

Ni-Cd – Níquel- cádmio

NR – Norma Regulamentadora

PA – Pará

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PVC – Cloreto de polivinila

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural

Se – Selênio

SESC – Serviço Social do Comércio

SPSS - Statistical Package for the Social Sciences

TCLE - Termos de Consentimento Livre e Esclarecido

UN3373 – Substância biológica categoria B

v/v – volume por volume

Zn - Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	OBJETIVO GERAL.....	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3	JUSTIFICATIVA	4
4	CÁDMIO	6
4.1	CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES.....	6
4.2	TOXICINÉTICA.....	9
4.2.1	Absorção.....	9
4.2.2	Distribuição.....	10
4.2.3	Excreção.....	12
4.3	EFEITOS À SAÚDE.....	12
4.4	INDICADORES BIOLÓGICOS.....	14
4.4.1	Indicador biológico de exposição.....	14
4.4.2	Indicador biológico de efeito.....	15
4.4.3	Valores biológicos de referência.....	16
5	METODOLOGIA	18
5.1	LOCAL DO ESTUDO.....	18
5.2	POPULAÇÃO DE ESTUDO.....	20
5.2.1	Critérios de seleção da população.....	21
5.3	INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....	21
5.4	COLETA E CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS BIOLÓGICAS.....	22
5.5	EXPERIMENTAL.....	22
5.5.1	Instrumental.....	22
5.5.2	Descontaminação do material.....	23
5.4.3	Reagentes e soluções.....	23
5.5.4	Preparação de amostras.....	24
5.6	ANÁLISE DE DADOS.....	24
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
7	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	APÊNDICES	64

1 INTRODUÇÃO

A poluição ambiental e seus potenciais efeitos sobre os diversos organismos e ecossistemas é um dos grandes temas da saúde pública na atualidade. Nessa discussão, inclui-se os níveis de exposição dos organismos aos elementos químicos e os limites considerados aceitáveis ou seguros por agências de proteção e legislação ambiental ¹.

Muito se discute sobre as atividades antropogênicas e o seu possível impacto sobre o meio ambiente, porém, não existem ainda estudos que avaliem, de forma ampla e interrelacionada, as possíveis conseqüências que essas modificações ambientais podem trazer para a espécie humana ^{2, 3}. Pode-se dizer que tanto a natureza quanto o homem possuem participação no processo de poluição atmosférica. A parcela de origem natural ocorre há milhares de anos, tendo atividades vulcânicas e intempéries da natureza como principais fontes. Quanto à parcela que cabe ao homem, é possível dizer que houve, com o advento da Revolução Industrial, uma intensificação na utilização de matérias naturais e industrializadas, liberação de resíduos para o ambiente, efluentes ou gases. Dessa forma, o homem ampliou a emissão de substâncias poluentes e, também, alterou a distribuição global dos metais através da produção de novos compostos, contribuindo significativamente para a contaminação ambiental ^{4, 5}.

Os metais são poluentes ambientais persistentes e, sob certas condições ambientais, comuns na natureza, podem sofrer reações tais como dissolução, hidratação, hidrólise, oxidação e redução, levando então à solubilização e reabsorção desses elementos primários por outros minerais ou matéria orgânica, tornando-se mais disponíveis do que em seu estado inicial ⁶.

O cádmio é um metal quimicamente semelhante ao zinco e, dessa forma, ocorre naturalmente com esse metal e o chumbo nos minérios a base de sulfetos. Concentrações elevadas de cádmio podem ser encontradas no ar, água e solos próximos às fontes industriais de emissão, principalmente nas minerações de metais não-ferrosos e indústria de refino de metais. O transporte do metal no ar e nas águas pode ocorrer por milhares de quilômetros, possibilitando a contaminação de localidades distantes das fontes emissoras ^{7, 9}.

Altas concentrações de cádmio podem ser encontradas nas rochas sedimentares e fosfatos marinhos, sendo a atividade vulcânica a maior responsável

pela emissão atmosférica do metal. As baterias de níquel-cádmio, amplamente utilizadas em equipamentos eletrônicos e na indústria automotiva, representam a principal fonte de cádmio de origem antropogênica ¹⁰.

Outras atividades humanas também são fontes consideráveis do metal para o ambiente. Dentre elas, é importante citar a utilização do cádmio em diversas ligas metálicas e no recobrimento de produtos ferrosos e não ferrosos para reduzir sua oxidação, bem como seu uso como estabilizante de plásticos e pigmentos de cor amarela e vermelha para plásticos e vidros. Dessa forma, o lixo urbano e industrial torna-se outra fonte considerável do metal ^{10, 11, 12, 13, 14}.

A exposição crônica ao cádmio se apresenta como um risco a saúde das populações, uma vez que pode provocar disfunção tubular renal e doença obstrutiva crônica. Distúrbios no metabolismo ósseo do cálcio podem ocasionar o aparecimento de osteoporose e osteomalácia, principalmente entre mulheres pós-menopausa, que se expõem, basicamente, através da alimentação, não se excluindo coexposições por outras vias ^{7, 15, 16}.

Logo, qualquer que seja a população, urbana ou rural, pode ser exposta ao cádmio. A forte presença do SESC na região de Poconé e Barão de Melgaço são, sem dúvida, um forte atrativo para o desenvolvimento de pesquisas e ações na região. A Agência Nacional de Águas concluiu pela necessidade de monitorar os metais em sedimentos, água, peixes e plantas aquáticas, uma vez que a determinação da concentração de metais nas águas dos rios Cuiabá e São Lourenço mostrou a presença de altos teores de ferro, seguida pelo chumbo, zinco, manganês e cádmio, nessa ordem ^{17, 18}. Assim, o presente estudo foi realizado no município de Poconé, Mato Grosso, cujas principais atividades são a pecuária, mineração, agricultura e turismo, e desenvolvido no entorno da RPPN do SESC Pantanal na área de saúde humana, para verificar a existência de possível contaminação por cádmio da população residente nos arredores da reserva.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a existência de possível contaminação por cádmio na população residente nos arredores da Reserva SESC Pantanal.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar a concentração de cádmio no sangue da população do entorno da reserva SESC Pantanal;
- ✓ Determinar a concentração de cádmio na urina da população do entorno reserva SESC Pantanal;
- ✓ Comparar os níveis de cádmio no sangue da população estudada àqueles considerados como faixa de referência por órgãos internacionais;
- ✓ Comparar os níveis de cádmio na urina da população estudada àqueles considerados como faixa de referência por órgãos internacionais;
- ✓ Relacionar a concentração do metal com fatores específicos sócio-econômicos levantados no questionário, a partir da hipótese de uma exposição ambiental;
- ✓ Verificar, através de métodos estatísticos, possíveis fatores de risco para a população ou subgrupos populações.

3 JUSTIFICATIVA

Estudos demonstram que, mesmo áreas sem atividades industriais e remotas, como a Antártica, apresentam contaminação por metais que chegam a tais regiões por sua disseminação na atmosfera apresentando concentrações acima dos níveis esperados. Dessa forma, a pergunta não é mais se um dado ambiente está contaminado, mas sim o grau de contaminação desse ambiente¹⁹.

A contaminação do ar por metais pode ocorrer a partir de gases e partículas, derivados do uso dos combustíveis fósseis, tal como em indústrias e veículos. Outras fontes importantes de contaminação são a mineração e a fundição de metais. Principalmente nos processos em que se utilizam temperaturas muito altas, elevando consideravelmente a emissão dos metais⁵.

A poluição das águas pode ser apresentada como um problema crescente, principalmente nos grandes centros urbanos. Pode-se notar que vários são os problemas em diversos corpos d'água do Brasil, destacando-se como principais a eutrofização, acúmulo de materiais tóxicos (como metais e agrotóxicos) e acúmulo de sedimentos e a acidificação¹⁷.

Assim, não somente áreas com intensa atividade de exploração dos recursos naturais através de garimpos e minerações, mas também regiões que sofrem desmatamentos e, conseqüentemente, aumentam as áreas com alto potencial erosivo; áreas de preservação permanente que sofrem queimadas e trechos de rios que são assoreados por sedimentos contaminados e comprometidos por agrotóxicos e metais têm a qualidade de sua água comprometida¹⁷.

O cádmio, amplamente distribuído como poluente atmosférico, apresenta concentrações elevadas, se apresentando como um problema de proporções crescentes²⁰, atingindo todas as populações, em graus diferenciados. Dessa forma, o cádmio é considerado não somente como um metal de ocorrência natural em alguns solos, mas como um poluente ambiental que pode ter suas concentrações aumentadas através de operações de mineração e aplicação de fertilizantes^{21, 22}.

A contaminação dos solos pode contaminar as plantas e os animais, podendo chegar, através da cadeia trófica, a contaminar os seres humanos^{8, 9}. Assim, é necessária a avaliação do cádmio como poluente ambiental e por sua capacidade de provocar efeitos adversos à saúde humana^{22, 23}.

O cádmio pode, além do solo, chegar à região de Poconé através das águas, pois a localidade pertence à Grande Bacia Hidrográfica do Paraguai. Essa bacia recebe contribuições importantes do Rio Paraguai e do Rio Cuiabá que banham várias cidades, além de grandes centros urbanos como Corumbá e Cuiabá. Esses dois rios formam o imenso delta interior do Pantanal, percorrendo mais de mil quilômetros e recebendo contribuição de outros rios no sentido norte-sul tal como os rios Cabaçal, Sepotuba, Jaurú, São Lourenço, Piquiri, Negro, Taquari, Aquidauana, Miranda e Apa, formando o fluxo e o refluxo das águas do Pantanal²⁴.

Segundo estudo da Agência Nacional de Águas (ANA), a bacia do Alto Paraguai apresenta três regiões com contaminação por metais, sendo necessários outros estudos para esclarecer esses índices, são elas a Baía Siá Mariana, na região de Barão de Melgaço, a região de Poconé e a de Morrinhos¹⁹. Além disso, a avaliação da concentração de metais nas águas dos rios Cuiabá e São Lourenço mostrou a presença de altos teores de ferro, seguida de chumbo, zinco, manganês e cádmio, nessa ordem¹⁷.

O crescente acúmulo e disseminação de metais nos vários compartimentos ambientais, com elevação de suas concentrações como consequência de atividades antrópicas, tem gerado interesse em variados estudos para avaliar os níveis de contaminação destes compartimentos. Porém, encontram-se poucas publicações sobre o impacto destes poluentes na saúde das populações que vivem próximo a áreas contaminadas.

No caso do cádmio, existem poucos estudos, principalmente no Brasil, sobre a exposição das populações ao metal e a determinação de valores de referência para o cádmio, mesmo este sendo reconhecidamente carcinogênico. Assim, vê-se como necessário determinar os níveis de cádmio em sangue e urina dos habitantes do entorno da reserva ecológica SESC Pantanal, tornando-se clara a necessidade de pesquisas para avaliar o ambiente e a qualidade de vida da população que reside na região, fornecendo, assim, informações para subsidiar as políticas públicas e a tomada de decisão governamental.

4 CÁDMIO

4.1 CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

O cádmio (Cd) é um metal tóxico encontrado naturalmente no meio ambiente ou como resíduo de processos industriais e de atividades relacionadas à agricultura ^{25, 26}. O cádmio é quimicamente semelhante ao zinco e, na natureza, geralmente se apresenta associado ao minério de zinco, em razões que variam de 1:100 a 1:1000, de onde é extraído em pequenas quantidades, sempre como subproduto dos minérios de zinco, cobre e chumbo e, usualmente, na forma de sulfeto de cádmio (CdS) ^{9, 10, 27}, podendo também ser encontrado no carvão mineral e petróleo ²⁸. Apresenta-se com coloração prata esbranquiçada, azulada ou metálica lustrosa, sendo maleável, flexível e elástico em condições normais de temperatura e pressão ^{10, 27}.

A atividade vulcânica é a principal fonte natural de emissão de cádmio para a atmosfera. Outras possíveis fontes naturais são as rochas sedimentares, os fosfatos marinhos e os incêndios florestais ⁹. As principais fontes de origem antropogênica são as minerações e a produção de ligas que contenham o metal, destacando-se aqui as baterias de níquel-cádmio, além dos rejeitos industriais. Assim, todas as atividades que envolvem o processamento e o consumo de materiais em que o cádmio é um constituinte tais como metais não-ferrosos, ligas de zinco, chumbo e cobre, indústrias de ferro e aço, queima de combustíveis fósseis, cimento e fertilizantes fosfatados, são fontes de emissão de cádmio produzidas pelo ser humano. Nas cidades, o cádmio originário de várias fontes contamina lixo urbano e, conseqüentemente, o chorume, permitindo, dessa forma, a distribuição do metal no ambiente ^{10, 29}.

Apesar da baixa pressão de vapor, o cádmio ocorre na atmosfera principalmente na forma de material particulado, podendo ser transportado por milhares de quilômetros, com estimativa de deposição entre 1 a 10 dias após sua emissão, proveniente do mar, indústria, queima de combustíveis fósseis e erosões do solo. A maior parcela do metal disponibilizado na atmosfera se encontra sob a forma de óxido de cádmio, embora outros compostos sejam liberados principalmente durante a incineração de lixo. No ambiente, o metal se apresenta como compostos

estáveis, no estado de oxidação (+2), não ocorrendo a oxirredução. Dependendo da umidade do ar, sua deposição pode ser seca ou úmida, podendo ainda ocorrer sua precipitação, se associado a material particulado possível de ser inalado ou se depositar por gravimetria ^{9, 21}.

Os rios quando contaminados pelo cádmio podem realizar seu transporte por até 50km e, ainda, ampliar o potencial dessa contaminação por contato direto com solos próximos, irrigação agrícola, inundações e dragagem dos leitos ou fundo dos corpos de água. Quando na água ou sedimento, o cádmio pode se apresentar sob a forma de íon hidratado ou complexo iônico com outras substâncias inorgânicas ou orgânicas. A mobilização depende da sua solubilização. As formas solúveis podem se mobilizar facilmente na água, enquanto que as insolúveis têm sua mobilidade reduzida por se encontrarem geralmente adsorvidas ao sedimento, cujo principal elemento de adsorção é o ácido húmico, ou a matéria orgânica ^{9, 21, 29}.

O cádmio das águas também pode ser captado pelas bactérias existentes no sedimento, sejam elas cádmio resistentes ou sensíveis. Uma vez associado ao sedimento, o metal tem possibilidade reduzida de sofrer novo processo de suspensão ou atividade biológica. Neste caso, é facilmente bioacumulado ou liberado para o ambiente, diferente de quando se encontra adsorvido a minerais ou materiais orgânicos. O metal pode ser mobilizado com modificação do pH, mas também através de alterações de salinidade e potencial redox ⁹.

Concentrações elevadas de cádmio podem, então, ser encontradas nos compartimentos ambientais como ar, água e solos que estejam próximos a fontes antropogênicas de emissão, especialmente aquelas de mineração de não-ferrosos e indústrias de refino de metais, dentre os quais cobre, latão, bronze, alumínio, zinco, magnésio, estanho e chumbo. Quando depositado em material particulado e transportado pelo ar, ou ainda, quando levado pelas águas dos rios pode chegar aos oceanos, permitindo, assim, a contaminação em áreas distantes das fontes geradoras ^{27, 30}. A capacidade do cádmio em se mobilizar dentro de um mesmo compartimento ambiental, assim como de se transferir entre os vários compartimentos existentes, faz com que as populações sejam expostas ambientalmente ao metal, mesmo na ausência de exposição a fontes industriais específicas ou claramente identificadas. Neste caso, o alimento e o tabaco são identificados como as principais fontes de exposição ao cádmio ^{25, 31}.

Por ser considerado um importante poluente ambiental, alguns estudos caracterizam a relevância da participação deste elemento na contaminação das plantas^{31, 32}. Para os humanos que não possuem exposição ocupacional e não são fumantes, a dieta é considerada a principal rota de exposição ambiental ao cádmio³¹, principalmente quando a alimentação inclui a ingestão de grãos e cereais, além de verduras como alface e espinafre, batatas e sementes de girassol. O cádmio também está presente em moluscos, mariscos e crustáceos, como, por exemplo, ostras e cefalópodes. Nos mexilhões de água doce, o metal se concentra nas brânquias e glândulas digestivas³³. O cádmio se concentra, ainda, nos rins e fígado de animais, especialmente nos mais velhos, nas sementes oleaginosas, no cacau e em certos cogumelos selvagens. A ingestão de água potável não é considerada fonte significativa de cádmio, porém é necessário considerar a possível lixiviação do metal nos encanamentos^{9, 10, 25, 27, 29}. A concentração do cádmio na superfície das águas e na cultura de alimentos pode se elevar a partir de algum processo que reduza o pH do solo e do sedimento³⁴.

Existem poucos registros sobre a possível contaminação por cádmio devido ao consumo de água e peixes contaminados³⁵. Porém, como a maioria dos metais, o cádmio tem características de bioacumulação e biomagnificação na cadeia alimentar dos compartimentos aquáticos - plantas aquáticas, invertebrados, peixes e mamíferos - e terrestres, nos quais os animais herbívoros se contaminam pela ingestão de plantas contendo o metal. Assim, por intermédio dessas rotas, o cádmio pode chegar ao homem^{9, 10, 21}.

O hábito de fumar constitui importante fonte de exposição ao cádmio, duplicando a sua absorção. Isso ocorre devido ao acúmulo do metal, oriundo do solo, nas folhas do tabaco, o que representa considerável fonte de exposição ao metal para fumantes, fumantes passivos e trabalhadores que processam o fumo^{9, 27, 29}. Um cigarro pode conter de 1-2 µg de cádmio, sendo que cerca de 10% desta concentração pode ser inalada e, aproximadamente, 50% absorvida nos pulmões. Existe assim, a estimativa de que aquele que consome um maço de cigarros por dia absorva cerca de 1µg de cádmio diariamente²⁵.

As aplicações industriais do cádmio são amplas, sendo o metal empregado, principalmente, na manufatura de baterias de níquel-cádmio (Ni-Cd)^{29, 34}, atividade descrita como responsável por cerca de 83% do uso total do cádmio²¹. O metal também é utilizado na produção de pigmentos amarelo e vermelho para plásticos,

cerâmicas e vidros (utilização de sulfito de cádmio e selenitos). Outras utilizações são como estabilizador para cloreto de polivinila (PVC) e no recobrimento do aço e ferro, devido à sua grande resistência à corrosão. Pode, ainda, ser encontrado em parafusos, porcas, fechaduras e partes de aviões, motores de veículos, equipamentos e máquinas e como constituinte de ligas fundíveis metálicas. O cádmio pode, igualmente, ser empregado na produção de fotocélulas e células solares, cimento, fungicidas, fogos de artifício, aditivo na indústria têxtil, filmes para fotografia, produção de espelhos especiais, lubrificantes, cobertura em tubos eletrônicos, semicondutores, sistemas de proteção contra incêndio, barras de controle de reatores e fios para condução de energia ^{21, 36, 37}.

4.2 TOXICOCINÉTICA

4.2.1 Absorção

A principal rota de absorção de cádmio em populações expostas ambientalmente é pela via digestiva, de grande importância devido à possibilidade de bioacumulação do metal nos diversos níveis tróficos. Através dessa rota, a absorção do metal se dá de forma lenta, variando em torno de 3 a 10% do total ingerido ^{21, 38}. No entanto, existem fatores que podem alterar essa absorção, dentre eles a influência direta exercida pelo tipo de dieta adotada, ou seja, da concentração de cádmio nos alimentos ingeridos e também das condições nutricionais do sujeito exposto, nas quais se cita a relevância de alguns minerais que podem participar como elementos antagônicos na absorção do cádmio ^{9, 34, 39}. Assim, é possível dizer que a absorção do cádmio pode ser reduzida na existência de um estado nutricional adequado, quando minerais como o zinco (Zn), ferro (Fe) ou cálcio (Ca) encontrarem-se em níveis apropriados no organismo ^{21, 38}. Esses fatores fazem com que determinados subgrupos populacionais possam ter a absorção do cádmio aumentada. Dentre os possíveis grupos, destacam-se os vegetarianos, pela grande ingestão de grãos e vegetais e, também, sujeitos que têm por hábito ingerir grandes quantidades de frutos do mar ²⁵.

Algumas pesquisas mostram que o manganês (Mn) tem a mesma via de transporte no intestino que o ferro e o cádmio, podendo, dessa forma, competir com o cádmio no momento da absorção. Apontam, também, haver uma associação

negativa entre cádmio e cálcio (Ca) no sangue, sugerindo que o cádmio consegue inibir o transporte de cálcio dos enterócitos para o sangue ⁴⁰. A absorção pode ser influenciada pela interação metal-metal (ferro, cálcio, cromo, magnésio e zinco), bem como pelas ligações entre o metal e proteínas (metalotioneína, glutatona e enzimas com radical sulfidríla) presentes nos alimentos e no organismo. Assim, é possível dizer que a absorção do cádmio aumenta em situações de deficiências nutricionais de cálcio e ferro e, também, com o aumento de gorduras na dieta ^{9, 29}.

Em comparação aos homens, as mulheres possuem uma taxa de absorção intestinal do cádmio aumentada. Isso ocorre devido a um menor estoque de ferro no organismo feminino, o que irá, através de mecanismos específicos, permitir maiores concentrações de cádmio no organismo e, por conseguinte, nas matrizes biológicas como o sangue, urina e córtex renal ²⁵.

A principal rota de entrada do cádmio no organismo para a população exposta ocupacionalmente é através da inalação de poeiras e fumos ³⁴. Cerca de 25 a 60% da absorção do cádmio ocorre por via respiratória ^{21, 41, 42}, porém, tal taxa depende do tamanho da partícula, espécie química em que se encontra o metal e solubilidade na partícula. As formas químicas de sais de cádmio e o cádmio metálico são as mais encontradas como material particulado fino em suspensão. Partículas maiores do que 10µm se depositam no trato aéreo superior, enquanto que as menores do que 0,1µm seguem até os alvéolos pulmonares. Já os compostos solúveis de cádmio tendem a se depositar na árvore brônquica ^{9, 41}.

Além da rota digestiva e respiratória, outra possível rota é a cutânea, porém, esta não apresenta expressão significativa quando se trata do cádmio, pois o metal, geralmente, não penetra através da pele. Embora a absorção pela via dérmica seja lenta, pode tornar-se relevante se houver contato do sistema cutâneo com soluções concentradas de cádmio e quando o tempo deste contato for prolongado, ou quando houver algum tipo de ferimento ^{21, 36}.

4.2.2 Distribuição

Após a absorção, em torno de 90% do cádmio é encontrado no sangue, onde permanece nos eritrócitos, em meio intracelular ou ligado à membrana eritrocitária. Essas células sanguíneas são responsáveis pela ampla distribuição do metal pelo organismo, principalmente para o fígado e os rins ^{39, 42}.

O cádmio induz a produção de uma proteína de baixo peso molecular chamada metalotioneína^{34, 43}. Esta proteína, sintetizada principalmente no fígado, é capaz de se ligar a até sete átomos de cádmio por molécula, situação que faz com que cerca de 80 a 90% do metal presente no organismo esteja a ela ligado. O cobre (Cu) e o zinco (Zn) podem competir com o cádmio nessa interação metal-proteína. Uma vez ligada ao cádmio, a metalotioneína não permite a este metal exercer sua toxicidade^{9, 41}. O estímulo para a produção da metalotioneína é dado pelo transporte do cádmio no plasma e pela degradação hepática do complexo albumina-cádmio⁴³.

No caso de exposição ao cádmio, inicialmente é o fígado que apresenta níveis elevados do metal devido ao grande volume de sangue que circula por esse órgão. Posteriormente, por ser um dos locais de produção da metalotioneína e por sua ligação ao cádmio, começa a haver redução dos níveis hepáticos do metal e elevação do nível renal, fato que pode ser explicado pela redistribuição do cádmio do fígado para o rim através da ligação desse metal com a metalotioneína e seu transporte até esse órgão⁴³. A parte restante do cádmio absorvido circula no organismo ligado a uma proteína plasmática denominada albumina, que, ao passar pelo fígado ou outros órgãos, como os rins, também pode se ligar à metalotioneína^{38, 41}.

O complexo cádmio-metalotioneína, quando liberado no sangue, é filtrado pelo glomérulo renal e reabsorvido pelos túbulos renais proximais. Assim, a carga corpórea do cádmio no organismo será o resultado da soma do metal já acumulado, distribuído e ligado à metalotioneína, e da concentração do metal resultante de exposições recentes³⁴.

A placenta também possui capacidade de síntese de metalotioneína e, assim, serve como barreira parcial para proteção do feto em casos de exposição da gestante ao metal. O nível de cádmio no leite materno é de, aproximadamente, 5 a 10% do nível existente no sangue da lactante, provavelmente também, devido à ligação do metal com a metalotioneína^{9, 44}.

Apesar de ocorrer em todo corpo, o armazenamento do metal ocorre, principalmente, no fígado, rins, músculo, ossos e pele. A meia-vida do cádmio é muito longa, de 04 a 38 anos, sendo esta de 6 a 38 anos nos rins e de 4 a 19 anos no fígado^{9, 21, 41}.

4.2.3 Excreção

As duas vias de excreção do cádmio do organismo são fezes e urina. A excreção nas fezes ocorre, principalmente, a partir da mucosa intestinal, havendo uma pequena parte derivada da bile e do fluido pancreático ⁴⁵. A maior parte do cádmio ingerido, mas não absorvido pelo organismo é eliminado pelas fezes. Dessa forma, é possível dizer que a excreção pelo trato gastrointestinal reflete a porção de alimentos contaminados ingeridos assim como a deglutição de poeira de cádmio após atividade mucociliar pulmonar, que não sofreram absorção pelo organismo ^{9, 21}.

Logo, a principal via de excreção do cádmio é a renal e, em sujeitos sem disfunção renal primária, reflete a quantidade do metal retido nos rins ³⁴. A excreção renal ocorrerá caso haja liberação do metal do complexo cádmio-metalotioneína. A partir da quebra desta ligação, o metal poderá gerar um dano renal, pois esse, quando livre, exerce sua toxicidade lesando os túbulos proximais renais e também estimula a síntese de novas moléculas de metalotioneína. Se a capacidade de produção da metalotioneína é ultrapassada ocorre, então, o aumento da excreção urinária do cádmio. A excreção urinária geralmente se eleva com a idade e está relacionada à carga corpórea do metal ^{9, 21, 36, 41}.

4.3 EFEITOS À SAÚDE

O órgão alvo no qual o cádmio exerce sua toxicidade depende do tipo de exposição. A inalação pode levar a uma doença obstrutiva respiratória crônica ³⁴. Porém, ao falar-se de exposição crônica ao cádmio, o principal órgão atingido é o rim. A toxicidade se expressa no rim sob a forma de dano celular, caracterizado por disfunção na reabsorção do túbulo proximal. As manifestações iniciais dessa lesão são a proteinúria de baixo peso molecular, tal como a β_2 -microglobulina e α_1 -microglobulina, também chamada proteinúria HC e proteína ligadora de retinol, além do aumento na excreção urinária dos marcadores de citólise como, por exemplo, a enzima lisossomal N-acetil glucosaminidase (NAG). A disfunção renal pode progredir mesmo após a cessação da exposição ao cádmio ^{25, 26}.

Os efeitos ósseos do cádmio são conhecidos desde a década de 50 do século XX, quando houve o primeiro relato de uma doença óssea associada à exposição crônica ao cádmio, na região da bacia do rio Jinzu no Japão, local onde os arrozais

foram contaminados por cádmio através de efluentes de uma fundição de zinco e chumbo ^{45, 46}. A patologia, chamada de Doença de Itai-Itai (“ai-ai”), é caracterizada por fraturas múltiplas e distorção dos ossos longos, provocando dores significativas nos sujeitos afetados ²⁵. Distúrbios no metabolismo do cálcio, osteoporose e osteomalácia, principalmente entre as mulheres pós-menopausa, são efeitos causados por exposição em longo prazo, ocorrida através da alimentação, juntamente com as outras vias de entrada do metal no organismo ⁴⁵.

Além de dano renal significativo e de atingir os ossos, estudos indicam que o cádmio também pode provocar outros efeitos no corpo humano. Dentre os possíveis sistemas biológicos corporais afetados, está o sistema cardiovascular. Existem fortes indícios de associação entre a exposição ao cádmio e o desenvolvimento de doença coronariana e arterial periférica; cita-se também a possibilidade de alteração dos níveis pressóricos arteriais com elevação da pressão arterial, e ocorrência de infarto agudo do miocárdio ⁴⁷.

O sistema respiratório geralmente é atingido pela exposição de origem ocupacional. O cádmio pode afetar as vias aéreas superiores pela caracterização de uma reação inflamatória crônica na cavidade nasal, na faringe e na laringe. Nas vias aéreas inferiores, o dano ocorre através do desenvolvimento de patologias pulmonares obstrutivas crônicas que pode se estabelecer com diferentes graus de intensidade ⁴⁵, e até mesmo causar câncer de pulmão ^{21, 34, 42, 48}.

O sistema hematológico pode apresentar anemia devido à redução da absorção de ferro pelo organismo ^{9, 29}. Além disso, estudos experimentais demonstram que, em nível vascular, o metal pode provocar aumento da formação de radicais livres e apoptose das células endoteliais. Há também evidências de efeitos citotóxicos diretos no endotélio, como a redução de produção de óxido nítrico e aumento da propensão à agregação trombocitária relacionada a este elemento ³⁸. Estudos *in vitro* demonstram que a exposição ao cádmio pode suprimir a resposta imune celular ³⁴.

O cádmio, devido às suas características físico-químicas, substitui facilmente o cálcio nos sistemas biológicos. Acredita-se que esse mecanismo de substituição possa ser um dos fatores de associação entre a exposição humana ao cádmio e o câncer de pulmão e rim ^{25, 48}. Os efeitos genotóxicos parecem estar associados a mecanismos de geração de estresse oxidativo, inibição de enzimas reparadoras do DNA e desregulação da proliferação celular ⁴⁸.

O cádmio e seus compostos são, desde 1993, classificados como pertencentes ao Grupo 1 pela *International Agency for Research on Cancer* - IARC - sendo considerados como possuidores de evidências suficientes de carcinogenicidade em humanos - pulmões e sistema reprodutor masculino - havendo, inclusive, evidências epidemiológicas de associação com a carcinogênese prostática^{34, 49}. No sistema reprodutor masculino, pode agir sobre os testículos e próstata, interferindo nos complexo zinco-proteínas - controlador da transcrição do DNA - e causando apoptose^{21, 28, 29, 44}.

No sistema nervoso, mais uma vez o metal se relaciona à alteração do metabolismo do cálcio, podendo ocorrer alteração na ação de neurotransmissores que inibem a entrada de cálcio nos neurônios, tendo como possível conseqüência a redução da atividade motora e alterações neurocomportamentais. No fígado, o metal pode provocar a redução do glicogênio hepático com aumento da glicemia e cirrose focal, podendo também ocasionar necrose dos macrófagos alveolares^{9, 29}.

Estudo experimental, realizado com ratos, administrou zinco à população estudada durante o período de exposição ao cádmio. Os resultados demonstraram um efeito protetor do zinco contra a toxicidade induzida pelo cádmio em vários órgãos e tecidos. Estudos recentes indicam que o tratamento com selênio (Se) ou zinco protege o tecido renal contra a ação do cádmio. Porém, o efeito secundário proveniente do uso desses dois elementos traço ainda não está bem estabelecido, mas, acredita-se que seja potencial produtor de estresse oxidativo⁵⁰.

O cádmio também pode ser considerado um novo fator de risco para a degeneração macular, doença relacionada à cegueira irreversível. Essa patologia decorre de alterações na região central da retina e da coróide, estando também, ligada à idade em fumantes e não-fumantes. Em adição à idade avançada, hábitos de tabagismo, obesidade, gênero feminino e baixa ingestão de antioxidantes aumentam o risco de contaminação por cádmio⁵¹.

4.4 INDICADORES BIOLÓGICOS

4.4.1 Indicador biológico de exposição

A concentração urinária (Cd-U) e sanguínea (Cd-S) de cádmio é geralmente menor em exposições não ocupacionais³⁴. A concentração urinária sofre influência

da carga corpórea do cádmio, sendo assim, proporcional à sua concentração no rim. O cádmio urinário é considerado como indicador biológico de exposição crônica ao metal^{52, 53, 54, 55} e seus níveis sofrem influência, principalmente, devido ao hábito de fumar e pela idade⁵⁶.

A exposição crônica ao cádmio se reflete no aumento da excreção urinária deste metal^{25, 57}, pois, essa elevação só ocorre após a saturação dos sítios de ligação de cádmio no organismo, principalmente da ligação do metal à metalotioneína. O cádmio é eficazmente retido no rim, tendo uma meia-vida de 6 a 38 anos. Em caso de lesão tubular renal, a reabsorção do complexo cádmio-metalotioneína sofre diminuição, havendo, então, uma elevação na concentração do cádmio na urina. Assim, em longo prazo, o metal induz a um dano renal que se manterá e originará maiores concentrações de cádmio nos rins e na urina²⁵.

O cádmio no sangue é considerado um marcador de exposição recente²⁰, sendo sua avaliação realizada através da determinação do metal no sangue total. Por refletir uma exposição recente, com um componente rápido de meia-vida de três a quatro meses, é um bom indicador de melhorias tecnológicas e no acompanhamento e controle do risco químico no ambiente laboral sobre os trabalhadores, ou seja, em nível de grupo. Entretanto, é um parâmetro menos satisfatório do que o cádmio na urina em casos de baixos níveis de exposição como, por exemplo, população em geral. Com relação ao componente lento, com meia-vida em torno de 10 anos, reflete a acumulação corpórea do cádmio em órgãos ou tecidos^{9, 25, 37, 58}.

4.4.2 Indicador biológico de efeito

Os biomarcadores de nefrotoxicidade são válidos como indicadores biológicos de efeito para o cádmio. A sua classificação ocorre entre marcadores funcionais, proteínas de baixo e alto peso molecular, marcadores de citotoxicidade e enzimas urinárias⁵⁷. A proteinúria de baixo peso molecular indica a lesão do tecido renal, podendo ser irreversível e, por esse motivo, não deve ser tolerada⁴¹. Dentre possíveis marcadores de efeito, pode-se ter o aumento na excreção urinária de β_2 -microglobulina, α_1 -microglobulina e a enzima lisossomal N-acetil glucosaminidase (NAG)^{25, 26, 59}.

Outras possibilidades também se concentram na avaliação da função renal, assim, poderia ser útil utilizar como indicadores biológicos a metalotioneína urinária, a albuminúria, aminoacidúria e as taxas de filtração renal da insulina, uréia, creatinina e ácido úrico, dentre outros. A calciúria, fosfatúria e eletroforese de proteínas urinárias também seriam outros indicadores possíveis ⁴¹.

4.4.3 Valores biológicos de referência

De acordo com a Norma Regulamentadora número 7 – NR7, do Ministério do Trabalho e Emprego, o valor de referência da normalidade é definido como o valor possível de ser encontrado em pessoas não expostas ocupacionalmente. Assim, por não haver correlação desses valores com efeitos adversos, avaliados através de estudos epidemiológicos, são considerados como esperados para a população em geral ^{60, 61, 62, 63}. Os valores de referência indicam, assim, o limite superior de uma determinada toxina a um nível de exposição fornecido pelo ambiente e não representam um critério de relação para a saúde ⁶⁴.

Desta forma, é possível ter valores de referência de um determinado metal para populações específicas ou cada país. No caso do cádmio, valores de referência que dependem não somente da área estudada, pelas características das possíveis fontes de exposição, mas também pelo comportamento de consumo e hábitos de vida da população em questão, demonstrando, dessa forma, possibilidade de grande variedade de valores de referência para o cádmio ^{20, 65}.

A Comissão de Monitoramento Biológico Humano, instituição participante da Agência Ambiental Federal Alemã cita valores revisados de $1,0 \mu\text{g L}^{-1}$ para cádmio no sangue e $0,80 \mu\text{g L}^{-1}$ para cádmio na urina em adultos não fumantes ⁵⁶. Entretanto, na Tailândia, foram encontrados níveis de cádmio no sangue em torno de $0,98 \mu\text{g L}^{-1}$ e de $1,04 \mu\text{g L}^{-1}$ para cádmio na urina ⁵³. Rey e colaboradores encontraram concentrações iguais a $1,03 \mu\text{g L}^{-1}$ para o cádmio no sangue de população não fumante ⁶⁶.

No Brasil também não há publicações oficiais que indiquem valores de referência por agências de controle ambiental. Porém, a NR7 indica, para o controle biológico de exposição ocupacional, o valor de referência de $2 \mu\text{g g}^{-1}$ de creatinina, ou seja, cerca de $2,4 \mu\text{g L}^{-1}$ de cádmio na urina dos trabalhadores ⁶⁷. No Reino

Unido, estudos sinalizaram para valores de referência de cádmio no sangue iguais a $0,44 \mu\text{g L}^{-1}$, enquanto que ficaram em torno de $0,38 \mu\text{g L}^{-1}$ para o metal na urina⁶⁸.

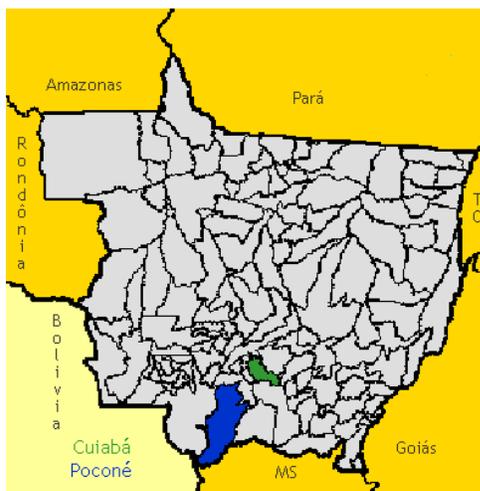
A Comunidade Européia adota o limite de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ de cádmio no sangue para e exposição ambiental para não fumantes, tendo os fumantes cerca de duas a três vezes o valor determinado para não fumantes. Há estudos, nos Estados Unidos da América, que encontraram valores entre $1,3$ e $1,6 \mu\text{g L}^{-1}$, enquanto que, na Alemanha, esses níveis ficaram em torno de $0,43 \mu\text{g L}^{-1}$ para a população geral e $0,28 \mu\text{g L}^{-1}$ para não fumantes. Apesar de não existirem valores de referência normatizados para o cádmio em sangue no Brasil, um estudo realizado com a população adulta da região metropolitana de São Paulo encontrou uma concentração aproximada de $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ⁶⁹.

Conforme demonstrado, confirma-se uma variedade de níveis de cádmio no sangue e na urina informados como valores de referência. Assim, optou-se por considerar como parâmetro para a comparação dos resultados da determinação de cádmio no sangue e na urina desse estudo, os valores que se apresentassem não somente como conservadores, mas, também, medianos entre aqueles encontrados nos vários estudos. Assim, foram utilizados os valores de cádmio no sangue e na urina apresentados como valores de referências para os habitantes da Comunidade Européia em 1990, tendo o cádmio no sangue o valor de $0,60 \pm 0,30 \mu\text{g L}^{-1}$ e o cádmio na urina o valor de $0,86 \pm 0,06 \mu\text{g L}^{-1}$ ⁷⁰.

5 METODOLOGIA

5.1 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Poconé, cidade do estado do Mato Grosso, Brasil, conforme demonstrado espacialmente no mapa 1. Poconé possui uma área de 17.271km², com sua região metropolitana localizada no Vale do Rio Cuiabá, e apresenta características rurais com bioma de cerrado e pantanal. A distância entre a cidade de Cuiabá, capital do estado, e Poconé é de aproximadamente 100 km e sua população, segundo o IBGE, com base no censo 2010, é de 31.778 hab⁷¹.

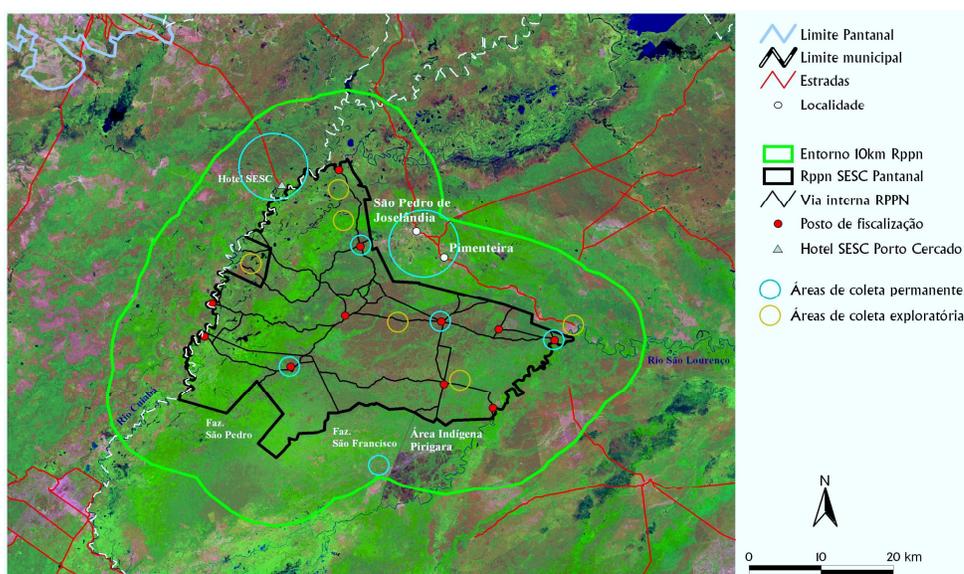


Mapa 1: Posicionamento geográfico dos municípios de Poconé e Cuiabá no estado do Mato Grosso.
Fonte: www.cidades.com.br

A região de Poconé possui, em seu território, atividades de pecuária e agricultura nas lavouras de arroz, milho, feijão, soja e frutas, próximos ao bioma de cerrado e pantanal⁷¹, e a região consiste em uma das mais importantes fontes de águas e sedimentos para o Pantanal Mato-grossense, considerado uma das mais importantes reservas ecológicas do planeta. Devido ao solo fértil e sempre irrigado, a agricultura é bem desenvolvida, embora seja a pecuária sua principal atividade econômica. O ecossistema possui clima tropical úmido, com chuvas mais frequentes de novembro a março, época das cheias. Durante o ano, predominam os ventos do norte, porém há maior incidência de ventos sul e sudeste no período de abril a agosto¹⁴.

A área selecionada para estudo é a Estância Ecológica SESC Pantanal e seu entorno. Dentro da reserva, estão localizados o Hotel SESC Porto Cercado, os rios Cuiabá e São Lourenço e em seu entorno encontram-se os povoados de São Pedro da Joselândia e Pimenteira ⁷² (mapa 2).

Inicialmente o local de coleta de dados e amostras se concentrou no Hotel SESC Porto Cercado, seguindo-se, então, para a base avançada localizada no povoado de São Pedro da Joselândia, onde se concentra a maior parte da população do local.



Mapa 2: Áreas permanentes e exploratórias de estudos do Projeto de Pesquisas Integradas FIOCRUZ – SESC Pantanal, Mato Grosso.

A base da pesquisa foi, então, estabelecida no Hotel SESC Porto Cercado, que se localiza às margens do rio Cuiabá, a 145km da capital do estado e 45Km da cidade de Poconé. O hotel compõe o projeto socioambiental da Estância Ecológica SESC Pantanal (mapa 3), com a atuação na área do ecoturismo e integrado a uma reserva ecológica certificada como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), o que significa dizer que é uma unidade de conservação localizada em área privada, gravada em caráter de perpetuidade, com objetivo de conservar a diversidade biológica. Sua criação é de ato voluntário do proprietário, constituindo a propriedade ou parte dela, em RPPN, sem que isso ocasione perda de direito de propriedade ^{72, 73}.



Mapa 3: Limites da reserva SESC Pantanal. Fonte: SESC Pantanal.

5.2 POPULAÇÃO DE ESTUDO

Após a visita exploratória da equipe integrada ao trabalho de campo à reserva e seu entorno, estimou-se uma população total de 1500 a 2000 pessoas nos arredores da reserva SESC Pantanal, pois não há moradores no interior da reserva. Apoiado nessa estimativa populacional e na ausência de informações oficiais obtidas quanto ao número de moradores nas diferentes áreas dentro da região, endereços e distribuição geográfica dessa população, tal como pelas características de um ambiente natural com áreas de vegetação e hidrografia específicas, estimou-se, por informações de reconhecimento prévio, cerca de 150 a 200 sujeitos de pesquisa, seleção essa de sujeitos que se programou realizar com base nos princípios da amostragem sistematizada.

Entretanto, no decorrer das atividades de pesquisa a certeza existente era a de ter uma semana de intervalo de tempo para as atividades de campo que consistiam: na sensibilização da população para participar do estudo, a coleta de dados através de questionário padronizado e coleta de material biológico, no caso sangue e urina. Considerando o objetivo a ser cumprido e as dificuldades apresentadas quanto a informações demográficas da região, enfrentou-se a realidade de trabalhar com o máximo possível de indivíduos residentes nas áreas pré-estabelecidas para tentar cobrir a totalidade da população estimada, chegando ao número real de cento e vinte e um sujeitos de pesquisa^{74, 75}.

5.2.1 Critérios de seleção da população

Como critério de inclusão optou-se em selecionar todos que concordassem em participar do estudo e assinassem, após leitura e entendimento, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (apêndice B).

Os critérios utilizados para limitar ou excluir a participação no estudo foram: menores de 18 anos, por questões éticas e legais; mulheres grávidas, devido a alteração do metabolismo corporal sofrido no período gestacional; mulheres acima de 39 anos, devido a alterações hormonais compatíveis ao período de climatério; e pessoas portadores de alguma patologia que cause quebra na homeostase corporal, tal como patologias endócrinas, ósseas, infecções ou tenha sofrido intervenção cirúrgica há menos de noventa dias.

5.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Um questionário padronizado (apêndice A) foi aplicado naqueles sujeitos que concordaram em participar do estudo através de entrevista individualizada ⁷⁶. Após a realização da entrevista, seguiu-se à obtenção das amostras biológicas, através da coleta de sangue periférico em antebraço e entrega de frasco para coleta de urina.

O questionário foi dividido nos seguintes segmentos: identificação e controle, que informa município, estado, data da coleta, georeferenciamento, nome do entrevistado, endereço, telefone e local da coleta; dados gerais como sexo, data de nascimento, idade, estado civil, número de filhos, escolaridade, altura, peso, origem da água que bebe e tipo de encanamento da residência; hábitos de vida que aborda hábitos alimentares e frequência de ingestão, tabagismo, etilismo e costume de banhar-se nos rios e mananciais; dados laborais, perfil remuneratório, tipo de trabalho já desempenhado e proximidade de moradia de atividades de risco para o estudo; e, sinais e sintomas possíveis pela contaminação pelo metal. O instrumento foi construído com o objetivo de conhecer as variáveis socioeconômicas, possíveis fontes de exposição e efeitos à saúde, assim como variáveis de confundimento para a avaliação de exposição aos metais.

Com o objetivo de identificar falhas, o instrumento de coleta de dados foi pré-testado em dez sujeitos de níveis de escolaridade diferentes. O questionário, contendo cento e trinta e seis perguntas fechadas foi ajustado, sofrendo alteração na

redação de alguns itens e, novamente, testado em mais cinco sujeitos, que compreenderam as perguntas sem dificuldades. O tempo médio de vinte minutos gasto para a entrevista no pré-teste foi o mesmo alcançado nas atividades de campo.

5.4 COLETA E CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS BIOLÓGICAS

O sangue total foi coletado por punção venosa periférica através de agulhas descartáveis em tubos de vácuo heparinizados de 7ml, específicos para elementos traço. A antissepsia local foi realizada com algodão embebido em álcool a 70%, enquanto as amostras de urina foram coletadas pelos próprios sujeitos de pesquisa em frascos plásticos totalmente transparentes de 50ml, previamente descontaminados. Os indivíduos que recebiam os frascos para a coleta de urina recebiam instruções para lavagem das mãos, cuidados para não tocar na parte interna da tampa ou do frasco e fechamento deste imediatamente após a coleta. Todos os tubos e frascos foram identificados através de etiquetas autoadesivas com o mesmo número de controle constante do respectivo questionário, além da data e horário de coleta. Em seguida, as amostras eram acondicionadas em sacos plásticos, posicionadas em posição vertical e transportadas sob refrigeração até a base, onde eram imediatamente congeladas.

No Setor de Metais, do Laboratório de Toxicologia do CESTEH, as amostras foram mantidas congeladas, sendo conservadas a -4°C em freezer com utilização específica para essa finalidade.

Todas as entrevistas e a coleta de material biológico foram realizadas no período de 04 a 09 de março de 2010, período de seca na região.

5.5 EXPERIMENTAL

5.5.1 Instrumental

A metodologia para a determinação de cádmio em fluidos biológicos seguiu protocolo já estabelecido pelo Laboratório de Metais do CESTEH/ENSP/FIOCRUZ. Para tal, foi utilizado o espectrômetro de absorção atômica AAnalyst 800, equipado com atomizador eletrotérmico transversal, corretor de fundo Zeeman longitudinal e

amostrador automático AS-800, todos Perkin-Elmer. Tubos "end cap" recobertos com grafite pirolítico (Perkin Elmer) foram usados nesse estudo. O comprimento de onda da lâmpada de catodo oco (Perkin-Elmer) para cádmio foi de 228,8 nm, enquanto que a corrente e largura de fenda usadas foram 8 mA e 0,7 nm, respectivamente.

As condições STPF ("Stabilized Temperature Platform Furnace") foram adotadas no forno de grafite para reduzir, ou até mesmo eliminar, as interferências. Entre elas, está a utilização de um modificador químico, necessário em matrizes mais complexas, como é o caso do sangue e urina. Também as leituras realizadas em área de pico (absorvância integrada), bem como o uso de rampa zero e interrupção do fluxo de argônio na etapa de atomização, seguiram a essas condições.

5.5.2 Descontaminação do material

Na análise de elementos traço é primordial o cuidado com a descontaminação de todo o material. Por se tratar de manipulação de material biológico, todo material utilizado na análise das amostras, vidraria e utensílios plásticos, no caso de já terem sido utilizados anteriormente, foram imersos em cloro 1% pelo período de vinte e quatro horas, sendo então lavado copiosamente em água corrente. Em seguida, esse material foi imerso em solução de Extran (Merck, Brasil), 5% (v/v), também por vinte e quatro horas. Após esse tempo, todo o material foi exaustivamente exposto à água corrente e submetido à imersão em uma solução de ácido nítrico (Merck, Darmstadt, Alemanha) 10% (v/v), para descontaminação, por um período mínimo de quarenta e oito horas. Depois, o material foi enxaguado várias vezes com água deionizada e colocado em estufa a 40°C. Todo o material foi guardado devidamente protegido do contato com superfícies metálicas e poeira até o momento de sua utilização.

5.5.3 Reagentes e soluções

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico e provenientes da Merck (Darmstadt, Alemanha). As soluções de calibração foram preparadas em ácido nítrico 1% (v/v) por diluições adequadas de uma solução concentrada de 1000

$\mu\text{g mL}^{-1}$ de cádmio. A água de diluição foi previamente purificada pelo sistema Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, USA).

Na preparação do modificador químico, foram utilizadas soluções de nitrato de paládio e nitrato de magnésio, de 10 g L^{-1} cada, ambas, diluídas em ácido nítrico 0,2 % (v/v). Uma mistura de volumes apropriados dessas soluções foi preparada, de modo que uma alíquota de $10 \mu\text{L}$ do modificador contivesse $10 \mu\text{g}$ de paládio elementar e $6 \mu\text{g}$ de nitrato de magnésio.

Uma solução de Triton X-100 0,1% (v/v) serviu de diluente para o sangue, enquanto que o diluente utilizado com a urina foi o ácido nítrico 0,2% (v/v).

5.5.4 Preparação de amostras

As amostras de urina e sangue foram diluídas 1 + 7 em ácido nítrico 0,2% (v/v) e Triton X-100 0,1% (v/v), respectivamente. A qualidade analítica dos resultados foi verificada por meio da análise de materiais de referência em cada série de amostras, diluídos conforme recomendação do fabricante e na diluição adequada para sangue e urina.

A amostra Contox Heavy Metal Blood Control - Level 1 (HMB 293RA, Kaulson Laboratories, USA) foi usada como controle para a exatidão dos resultados de cádmio em sangue, sendo a concentração informada igual a $8 \pm 2 \mu\text{g L}^{-1}$. Em relação à urina, o material de referência analisado foi o Lyphochek Urine Metals Control - Level I (Bio-Rad Laboratories, USA), cuja faixa de concentração varia de 7,0 -10,6 $\mu\text{g L}^{-1}$.

5.6 ANÁLISE DE DADOS

A análise estatística de dados, necessária para a avaliação dos resultados, foi realizada com o programa SPSS, em sua versão 13.0 para plataforma Windows, por sua interface amigável e capacidade para análise de dados biomédicos^{77, 78}.

Toda análise estatística foi calculada com base num intervalo de confiança de 95%, sendo respeitados os requisitos para cada teste aplicado. A descrição da amostra populacional estudada, principalmente os dados referentes aos blocos de dados de identificação e hábitos de vida, teve análise estatística prévia através do cálculo de freqüências e taxas.

Os testes t foram utilizados para comparação entre médias das variáveis escolhidas para análise, fossem essas para a comparação de resultados de uma mesma variável em diferentes estudos ou entre diferentes subgrupos relacionados a uma mesma variável. Para testar as diferenças entre as médias de três ou mais subgrupos, o teste paramétrico para análise de variância ANOVA foi o escolhido. No caso das variáveis ou subgrupos que não apresentavam distribuição normal foi realizado o teste não-paramétrico U de Mann-Whitney, substituto do teste t . Na avaliação das tendências apresentadas, foi utilizado o p valor para estabelecer a significância estatística dos resultados. Os coeficientes de correlação de Pearson (r) e o de determinação (r^2) foram aplicados para verificar a existência de relação linear entre duas variáveis.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou uma população de cento e vinte e uma pessoas adultas, de ambos os sexos. Entretanto, algumas perdas aconteceram devido à negativa dos participantes na doação dos fluidos biológicos, além daqueles que não retornaram com o frasco, ou ainda, que trouxeram volume muito reduzido de urina. Ao final, cento e dezenove sujeitos doaram sangue, enquanto que esse número chegou a cento e dez na doação de urina.

O processamento dos resultados foi iniciado com a identificação das características gerais da população estudada. A primeira estatística realizada foi a distribuição da população por idade. A variável *idade* foi transformada em uma variável categórica através da criação e agrupamento das respostas em quatro categorias; que representaram as seguintes faixas etárias: 1) menor do que 30 anos, faixa etária compreendida entre 18 e 29 anos; 2) de 30 a 39 anos; 3) de 40 a 49 anos e 4) 50 anos ou mais. A frequência de idade na população se aproximou de uma distribuição esperada conforme demonstrado em curva de normalidade apresentada na figura 1.

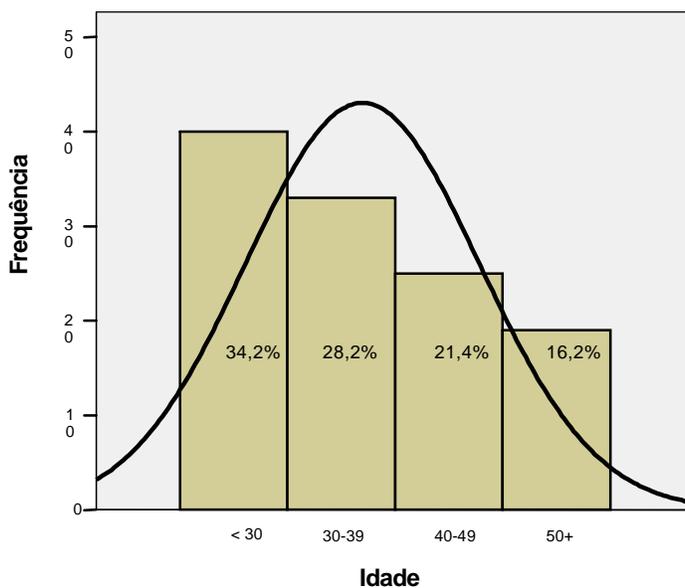


Figura 1: Distribuição por faixa etária.

Na figura 2, é apresentado o resultado obtido através da análise da variável *estado civil*. O resultado mostrou que a maioria absoluta da população estudada (74,38%) se declarou viver em matrimônio, através de reconhecimento governamental e/ou religioso, ou então, aqueles que possuem um companheiro, seja por união estável ou simplesmente morando junto. Os solteiros representaram a segunda maior parcela identificada no estudo, apresentando percentual de 23,14% do total de entrevistados. Tal resultado, conforme a PNAD para o ano de 2009, é contrário à média nacional. Segundo essa pesquisa, 45,8% dos domicílios entrevistados se declararam casados e 42,8%, solteiros ⁷⁷.

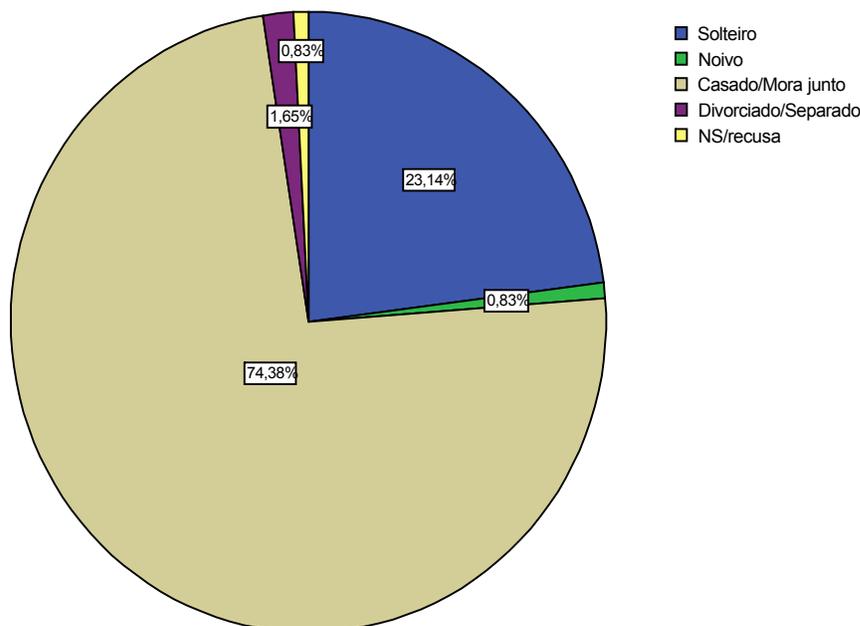


Figura 2: Distribuição por estado civil.

As informações obtidas nesse estudo em relação à escolaridade mostraram resultados bastante semelhantes com aqueles obtidos pelo IBGE, através da PNAD. Em ambos, a maior parcela da população analisada possui o ensino fundamental incompleto. Nesse estudo, 38,8% da população se encontravam nessa categoria, enquanto que essa percentagem é de 36,9% na PNAD. A maior diferença foi encontrada para a categoria “ensino médio incompleto”, que foi de 4,0% na PNAD e de 8,3% nessa pesquisa. O restante das categorias se apresentou bastante

semelhante, sendo a maior diferença de 2,1 pontos percentuais positivos a favor da pesquisa por amostras de domicílios no caso de “ensino superior completo”. Todos estes resultados podem ser encontrados na tabela 1, a qual apresenta a frequência e percentagem da distribuição da população por escolaridade ⁷⁹.

Tabela 1: Distribuição por escolaridade.

	Frequência	Percentagem	Percentagem válida
Analfabeto	10	8,3	8,3
Ensino fundamental incompleto	47	38,8	38,8
Ensino fundamental completo	9	7,4	7,4
Ensino médio incompleto	10	8,3	8,3
Ensino médio completo	31	25,6	25,6
Ensino superior incompleto	3	2,5	2,5
Ensino superior completo	10	8,3	8,3
Pós-graduação	1	0,8	0,8
Total	121	100,0	100,0

Na figura 3, tem-se a distribuição por renda da população estudada. Notou-se que há uma distribuição semelhante entre as quatro faixas, que variam de *menos de um salário mínimo* até *três a cinco salários*, passando pelas faixas de *um a dois salários* e *dois a três salários*. O IBGE, em publicação da PNAD ⁷⁹, utiliza a renda para cálculo de desigualdades e distribuição de renda, informando uma renda média de R\$ 1.309,00 para a população da região Centro-Oeste, não permitindo assim comparação entre os estudos. Vale ressaltar que, apesar disso, a maior parte da população (29,75%) apresentou renda entre um e dois salários e que 85,12% da população informou ganhar até cinco salários mínimos.

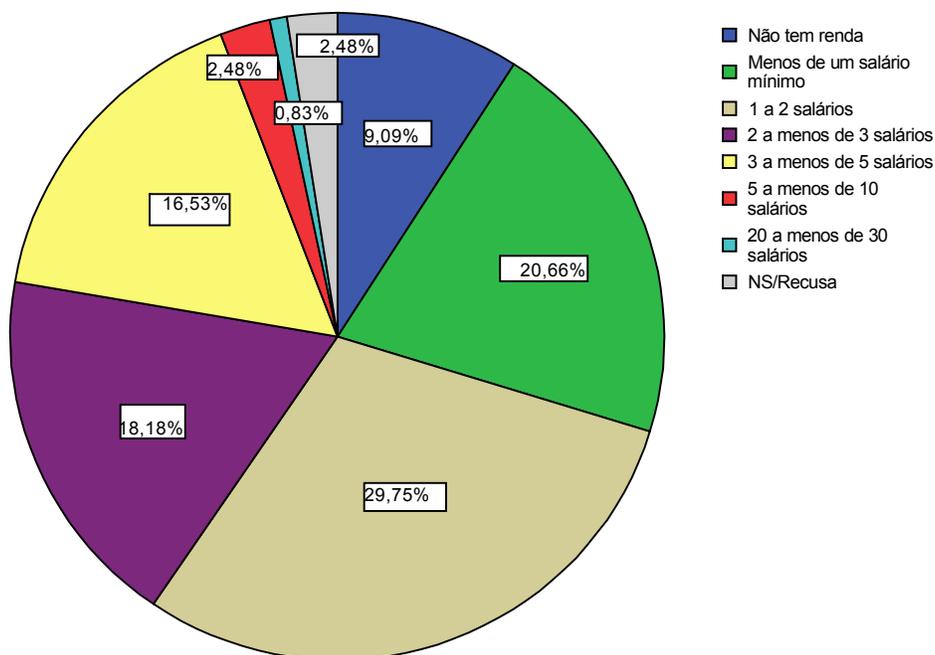


Figura 3: Distribuição por faixa de renda.

Ao se cruzar faixa de renda com escolaridade, conforme apresentado na figura 4, notou-se que a categoria “ensino fundamental incompleto”, que representa a maior parcela da população estudada, concentrou a maior variação de pagamento recebido, sendo a maioria representada por aqueles que ganham menos de dois salários mínimos, que também representam a faixa de renda de maior percentual entre a população. A remuneração acima de dois salários possui maior representatividade a partir do ensino médio completo, enquanto que a melhor renda, acima de cinco salários, somente é notada naqueles que detêm o ensino superior completo. Tais resultados mostraram que o aumento do nível de escolaridade, melhora a remuneração recebida pelo trabalho realizado.

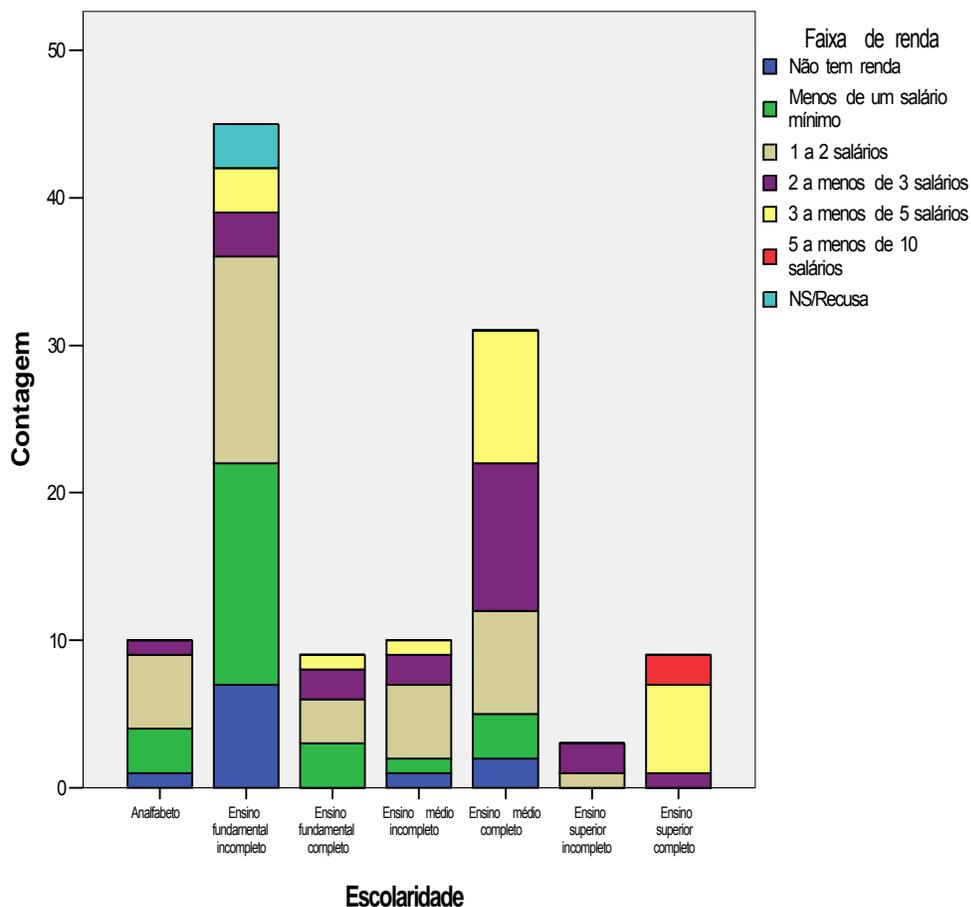


Figura 4: Faixa de renda por escolaridade.

No questionário, foi formulada uma pergunta sobre a principal ocupação desempenhada pelo sujeito da pesquisa, com o objetivo de identificar possíveis fontes de exposição ocupacional ao cádmio, visto que teriam influência direta sobre os níveis do metal no sangue e urina. Todas as ocupações foram listadas em sequência e, posteriormente, categorizadas em seis grupos, criados de forma a incluir as atividades relacionadas, considerando a semelhança dos possíveis riscos. As categorias ficaram assim organizadas: hotelaria, saúde, administrativo, campo, operacional e outros.

No grupo “hotelaria”, foram incluídas as atividades de serviços gerais, ajudante e auxiliar de cozinha, almoxarife, arrumadeira, guia e auxiliar, brigadista, chefe de recepção, recreador, eletricista, garçom, gerente, jardineiro, maitre, segurança e zelador.

A categoria “saúde” incluiu agente comunitário, agente de saúde, nutricionista e técnico de enfermagem, enquanto que, no grupo “administrativo”, foram incluídos comerciante, servidor público, vereador, técnico de informática e pesquisador.

As atividades de campo foram descritas como lavrador, agricultor, pescador, roçador, guarda-parque e pecuária/boiadeiro. Já o grupo denominado “operacional” compreendeu as ocupações de artesão, carpinteiro, caseiro, pedreiro, serralheiro, manutenção, motorista e perfurador de poço. Como “outros” foram classificados os desempregados, do lar e professores.

Na figura 5, observa-se que as atividades relacionadas ao trabalho se concentraram principalmente na categoria “campo”, com índice de 47,93%, seguidas de ocupações relacionadas ao hotel.

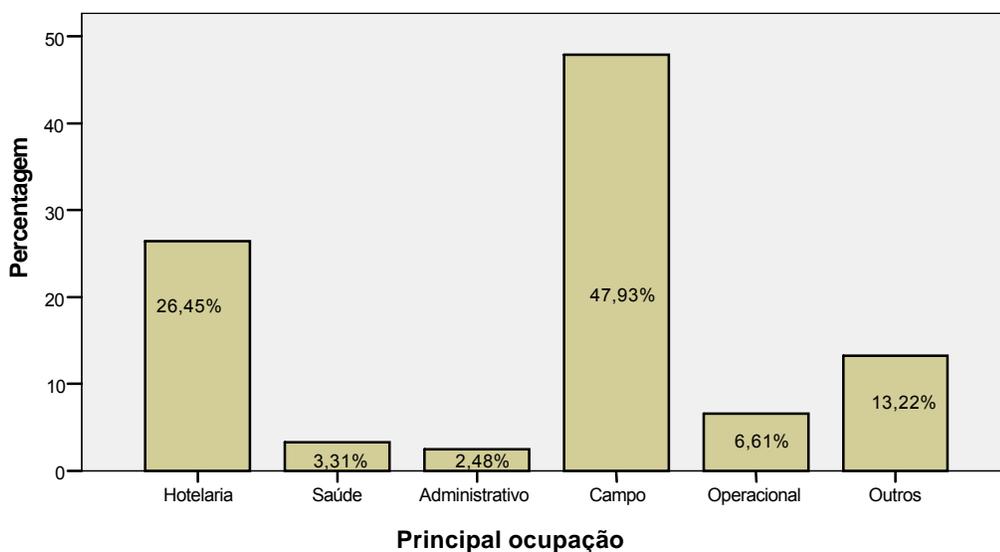


Figura 5: Distribuição por principal tipo de ocupação.

Os valores encontrados para cádmio no sangue e urina da população estudada são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Média e desvio padrão das triplicatas de cádmio em sangue e urina da população estudada.

Sujeito de pesquisa	Cd-S ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cd-U ($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	0,45± 0,01	0,28± 0,01
2	0,60± 0,01	0,76± 0,01
3	0,70± 0,02	N/A*
4	0,67± 0,03	0,55± 0,04
5	0,34± 0,01	0,37± 0,02
6	N/A*	0,63± 0,01
7	0,62± 0,01	0,04± 0,01
8	0,66± 0,01	0,42± 0,03
9	0,51± 0,01	0,35± 0,03
10	0,58± 0,03	N/A*
11	0,58± 0,01	0,63± 0,01
12	0,19± 0,01	0,48± 0,03
13	0,49± 0,01	0,05± 0,02
14	0,52± 0,03	0,38± 0,02
15	0,70± 0,02	0,75± 0,03
16	0,58± 0,04	≤ 0,04
17	N/A*	0,70± 0,04
18	0,16± 0,01	≤ 0,04
19	0,34± 0,03	0,62± 0,03
20	≤ 0,05	≤ 0,04
21	0,32± 0,02	0,54± 0,03
22	0,74± 0,02	≤ 0,04
23	1,06± 0,03	0,11± 0,03
24	0,08± 0,04	0,80± 0,50
25	0,96± 0,03	0,64± 0,03
26	0,56± 0,01	0,80± 0,04
27	0,60± 0,02	≤ 0,04
28	0,62± 0,03	0,55± 0,01
29	0,58± 0,03	0,86± 0,01
30	0,58± 0,01	1,44± 0,01
31	0,50± 0,03	0,90± 0,08
32	0,43± 0,01	0,60± 0,05
33	0,63± 0,04	N/A*
34	0,53± 0,01	0,88± 0,02
35	0,51± 0,01	0,58± 0,01
36	1,06± 0,04	1,44± 0,09
37	0,73± 0,04	0,52± 0,04
38	0,63± 0,01	0,54± 0,01
39	0,60± 0,03	0,49± 0,06
40	0,72± 0,03	1,10± 0,01
41	0,88± 0,02	0,85± 0,03
42	0,75± 0,18	0,88± 0,06
43	0,56± 0,03	0,35± 0,04
44	0,74± 0,08	0,47± 0,04
45	0,72± 0,03	≤ 0,04
46	0,82± 0,05	0,62± 0,04
47	0,88± 0,01	0,42± 0,03
48	0,70± 0,03	N/A*
49	0,72± 0,01	1,00± 0,06

Continua

Continuação

Sujeito de pesquisa	Cd-S ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cd-U ($\mu\text{g L}^{-1}$)
50	0,61± 0,03	≤ 0,04
51	0,58± 0,01	0,51± 0,04
52	0,43± 0,01	0,16± 0,03
53	0,78± 0,01	0,63± 0,03
54	0,56± 0,03	0,79± 0,01
55	0,61± 0,03	≤ 0,04
56	0,56± 0,05	0,36± 0,04
57	0,68± 0,04	N/A*
58	0,74± 0,03	N/A*
59	0,36± 0,02	≤ 0,04
60	0,40± 0,04	0,75± 0,01
61	0,43± 0,03	0,36± 0,01
62	0,41± 0,03	≤ 0,04
63	0,56± 0,04	0,56± 0,03
64	0,31± 0,03	N/A*
65	0,87± 0,03	≤ 0,04
66	0,87± 0,06	0,78± 0,04
67	0,99± 0,03	0,06± 0,02
68	0,72± 0,04	0,06± 0,01
69	0,72± 0,01	N/A*
70	0,78± 0,02	0,25± 0,04
71	0,60± 0,01	0,58± 0,01
72	0,49± 0,01	0,56± 0,01
73	0,76± 0,04	0,66± 0,01
74	0,52± 0,04	0,41± 0,03
75	0,73± 0,01	0,46± 0,01
76	0,66± 0,05	0,32± 0,01
77	0,38± 0,01	0,77± 0,01
78	0,46± 0,01	N/A*
79	0,29± 0,01	0,57± 0,03
80	0,48± 0,02	≤ 0,04
81	0,62± 0,03	0,65± 0,03
82	0,33± 0,03	0,68± 0,01
83	0,38± 0,02	≤ 0,04
84	0,76± 0,02	≤ 0,04
85	0,56± 0,04	≤ 0,04
86	1,01± 0,08	N/A*
87	0,74± 0,04	0,59± 0,04
88	0,55± 0,01	0,30± 0,03
89	0,53± 0,01	0,57± 0,01
90	0,43± 0,03	0,87± 0,01
91	0,42± 0,01	1,24± 0,07
92	0,80± 0,03	0,44± 0,02
93	0,47± 0,03	0,42± 0,04
94	0,81± 0,01	0,12± 0,04
95	0,94± 0,05	0,09± 0,01
96	0,98± 0,01	0,32± 0,03
97	0,60± 0,02	≤ 0,04
98	0,07± 0,01	0,53± 0,03
99	0,88± 0,05	0,17± 0,03
100	0,48± 0,02	≤ 0,04

Continua

<i>Conclusão</i>		
Sujeito de pesquisa	Cd-S ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cd-U ($\mu\text{g L}^{-1}$)
101	0,22 \pm 0,04	0,55 \pm 0,04
102	0,60 \pm 0,03	0,68 \pm 0,05
103	0,38 \pm 0,01	0,24 \pm 0,03
104	0,54 \pm 0,03	0,64 \pm 0,05
105	0,67 \pm 0,01	0,64 \pm 0,05
106	0,50 \pm 0,02	0,73 \pm 0,03
107	0,39 \pm 0,01	0,76 \pm 0,04
108	0,42 \pm 0,03	0,13 \pm 0,02
109	0,50 \pm 0,03	0,35 \pm 0,03
110	0,53 \pm 0,01	N/A*
111	0,45 \pm 0,04	\leq 0,04
112	0,65 \pm 0,01	0,30 \pm 0,01
113	0,28 \pm 0,03	\leq 0,04
114	0,54 \pm 0,03	\leq 0,04
115	1,13 \pm 0,09	0,33 \pm 0,03
116	0,37 \pm 0,03	0,42 \pm 0,03
117	0,52 \pm 0,03	0,66 \pm 0,03
118	0,15 \pm 0,03	0,76 \pm 0,06
119	0,56 \pm 0,03	0,76 \pm 0,05
120	0,16 \pm 0,01	0,11 \pm 0,01
121	0,52 \pm 0,03	0,51 \pm 0,03

* Amostra biológica não disponível.

As figuras 6 e 7 mostram que os níveis de cádmio nos fluidos biológicos estudados apresentaram distribuição aproximadamente normal de probabilidades, reduzindo assim, a possibilidade de viés nos valores da estatística descritiva. A estatística descritiva para o cádmio em sangue e urina da população pesquisada é apresentada na tabela 3.

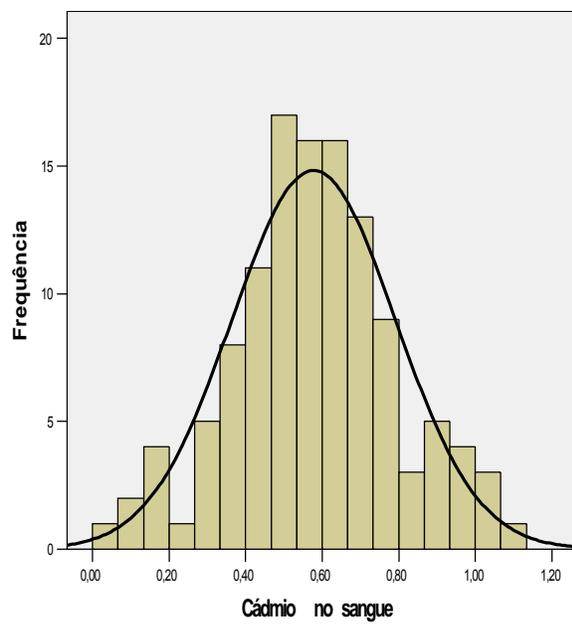


Figura 6: Frequência do cádmio no sangue ($\mu\text{g L}^{-1}$) da população estudada.

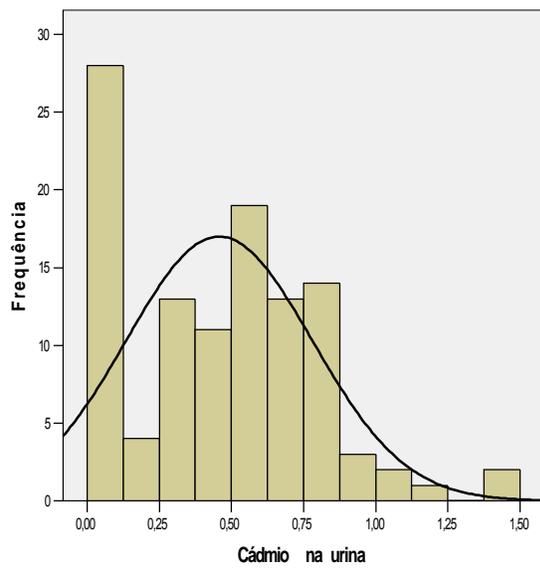
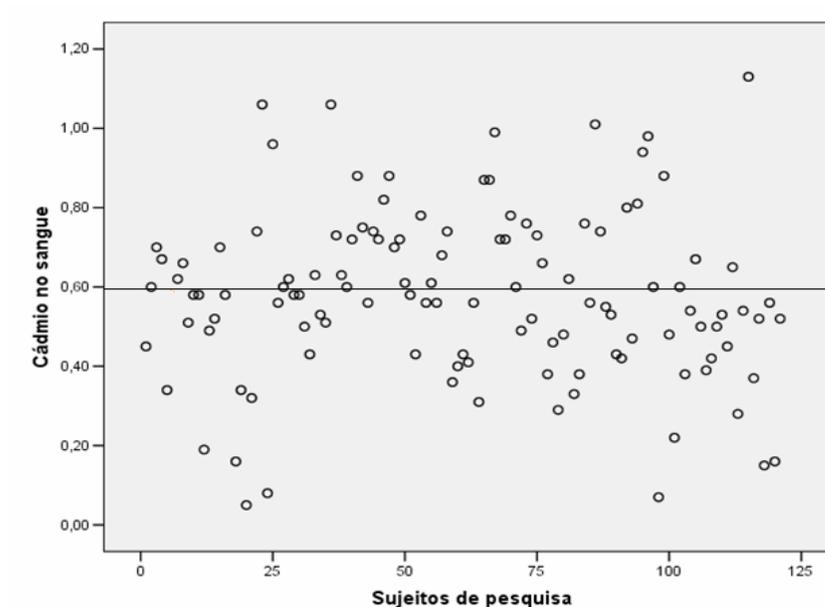


Figura 7: Frequência do cádmio na urina ($\mu\text{g L}^{-1}$) da população estudada.

Tabela 3 – Dados das concentrações de cádmio em sangue e cádmio em urina ($\mu\text{g L}^{-1}$).

	Cd-S	Cd-U
N	119	110
Média	0,57	0,45
Desvio padrão	0,21	0,32
Variância	0,05	0,10
Mínimo	0,05	0,04
Máximo	1,13	1,44

A média encontrada para cádmio no sangue da população estudada foi de $0,57 \pm 0,21 \mu\text{g L}^{-1}$, com a faixa de concentração variando de $\leq 0,05 \mu\text{g L}^{-1}$ a $1,13 \mu\text{g L}^{-1}$. Vale ressaltar que o valor de $0,05 \mu\text{g L}^{-1}$ aqui informado é o limite de detecção da metodologia analítica utilizada. De acordo com o teste *t* de Student e 95% de confiança ($p = 0,254$), a comparação dessa média com o valor de referência de $0,6 \pm 0,3 \mu\text{g L}^{-1}$, proposto pela Comunidade Européia ⁷⁰, mostrou que não há diferença estatisticamente significativa entre os resultados para Cd-S de ambos os estudos, apesar de serem populações completamente diferentes. Essa similaridade pode ser observada na figura 8, visto que a maioria dos valores se encontrou em torno de $0,6 \mu\text{g L}^{-1}$. A população avaliada pela pesquisa européia foi composta por sujeitos italianos não expostos ocupacionalmente e moradores da mesma região, a Lombardia.

**Figura 8:** Distribuição do cádmio em sangue ($\mu\text{g L}^{-1}$) da população estudada.

O cádmio na urina apresentou média de $0,45 \pm 0,32 \mu\text{g L}^{-1}$, com intervalo de $\leq 0,04 \mu\text{g L}^{-1}$ a $1,44 \mu\text{g L}^{-1}$, sendo que o valor mínimo encontrado se refere ao limite de detecção da metodologia analítica.

De acordo com a figura 9, a maioria dos valores encontrados para cádmio na urina se concentrou abaixo do valor de referência proposto pela CE de $0,86 \pm 0,06 \mu\text{g L}^{-1}$ ⁷⁰, representado por uma reta no gráfico. Tal observação levanta a hipótese de que, possivelmente, existe uma diferença entre essas médias. Assim, foi aplicado o teste *t* para comparação da média de cádmio na urina com o valor de referência. O resultado encontrado ($p < 0,001$) permite rejeitar a hipótese nula para o nível de significância $\alpha = 0,05$. Portanto, é possível dizer que o nível médio de cádmio na urina da população avaliada foi menor do que aquela média utilizada como referência.

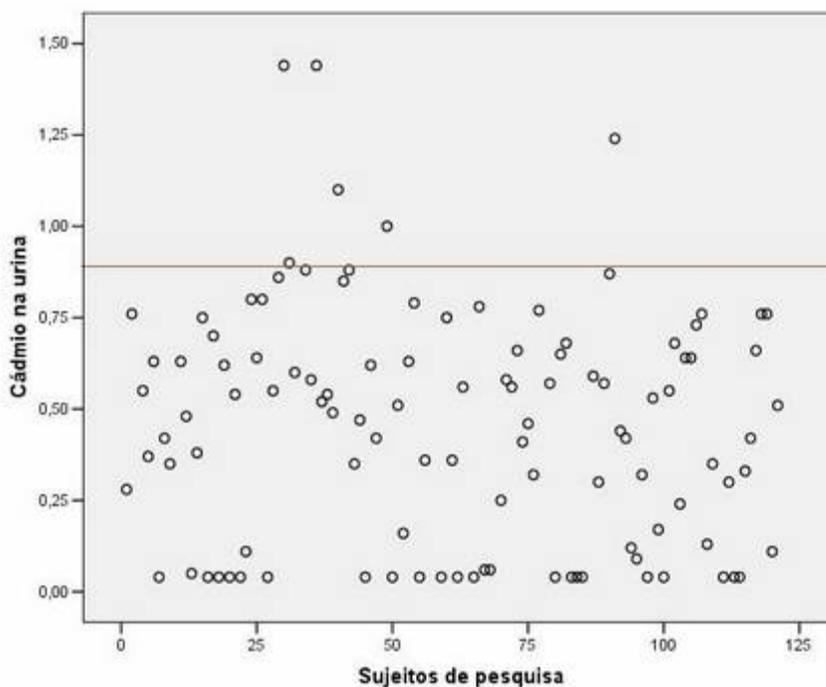


Figura 9: Distribuição de cádmio na urina ($\mu\text{g L}^{-1}$) da população estudada.

A existência de uma correlação entre o cádmio no sangue e na urina foi avaliada através do coeficiente de correlação de Pearson (*r*). Inicialmente criou-se um gráfico de dispersão bidimensional (figura 10), que permite a visualização de uma fraquíssima correlação entre as variáveis estudadas, estando essa nos valores

mais baixos. Essa situação leva a supor que tal correlação caso exista no presente estudo pode se relacionar aos valores próximos ao limite de detecção do método.

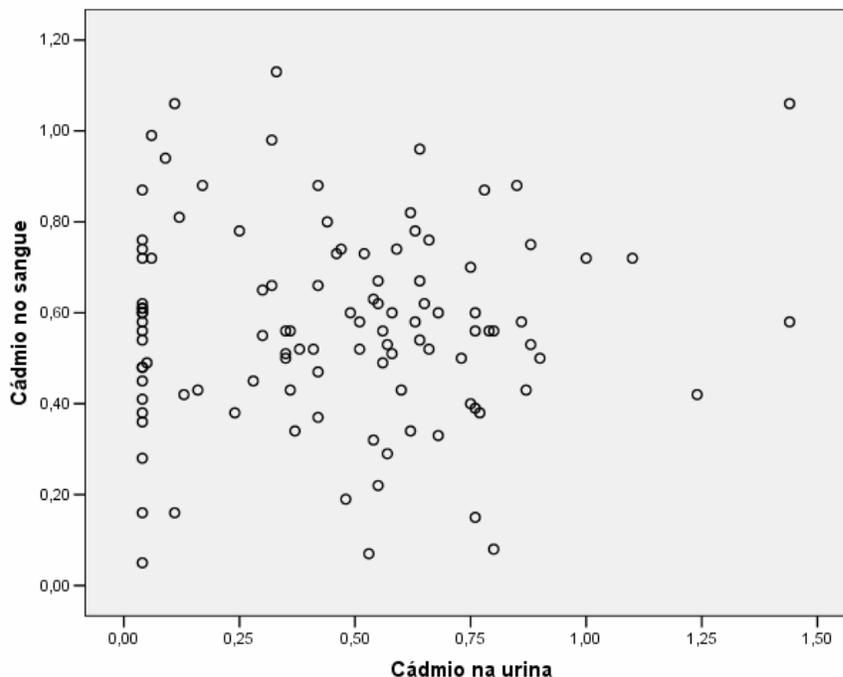


Figura 10: Dispersão bidimensional de Cd-S e Cd-U ($\mu\text{g L}^{-1}$).

Após aplicação do teste de Pearson (r) chegou-se a $N = 108$ (89,3%) válidos e $N = 13$ (10,7%) de casos perdidos. O valor de r encontrado foi 0,033 e $p = 0,731$, mostrando que não há uma correlação de significância estatística entre as duas variáveis; resultado esperado para as níveis de cádmio em sangue e urina encontrados no estudo. Assim, a alteração de um desses indicadores biológicos não afeta o outro. Através da regressão linear simples, chegou-se ao r^2 igual a 0,001, o que significa que o cádmio na urina só pode ser explicado em 0,1% dos casos pelo cádmio no sangue. Esse resultado é semelhante a um estudo realizado na Ásia, que encontrou correlação com significância estatística somente para valores de Cd-S acima de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ ⁸⁰.

A variável sexo (tabela 4) apresentou $N = 100$ para homens e média de cádmio no sangue igual a $0,55 \pm 0,22 \mu\text{g L}^{-1}$. Em relação às mulheres, o número de participantes foi bem menor ($N = 19$) e a média ficou em $0,69 \pm 0,11 \mu\text{g L}^{-1}$. No caso

do cádmio na urina, o sexo masculino participou com $N = 95$ e média de $0,43 \pm 0,32 \mu\text{g L}^{-1}$, enquanto que o feminino teve $N = 15$ com média igual a $0,66 \pm 0,25 \mu\text{g L}^{-1}$.

A distribuição da população masculina se aproximou da normalidade (figura 11), mas a população feminina não cumpriu esse requisito (figura 12). Dessa forma, pela ruptura dos pressupostos paramétricos, procedeu-se ao teste de Mann-Whitney, que apresentou como resultado de cádmio no sangue $U = 519,5$ e $p = 0,002$ e $U = 387,0$ e $p = 0,004$ para cádmio na urina.

Os resultados encontrados para variável sexo permitem afirmar que existe diferença significativa entre as médias de cádmio no sangue e na urina quando comparados os sexos. Essa diferença acompanha os resultados da literatura científica, indicando que as médias do metal estudado no sexo feminino são maiores do que aquelas encontradas no sexo masculino^{15, 23, 53, 65, 68, 81, 82}. A explicação dos maiores níveis de cádmio nos organismos femininos é conferida à diferente taxa de absorção gastrointestinal de cádmio, que geralmente é maior nas mulheres por uma deficiência natural nos estoques de ferro, quando comparado aos organismos do sexo masculino^{15, 65}.

Tabela 4: Dados das concentrações de cádmio no sangue pela variável sexo.

Sexo	Estatística		Desvio padrão
Masculino	Média		0,55
	IC 95% para a média	Mínimo	0,51
		Máxima	0,60
	Mediana		0,54
	Variância		0,05
	Desvio padrão		0,22
	Mínimo		0,05
	Máximo		1,13
	Intervalo		1,08
	Feminino	Média	
IC 95% para a média		Mínimo	0,63
		Máxima	0,74
Mediana			0,70
Variância			0,01
Desvio padrão			0,11
Mínimo			0,53
Máximo			1,01
Intervalo			0,48

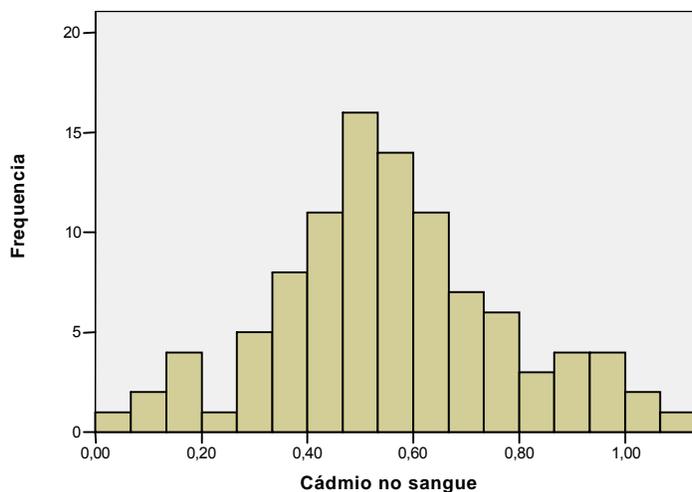


Figura 11 – Distribuição da população do sexo masculino.

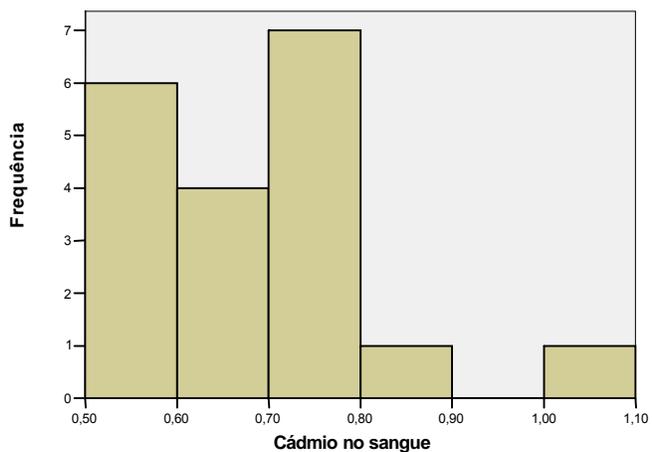


Figura 12 – Distribuição da população do sexo feminino.

A idade é apresentada, cientificamente, como um fator determinante para a elevação dos níveis de cádmio nos organismos humanos. O cádmio no sangue e o cádmio na urina se apresentam gradualmente menores nos adultos jovens e se

elevam conforme aumento da idade^{83, 84}. O gráfico relativo à idade, apresentado na figura 13, indica a existência de dois valores atípicos para a faixa etária de cinquenta anos ou mais. Dessa forma, os valores $0,16 \mu\text{g L}^{-1}$ e $1,13 \mu\text{g L}^{-1}$, relacionados aos valores de cádmio no sangue para os sujeitos de pesquisa 18 e 115, respectivamente, foram excluídos do teste relativo à diferença entre as médias das categorias de idade no cálculo da ANOVA. Após esse procedimento, os testes de distribuição se mantiveram próximos à normalidade.

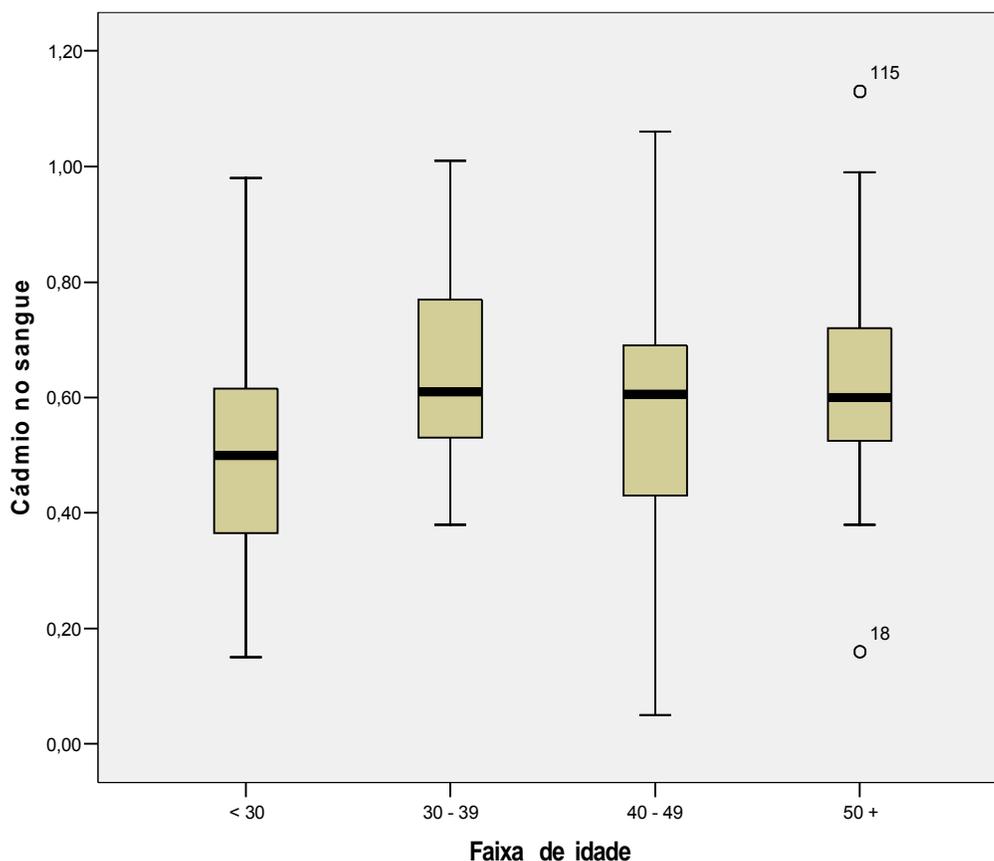


Figura 13: Distribuição do cádmio no sangue por faixa etária.

A realização da ANOVA [$F_{(3,109)} = 3,808$, $p = 0,012$] exibiu a existência de significância estatística entre alguns subgrupos testados. O estudo encontrou níveis mais elevados de cádmio na faixa etária de trinta a trinta e nove anos e, após testes para múltiplas comparações entre médias, confirmou-se que essa faixa etária possui média de cádmio no sangue mais elevada quando comparada com as demais faixas etárias (tabela 5). Diferentemente dos resultados da maioria dos estudos publicados,

não se encontrou uma elevação gradativa dos níveis de cádmio relacionado ao avanço da idade cronológica. Porém, o estudo apresentou resultado semelhante à pesquisa realizada na Turquia, na qual a determinação dos níveis do metal foi mais alta na faixa etária entre vinte e trinta e nove anos. Logo, ambos os estudos demonstraram o mesmo comportamento frente à faixa etária de adultos jovens⁸⁵.

Tabela 5: Dados das concentrações de cádmio no sangue por faixa etária.

Faixa etária	N	Média	Desvio padrão	IC 95% para a média		Mínimo	Máximo
				Limite inferior	Limite superior		
< 30	40	0,50	0,19	0,44	0,56	0,15	0,98
30 - 39	32	0,65	0,16	0,59	0,71	0,38	1,01
40 - 49	24	0,55	0,27	0,44	0,67	0,05	1,06
50 +	17	0,63	0,17	0,55	0,72	0,38	0,99
Total	113	0,58	0,21	0,54	0,61	0,05	1,06

A mesma metodologia estatística foi utilizada para o cádmio na urina, entretanto, a avaliação dos resultados de Cd-U foram diferentes, não havendo diferença estatisticamente significativa entre as médias das categorias de idade. Por meio da ANOVA, foi obtido o seguinte resultado: $F_{(3,100)} = 0,704$, $p = 0,546$.

Outro fator de risco amplamente reconhecido na literatura para a elevação dos níveis de cádmio no organismo humano é o hábito de fumar. Estudos afirmam que fumantes podem ter níveis significativamente mais elevados de cádmio no sangue quando comparado a não fumantes ou ex-fumantes^{20, 53, 59, 64, 68, 81, 82, 83, 86, 87}. Ao iniciar a análise da variável *fuma* e respeitando os requisitos para realização dos testes estatísticos, procedeu-se ao teste de Mann-Whitney para cádmio no sangue com resultados $U = 547,5$ e $p = 0,007$. Analisando os números, pode-se então, afirmar que os níveis de cádmio no sangue daqueles que fumam (N=18) apresentaram média superior, $0,70 \pm 0,22 \mu\text{g L}^{-1}$, quando comparada com a média dos que não fumam (N=101), $0,55 \pm 0,20 \mu\text{g L}^{-1}$. Nota-se, assim, que o estudo apresentou os mesmos resultados difundidos na literatura científica relacionada. Dessa forma, confirmou-se que fumar é um fator de risco para ter níveis de cádmio no sangue mais elevados quando comparados àqueles que não fumam.

Ao se estudar o cádmio na urina, quem fuma teve média de $0,57 \mu\text{g L}^{-1}$ e os que não fumam, $0,43 \mu\text{g L}^{-1}$. Através do mesmo teste aplicado para cádmio no sangue, teve-se $U = 607,5$ e $p = 0,359$ como resultados para cádmio na urina. Assim, não foi possível estabelecer que exista diferença significativa entre as médias. Resultado semelhante foi descrito em estudo realizado na República Checa ^{86, 89, 90}.

Também foram pesquisados alguns hábitos alimentares que poderiam estar relacionados ao nível de cádmio no organismo humano. As variáveis introduzidas foram ingestão de arroz, trigo, leite, frutas, legumes e verduras. Tal como estudo realizado na Coreia, país com altas taxas de consumo de arroz, foi estabelecida uma diferença estatisticamente significativa entre os níveis de Cd-S daqueles que consomem e os que não consomem arroz ⁹¹. Porém, não houve, conforme apresentado na tabela 6, diferença entre as concentrações de cádmio no sangue, ao se avaliar aqueles que ingeriam ou não frutas, legumes e verduras, ou bebiam leite, resultado diferente de outros estudos ²¹. Ao se avaliar o Cd-U, as médias não foram estatisticamente diferentes para as pessoas com hábitos alimentares distintos,

Em relação à ingestão alcoólica, confirmou-se a associação positiva de álcool e aumento nos níveis de Cd-S, comprovada pelo teste de Levene $F = 5,452$ e $p = 0,021$, conforme conclusão apresentada em outros estudos ^{22, 53, 92, 93}. O mesmo resultado também foi encontrado na avaliação do Cd-U, que através do teste de Mann-Whitney apresentou valores $U = 1046,00$ e $p = 0,05$, confirmando que ingerir álcool eleva os níveis de cádmio em sangue assim como na urina.

Tabela 6: Dados de grupo e teste não-paramétrico por hábito alimentar.

Ingestão de:					<i>Mann-Whitney</i>	
		N	Média	Desvio padrão	U	p
CdS	Arroz das proximidades Sim	66	0,62	0,21	1294,50	0,015
	Não	53	0,53	0,21		
CdU	Sim	61	0,50	0,34	1304,00	0,250
	Não	49	0,40	0,29		
CdS	Derivados de trigo das proximidades Sim	37	0,57	0,22	1512,00	0,977
	Não	82	0,58	0,21		
CdU	Sim	35	0,55	0,33	1036,50	0,075
	Não	75	0,42	0,32		

Continua

Continuação

Ingestão de:					Mann-Whitney	
		N	Média	Desvio padrão	U	p
Leite das proximidades						
CdS	Sim	72	0,60	0,21	1405,00	0,135
	Não	46	0,54	0,21		
CdU	Sim	65	0,50	0,36	1255,00	0,205
	Não	45	0,40	0,25		
Verduras/legumes das proximidades						
CdS	Sim	91	0,57	0,23	1060,50	0,282
	Não	27	0,60	0,14		
CdU	Sim	85	0,45	0,33	893,50	0,353
	Não	24	0,50	0,29		
Frutas das proximidades						
CdS	Sim	98	0,58	0,23	901,00	0,571
	Não	20	0,59	0,12		
CdU	Sim	91	0,47	0,33	706,50	0,357
	Não	18	0,40	0,30		

Ao comparar os níveis de escolaridade com o cádmio no sangue, verificou-se que a média mais elevada se encontrava na categoria *pós-graduação*, representada por apenas um indivíduo. Assim, para a comparação entre múltiplas variáveis, excluiu-se o item *pós-graduação* para possibilitar a avaliação estatística. O teste de *Tukey* realizado para comparação múltipla entre as médias, demonstrou diferença mínima entre os sujeitos com *ensino fundamental incompleto* e *ensino médio completo*. Após a realização da ANOVA [$F_{(6,108)} = 2,980$, $p = 0,010$] e com base nas tabelas 7 e 8 é possível dizer que aqueles com ensino médio completo possuíam média estatisticamente maior que aqueles com ensino fundamental incompleto ($p < 0,05$). Na mesma pesquisa, não se encontrou diferença entre as médias quando o cádmio na urina foi avaliado.

Os níveis de cádmio no sangue daqueles sem graduação foram maiores do que dos graduados, conforme estudo de Wendy McKelvey²². Os dois níveis mais baixos de educação, analfabeto e ensino fundamental incompleto, foram as categorias nas quais se encontraram as médias mais elevadas para cádmio no sangue, resultado também semelhante ao obtido por Young-Son²³. Esse achado permite supor que os sujeitos com mais escolaridade se expõem em menor intensidade ao metal.

Tabela 7: Níveis de cádmio no sangue por escolaridade.

Escolaridade	Média	N	Desvio padrão
Analfabeto	0,66	10	0,19844
Ensino fundamental incompleto	0,65	47	0,19516
Ensino fundamental completo	0,48	8	0,23385
Ensino médio incompleto	0,58	10	0,16075
Ensino médio completo	0,49	31	0,21313
Ensino superior incompleto	0,41	3	0,23302
Ensino superior completo	0,47	9	0,15565
Pós-graduação	1,01	1	.
Total	0,57	119	0,21343

Tabela 8: Comparações múltiplas – Teste *Tukey* para nível de escolaridade e cádmio no sangue.

(I) Escolaridade	(J) Escolaridade	Dif. das médias (I-J)	p	IC 95%	
				Limite inferior	Limite superior
Analfabeto	Ensino fundamental incompleto	0,02144	0,99991	-0,18165	0,22454
	Ensino fundamental completo	0,17925	0,44954	-0,09631	0,45481
	Ensino médio incompleto	0,07500	0,97659	-0,18480	0,33480
	Ensino médio completo	0,17074	0,19711	-0,04053	0,38201
	Ensino superior incompleto	0,25300	0,42838	-0,12942	0,63542
	Ensino superior completo	0,14925	0,66504	-0,12631	0,42481
	Ensino fundamental incompleto	Analfabeto	-0,02144	0,99991	-0,22454
Ensino fundamental completo		0,15781	0,34448	-0,06510	0,38071
Ensino médio incompleto		0,05356	0,98528	-0,14954	0,25665
Ensino médio completo		0,14930*	0,02109	0,01370	0,28489
Ensino superior incompleto		0,23156	0,41545	-0,11485	0,57796
Ensino superior completo		0,12781	0,60245	-0,09510	0,35071
Ensino fundamental completo		Analfabeto	-0,17925	0,44954	-0,45481
	Ensino fundamental incompleto	-0,15781	0,34448	-0,38071	0,06510
	Ensino médio incompleto	-0,10425	0,91527	-0,37981	0,17131
					<i>Continua</i>

Continuação

(I) Escolaridade	(J) Escolaridade	Dif. das médias (I-J)	p	IC 95%	
				Limite inferior	Limite superior
Ensino médio incompleto	Ensino médio completo	-0,00851	1,00000	-0,23888	0,22187
	Ensino superior incompleto	0,07375	0,99767	-0,31954	0,46704
	Ensino superior completo	-0,03000	0,99992	-0,32047	0,26047
	Analfabeto	-0,07500	0,97659	-0,33480	0,18480
	Ensino fundamental incompleto	-0,05356	0,98528	-0,25665	0,14954
	Ensino fundamental completo	0,10425	0,91527	-0,17131	0,37981
	Ensino médio completo	0,09574	0,82070	-0,11553	0,30701
	Ensino superior incompleto	0,17800	0,80150	-0,20442	0,56042
	Ensino superior completo	0,07425	0,98353	-0,20131	0,34981
Ensino médio completo	Analfabeto	-0,17074	0,19711	-0,38201	0,04053
	Ensino fundamental incompleto	-0,14930*	0,02109	-0,28489	-0,01370
	Ensino fundamental completo	0,00851	1,00000	-0,22187	0,23888
	Ensino médio incompleto	-0,09574	0,82070	-0,30701	0,11553
	Ensino superior incompleto	0,08226	0,99213	-0,26900	0,43352
	Ensino superior completo	-0,02149	0,99996	-0,25187	0,20888
	Analfabeto	-0,25300	0,42838	-0,63542	0,12942
	Ensino fundamental incompleto	-0,23156	0,41545	-0,57796	0,11485
	Ensino fundamental completo	-0,07375	0,99767	-0,46704	0,31954
Ensino superior incompleto	Ensino médio incompleto	-0,17800	0,80150	-0,56042	0,20442
	Ensino médio completo	-0,08226	0,99213	-0,43352	0,26900
	Ensino superior completo	-0,10375	0,98525	-0,49704	0,28954
	Analfabeto	-0,14925	0,66504	-0,42481	0,12631
	Ensino fundamental incompleto	-0,12781	0,60245	-0,35071	0,09510
	Ensino fundamental completo	0,03000	0,99992	-0,26047	0,32047
	Ensino médio incompleto	-0,07425	0,98353	-0,34981	0,20131
	Ensino médio completo	0,02149	0,99996	-0,20888	0,25187
	Ensino superior incompleto	0,10375	0,98525	-0,28954	0,49704

* A média das diferenças é significativa no nível 0,05.

Ao avaliar nível de escolaridade e principal atividade, nota-se, como demonstrado na figura 14, que o ensino fundamental incompleto e o ensino médio completo têm o maior número de sujeitos classificados na categoria de ocupação “campo”.

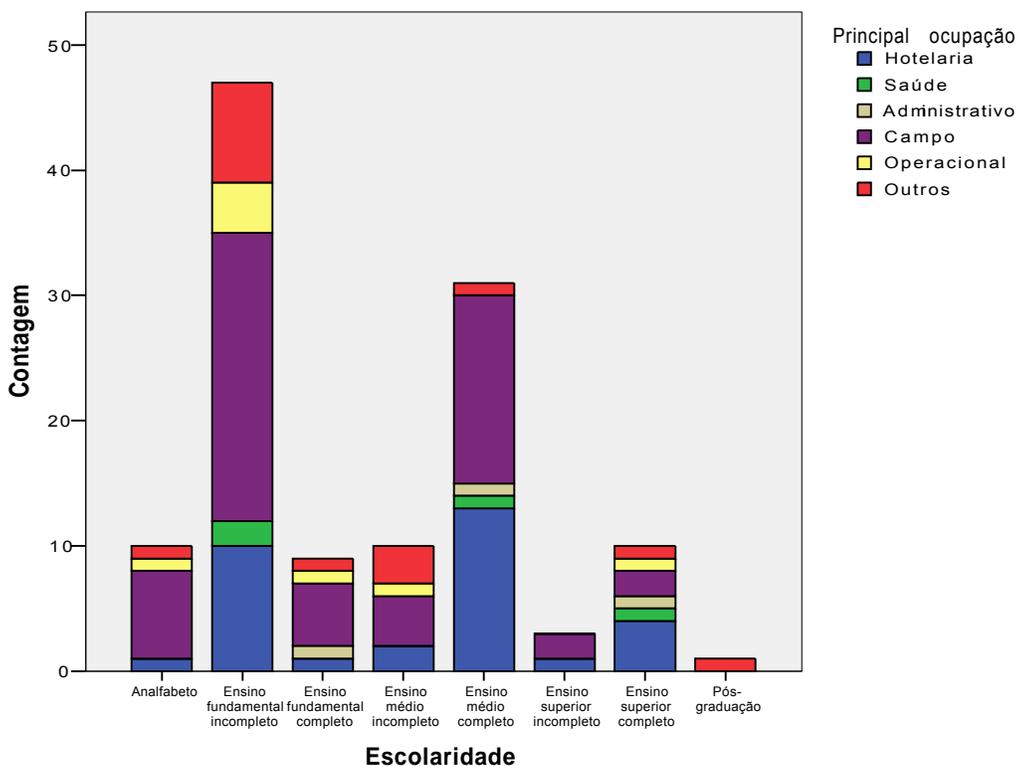


Figura 14: Principal ocupação por escolaridade.

O cádmio no sangue foi avaliado para variável renda, através da ANOVA, que confirmou variância de médias significativas no grupo [$F_{(6,111)} = 3,850, p = 0,002$]. Para que fosse possível a utilização do teste de *Tukey*, foi necessária exclusão da categoria *vinte a trinta salários* da referida variável, devido à existência de somente uma ocorrência. Como resultado, obteve-se que as médias de cádmio no sangue daqueles que não tem renda bem como dos que recebem menos de um salário foi, significativamente, superior aos que responderam receber entre dois e três salários. Ao se avaliar a variável dependente cádmio na urina, não se obteve variância significativa.

Também se realizou o cálculo de ocupação por faixa de idade conforme figura 15, abaixo apresentada. Notou-se que, na faixa etária de 30-39 anos, quantidade semelhante de pessoas teve suas atividades relacionadas ao campo e a hotelaria.

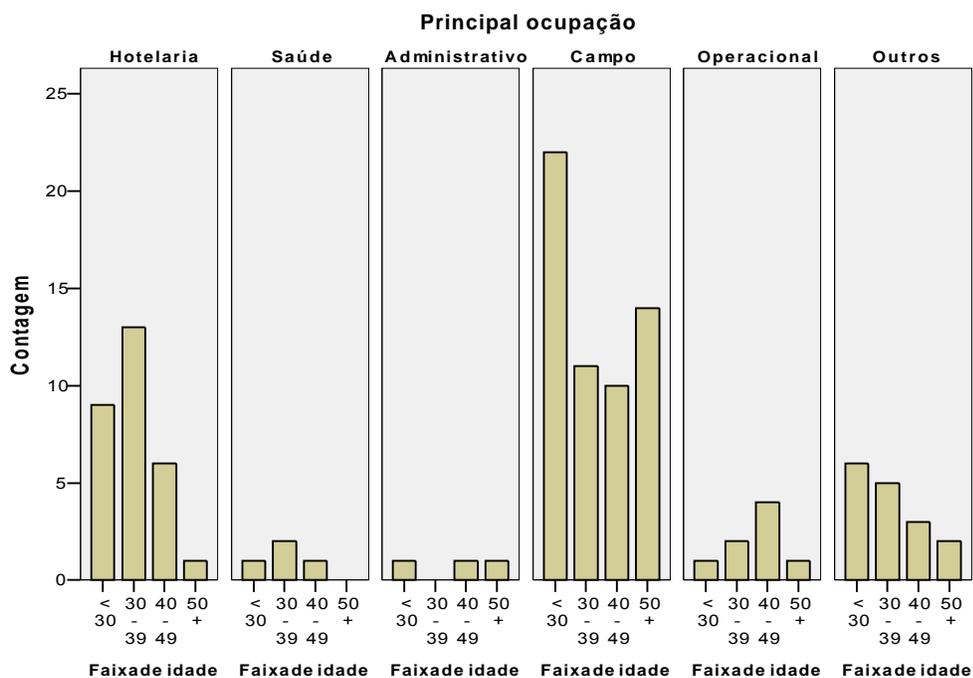


Figura 15: Principal ocupação por faixa de idade

A maior parte dos entrevistados que responderam receber até dois salários apresentaram como principal ocupação a classificação categórica “campo” (figura 16). Assim, suspeita-se que trabalhar no campo, mesmo sem comprovação significativa das diferenças através da aplicação de testes estatísticos, possa ser um fator de risco para uma média aumentada de cádmio no sangue da população estudada.

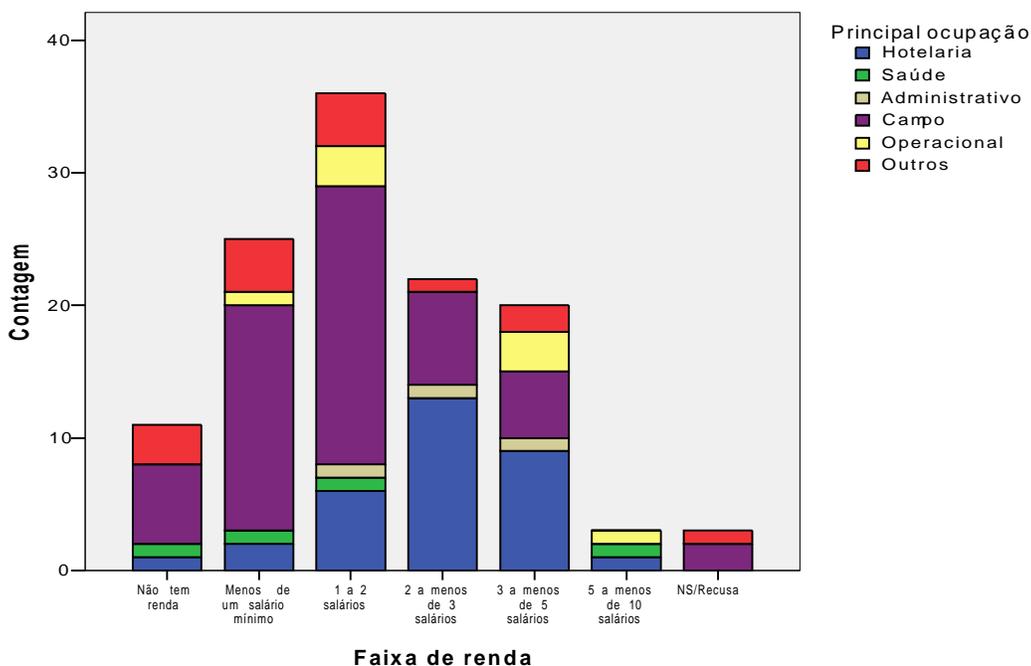


Figura 16: Principal ocupação por faixa de renda.

Quando inquiridos sobre possíveis sinais e sintomas que pudessem ser causados pela contaminação do cádmio, os sujeitos tinham a oportunidade de responder afirmativa ou negativamente aos itens. Na tabela 9, relacionou-se, respectivamente, a frequência e percentagem de cada sinal ou sintoma perguntado. Contudo, é importante sinalizar que, em decorrência da determinação de níveis de cádmio dentro dos valores de referência, além da inexistência de sinais e/ou sintomas patognomônicos da contaminação pelo metal cádmio, os achados foram de baixa especificidade, tendo em vista que as respostas positivas podem ser comuns a várias patologias. A proposta da pesquisa não era a realização de anamnese médica para desvendar a causa de tais sinais e sintomas.

Tabela 9: Frequência de sinais e sintomas.

Sinais e sintomas	Frequência	%
Dor de barriga persistente	28	23,10
Bronquite	8	6,60
Pneumonia	9	7,40
Edema de pulmão	0	0,00
Anemia	14	11,60
Mudança na cor dos dentes	14	11,60
Enfisema pulmonar	3	2,50
Doença renal	21	17,40
Dor de cabeça frequente	34	28,10
Cansaço	22	18,20

7 CONCLUSÃO

Considerando que o cádmio não é um metal essencial, pode-se dizer que a simples presença do xenobiótico nos organismos pesquisados, significa a existência de exposição. Os níveis encontrados sugerem uma exposição ambiental de baixa intensidade quando comparados à referência utilizada, uma vez que o cádmio na urina, que indica uma exposição crônica, apresentou teores significativamente mais baixos.

O cádmio no sangue, mais utilizado para avaliar exposições recentes ao metal, se apresentou na média quando comparado ao estudo de referência. Por outro lado, a comparação entre os níveis de cádmio no sangue e na urina mostrou não haver uma correlação linear entre esses dois indicadores biológicos.

As variáveis que mostraram associação positiva com os níveis de cádmio no sangue, ou seja, que têm maiores chances de elevar as concentrações do metal nesse fluido, são sexo feminino, tabagismo, ingestão de arroz e alcoólica. Teores aumentados do cádmio na urina podem estar associados ao fato de pertencer ao sexo feminino e ingerir álcool.

Além dessas, ter entre trinta e trinta e nove anos também apresentou média de cádmio no sangue maior quando relacionada às outras faixas etárias. Essa faixa etária é representativa na ocupação *campo*, que também representa parcela considerável dos que têm menor remuneração por seu trabalho. Dessa forma, levanta-se como hipótese que trabalhar no campo pode elevar os níveis de cádmio no sangue.

Através da análise dessas variáveis, fica evidente a necessidade de estudos para tentar estabelecer possíveis associações entre atividades realizadas no campo, aqui suposto como um fator de risco de exposição ao cádmio, e os possíveis agentes causais desse risco elevado de exposição ao cádmio. Algo a ser considerado é o uso de agrotóxicos, variável a ser considerada nesse caso.

Nota-se a existência de poucas publicações disponíveis sobre o cádmio, principalmente no Brasil. Há, dessa forma, a necessidade de discutir as questões práticas relacionadas ao monitoramento biológico das populações expostas ao metal, estimulando-se a realização de estudos sobre o tema e, considerando como objetivos a tentativa de se estabelecer valores de referência para as populações

com a avaliação de variáveis sócio-demográficas tais como alterações no padrão da dieta e da poluição ambiental, e coexposições.

Como se vê, os valores de cádmio no sangue e na urina estão relacionados ao ambiente em que as pessoas vivem e aos hábitos de vida. Nesse estudo, confirma-se a existência de exposição ambiental nas pessoas estudadas, porém, com valores dentro dos limites considerados aceitáveis para a população em geral. Fica, dessa forma, evidente a necessidade contínua de revisão desses valores frente a aplicações variadas do cádmio na atualidade e a inserção, permanente, de novas tecnologias. Acredita-se, assim, ser o resultado do estudo de grande valia para avaliação da exposição ao cádmio na área de saúde, trabalho e ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Mascarenhas MDM, Vieira LC, Lanzieri TM, et al. Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil - Setembro, 2005. J. Bras. Pneumol. 2008 ; 34(1): 42-46.
- 2- Al-Saleh S, Coskun A, Mashhour N, et al. Exposure to heavy metals (lead, cadmium and mercury) and its effect on the outcome of in-vitro fertilization treatment. Int J Hyg Environ Health. 2008; 211: 560-579.
- 3- Hernández-Ochoa G, García-Vargas L. López-Carrillo M, et al. Low lead environmental exposure alters semen quality and sperm chromatin condensation in northern Mexico. Reprod Toxicol. 2005; 20: 221-228.
- 4- Dílson OP. Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro. [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, 2005. 194p.
- 5- Gobbi JM. Estudo sobre a presença de metais em diferentes tecidos de peixes Surubins (*Pseudoplatystoma coruscans*) capturados no Rio São Francisco (MG). [dissertação]. Belo Horizonte - Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária da UFMG, 2007. 60p.
- 6- Chang, LW. Toxicology of Metals. US: Lewis Publishers; 1996. 1024p.
- 7- Azevedo FA, Chasin AAM. As bases toxicológicas da ecotoxicologia. São Paulo: Intertox; 2003. 340p.
- 8- Oliveira RC. Avaliação do movimento de cádmio, chumbo e zinco em solo tratado com resíduo calcário [dissertação]. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Lavras. 2003. 85p.

- 9- Azevedo FA, Chasin AAM. Metais: Gerenciamento da Toxicidade. São Paulo: Editora Atheneu; 2003. 554 p.
- 10- Cardoso LMN, Chasin AAM. Cadernos de referência ambiental, v.6. Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos. Salvador: CRA; 2001. 122p.
- 11- Silva SA. Remoção de cádmio e chumbo por adsorção em minerais [dissertação]. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, Curso de Engenharia de Minas 2005. 67p.
- 12- Silva SR, Procopio SO, Queiroz TFN, Dias LE. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. Rev. Bras. Ciênc. Solo. 2004; 28(1): 189-196.
- 13- Zumarán-Farfán JRJ, Barbosa-Filho O, Souza VP. Impactos Ambientais da Drenagem Ácida de Resíduos Sólidos da Indústria Mineral; 58º Congresso Anual da ABM, de 21 a 24 de Julho 2003, Hotel Glória - Rio de Janeiro Brasil; [CDROM] pp. 1171-1181; 2003.
- 14- Silva AP, Câmara W, Nascimento OCN, Oliveira LJ, Silva EC, Pivetta F, Barrocas PRG. Série Tecnologia Ambiental 13: Emissões de mercúrio na queima da amálgama: estudo da contaminação de ar, solos e poeira em domicílios de Poconé, MT. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1996. 43p.
- 15- Fontaine F, Dewailly E, Benedetti JL, et al. Re-evaluation of blood mercury, lead and cadmium concentrations in the Inuit population of Nunavik (Québec): a cross-sectional study. Environmental Health. 2008, 7:25.
- 16- Moreira FR, Moreira JC. A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. Quim Nova. 2004; 27: 251-260.
- 17- Ide CN. Distribuição e transporte de agroquímicos e metais pesados na bacia do Alto Paraguai - Relatório final. Em: Projeto Implementação de práticas de

- gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e bacia do Alto Paraguai. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. ANA / GEF / PNUMA / OEA, Brasil, 2003. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/gefap/arquivos/Resumo%20Executivo%20Subprojeto%201.5.pdf>. [acesso em ago 2009]. 92p.
- 18- Silva EC. Distribuição e transporte de mercúrio na bacia do Alto Paraguai – Relatório final. Em: Projeto Implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e bacia do Alto Paraguai. Universidade Federal do Mato Grosso. ANA/GEF/PNUMA/OEA, Brasil, 2003. Disponível em <http://www.ana.gov.br/gefap/arquivos/Resumo%20Executivo%20Subprojeto%201.4.pdf> . [acesso em ago 2009]. 43p.
- 19- Larceda, LDr e Olaf M. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. Estudos Avançados. 2008; 22(63): 173-190.
- 20- Templeton DM. Quantifying Cadmium and Lead in Whole Blood. Clinical Chemistry. 1992; 38(10): 1927-1929.
- 21- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Draft toxicological profile for cadmium. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, U.S. Government Printing Office. USA, 2009. 512p. Acesso em nov 2010. Disponível em <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>.
- 22- McKelvey W, Gwynn RC, Jeffery N, et al. A biomonitoring study of lead, cadmium, and mercury in the blood of New York City adults. Environmental Health Perspectives. 2007; 115(10): 1435-1441.
- 23- Young-Son J, Lee J, Paek D, Lee JT. Blood levels of lead, cadmium, and mercury in the Korean population: results from the second Korean national human exposure and bio-monitoring examination. Environmental Research. 2009; 109; 738–744.

- 24- Câmara WM, Silva AP, Maciel MV, et al. Série Tecnologia Ambiental 19: Mercury Exposure and Health Effects among Urban Residents due to Gold Commercialization in Poconé, MT, Brazil. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1997. 20p.
- 25- Järup L, Åkesson A. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2009; 238: 201–208.
- 26- Messaoudi I, El Heni J, Hammouda F, et al. Protective effects of selenium, zinc, or their combination on cadmium-induced oxidative stress in rat kidney. *Biol Trace Elem Res*. 2009; 130: 152–161.
- 27- Moreira MFR. Determinação direta de cádmio em sangue total e urina por espectrometria de absorção atômica no forno de grafite [dissertação]. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Química, 1993.
- 28- Vega GS. Evaluacion epidemiologica de riesgos causados por agents quimicos ambientales. *Toxicologia III – Aspectos especificos de la toxicologia de algunos contaminantes*. Centro Panamericano de Ecologia Humana y Salud. Oeganizacion Panamericana de La Salud. Organizacion Mundial de La Salud. 1985. 250p.
- 29- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Interection profile for arsenic, cadmium, chromium and lead. Public Health Service. U.S. Government Printing Office, USA, 2004. 181p. Acesso em out 2010. Disponível em <http://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/IP-metals1/ip04.pdf>
- 30- Starug S, Kikuchio M, Wisedpanichkij, Li B, Takeda K, NA-Bangchang K et AL. Prevention of cadmium accumulation in retinal pigment epithelium with manganese and zinc. *Experimental Eye Research*. 2008; 87: 587–593.
- 31- Uraguchi S, Kiyono M, Sakamoto T, et al. Contributions of apoplasmic cadmium accumulation, antioxidative enzymes and induction of phytochelatins in cadmium

- tolerance of the cadmium-accumulating cultivar of black oat (*Avena strigosa* Schreb.) *Planta*. 2009; 230: 267–276.
- 32- Besson-Bard A, Wendehenne D. Contributes to cadmium toxicity in *Arabidopsis thaliana* by mediating an iron deprivation response. *Plant Signaling & Behavior*. Landes Bioscience. 2009; 4(3): 252-254.
- 33- Formicki, Grzegorz, Stawarz, et al. Cadmium availability to freshwater mussel (*Unio tumidus*) in the presence of organic matter and UV radiation. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 44(8): 808-819.
- 34- International Agency For Research On Cancer. World Health Organization. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 58 Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing Industry. Summary of Data Reported and Evaluation. 21p. Acesso em 30/07/2010. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol58/volume58.pdf>
- 35- Moraes MVG. Doenças ocupacionais – agentes: físico, químico, biológicos, ergonômicos. 1ed. São Paulo: Érica; 2010. 240p.
- 36- Zenz C. Em: Zenz OC, Dickerson B, Horvath EP. Occupational medicine. 3ª ed. St. Louis: Mosby-Year Book; 1994. p. 481-486.
- 37- Pinto FG et al. Determinação de cádmio em amostras de urina e soro humano por espectrometria de absorção atômica em forno de grafite usando irídio como modificador permanente. *Eclét. Quím.* 2005; 30(4): 59-65.
- 38- Koçak M, Akçıl E. The Effects of hronic Cadmium toxicity on the hemostatic system. *Pathophysiol Haemost Thromb.* 2006; 35: 411–416.
- 39- Philip GR, Rufus L. Chaney bioavailability as an issue in risk assessment and management of food cadmium: a review. *Science of the Total Environment*. 2008; 398: 13-19.

- 40- Kippler M, Goessler W, Nermell B, et al. Factors influencing intestinal cadmium uptake in pregnant Bangladeshi women: a prospective cohort study. *Environmental Research*. 2009; 109: 914–921.
- 41- Tsalev DL, Zaprianov ZK. Atomic absorption spectrometry in occupational and environmental health practice. 2ed. USA: CRC Press, vol.1; 1985. p. 105-112.
- 42-OIT La seguridad y la salud en las industrias de los metales no ferrosos. Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, 2003. 196p.
- 43- Gunnar F, Nordberg. Historical perspectives on cadmium toxicology. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2009; 238: 192–200.
- 44-Santana EQ. Determinação de macroelementos, oligoelementos e contaminantes metálicos em própolis por espectrofotometria de absorção atômica em chama e em forno de grafite [tese]. Araraquara, SP, Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP, 2003. 183p.
- 45- Nordberg GF, Nogawa K, Nordberg M, Friberg LT. Cadmium. Em: Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, Friberg LT, eds. *Handbook on the Toxicology of Metals*. 3ª ed. San Diego, Cal., USA: Academic Press; 2007. p. 446-486.
- 46- Rigotto RM. Saúde Ambiental & Saúde dos Trabalhadores: uma aproximação promissora entre o verde e o vermelho. *Rev. bras. epidemiol.* 2003; 6(4): 388-404.
- 47- Everett CJ, Frithsen IL. Association of urinary cadmium and myocardial infarction. *Environ. Res.* 2008; 106: 284–286.
- 48- Beyersmann D, Hartwig A. Carcinogenic metal compounds: recent insight into molecular and cellular mechanisms. *Arch Toxicol.* 2008; 82: 493–512.

- 49-Terra-Filho M, Kitamura S. Câncer pleuropulmonar ocupacional. *J bras pneumol*. 2006; 32: 60-68.
- 50- Rousselet E, Richaud PD, Thierry, Chantegrel JG, Favier A, Bouron A, Moulis JM. A zinc-resistant human epithelial cell line is impaired in cadmium and manganese import. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2008; 230: 312–319.
- 51- Starug S, Baker J., Urbenjapol S, et al. A global perspective on cadmium pollution and toxicity in nonoccupationally exposed population. *Toxicol. Lett*. 2003; 137: 65–83.
- 52- Amzal B, Julin B, Vahter M, et al. Population toxicokinetic modeling of cadmium for health risk assessment. *Environ Health Perspect*. 2009; 117(8): 1293–1301.
- 53- Sirivarasai J, et al. Non-occupational determinantes of cadmium and lead in blood and urine among a general population in Thailand. *Southeast Asian. J Trop Med Public Health*. 2002; 33(1): 180-187.
- 54- Zhang ZW, Moon CS, Watanabe T. Background exposure of urban populations to lead and cadmium; comparison between China and Japan. *Int Arch Occup Environ Health*. 1997; 69: 273-81.
- 55- WHO International Programme on Chemical Safety. *Environmental Health Criteria 134. Cadmium*. Geneve: World Health Organization, 1992. 280p.
- 56- Wilhelm M, Ewers U, Schulz C. Revised and new reference values for some trace elements in blood and urine for human biomonitoring in environmental medicine. *Int J Hyg Environ Health*. 2007; 207: 69-74.
- 57- Prista J; Uva AS. A utilização de indicadores biológicos em Saúde Ocupacional. *Indicadores biológicos. Revista Portuguesa de Saúde Pública. Volume temático: 2006; 6: 45-54.*

- 58- Amorim LCA. Biomarkers for evaluating exposure to chemical agents present in the environment. *Rev Bras Epidemiol.* 2003; 6(2): 158-170.
- 59- Järup L. Hazards of heavy metal contamination *British Medical Bulletin.* 2003; 68: 167–182.
- 60- Salgado PET. Valores de referência para metais. *Rev Bras Toxicol.* 1990; 3: 35.
- 61-Paoliello MMB, Valores de referência para plumbemia em população urbana. *Rev Saúde Pública.* 1997; 31(2): 144-148.
- 62-Pivetta F, Machado JMHuet, Araújo UC, Moreira MFR, Apostoli P. Monitoramento biológico: conceitos e aplicações em saúde pública. *Cad Saúde Pública.* 2001; 17(3): 545-554.
- 63- Apostoli P. Application of reference values in occupational health. *International Archives of Occupational and Environmental Health.* 1999; 72: 195-204.
- 64-Ewers UC, Krause C, Schulz MW. Reference values and human biological monitoring values for environmental toxins. Report on the work and recommendations of the Commission on Human Biological Monitoring of the German Federal Environmental Agency. *Int Arch Occup Environ Health.* 1999; 72: 255-260.
- 65- Herber RFM, Christensen JM. Sabbioni E. Critical evaluation and review of cadmium concentrations in blood for use in occupational health according to the TRACY protocol. *Int Arch Occup Environ Health.* 1997; 69: 372-378.
- 66- Rey M, Turcotte F, Lapoinate C, Dewailly E. High blood cadmium levels are not associated with consumption of traditional food among the Inuit of Nunavik. *J Toxicol Environ Health.* 1997; 51: 5-14.
- 67- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras de Saúde e Segurança do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 7 – NR7: Programa de

Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO. Disponível em:
http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_07_at.pdf.
Acesso em 07-02-2011.

- 68- White MA, Sabbioni E. Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Union. X: a study of 13 elements in blood and urine of a United Kingdom population. *The Science of the Total Environment*. 1998; 216: 253-270.
- 69- Kuno R. Valores de referência para chumbo, cádmio e mercúrio em população adulta da Região Metropolitana de São Paulo [tese]. Faculdade de Medicina de Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. São Paulo, 2009. 166p.
- 70- Minoia C, Sabbioni E, Apostoli P et al. Trace element reference values in tissue from inhabitants of the Europe community I: a study of 46 elements in urine, blood and serum of Italian subjects. *Sci Total Environ* 1990; 95: 80-105.
- 71- Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Primeiros resultados Censo 2010. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> [acesso em jan 2011].
- 72- Estância Ecológica SESC Pantanal. Hotel SESC Porto Cercado. Disponível em <http://www.sescpantanal.com.br/view.php?l=br&idc=10>. [acesso em nov 2010].
- 73- Brasil. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis- IBAMA. Disponível em www.ibama.gov.br. [acesso em set 2010].
- 74- Medronho, Roberto A. et al.: *Epidemiologia*. São Paulo: Editora Atheneu: 2003. 493p.
- 75- Fletcher, Robert H. *Epidemiologia clínica: elementos essenciais*. 3ªed. Porto Alegre: Artmed; 1996. 288p.

- 76- Víctora CG. Pesquisa qualitativa em saúde: uma introdução ao tema. Porto Alegre: Tomo Editorial; 2000. 136p.
- 77- Oliveira FEM. SPSS Básico para análise de dados. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda; 2007. 334p.
- 78- Motta TV, Petrônio FOF. SPSS – Análise de dados biomédicos. Rio de Janeiro: Medbook – Editora Científica Ltda; 2009. 334p.
- 79-Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios. Síntese de Indicadores 2009. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2009/pnad_sintese_2009.pdf
- 80- Higashikawa K, Zhang ZW, Shimbo S, et al. Correlation between concentration in urine and in blood of cadmium and lead among women in Asia. *The Science of the Total Environment*. 2000; 246 (1-2): 97-107.
- 81- Olsson IM, Bensryd I, Lundh T, Ottosson H, Skerfving S, Oskarsson A. cadmium in blood and urine – impact of sex, age, dietary intake, iron status, and former smoking – association of renal effects. *Environmental Health Perspectives*. 2002; 110 (12): 1185-1190.
- 82- Dell’Omo M, Muzi G, Piccinini R, et al. Blood cadmium concentrations in general population of Umbra, central Italy. *The Science of the Total Environment*. 1999; 226: 57-64.
- 83- Watanabe T, Abe H, Kido K, Ikeda M. Relationships of cadmium levels among blood, urine and diet in a general population. *Bull Environ Contam Toxicol*. 1987; 38: 196-202.

- 84- Staessen J, Bulpitt CJ, Roles H *et al.* Urinary cadmium and lead concentrations and their relation to blood pressure in a population with low exposure. *Br J Ind Med.* 1984; 41: 241-248.
- 85- El-Agua O, Gokmen JG. Smoking habits and cadmium intake in Turkey. *Biological Trace Element Research.* 2002; 88; 31-43.
- 86- Batariova A, Spevackova V, Benes B, Cejchanova M, Smid J, Cerna M. Blood and urine levels of Pb, Cd and Hg in the general population of the Czech Republic and proposed reference values. *Int J Hyg Environ Health.* 2006; 209: 359–366.
- 87- Roggi C, Sabbioni E, Minoia C, *et al.* Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Union. IX. Harmonization of statistical treatment: blood cadmium in Italian subjects. *The Science of the Total Environment.* 1995; 166: 235-243.
- 88- Ikeda M, Moriguchi J, Ezaki T, *et al.* Smoking-induced increase in urinary cadmium levels among Japanese women. *Int Arch Occup Environ Health,* 2005; 78: 533-540.
- 89- Wibowo AAE, Herber RFM, Deyck W van, Zielhuis RL. Biological assessment of exposure in factories with second degree usage of cadmium compounds. *Int Arch Occup Environ Health.* 1982; 49: 265-273.
- 90- Suzy L, Wong JD, Ellen JD. Lead, mercury and cadmium levels in Canadians: Health Matters Statistics Canada, Catalogue no. 82-003-XPE. *Health Reports.* 2008; 19(4): 31-36.
- 91- Kim NS, Lee BK. National estimates of blood lead, cadmium, and mercury levels in the Korean general adult population. *Int Arch Occup Environ Health.* 2011; 84: 53–63.
- 92- Menditto A, Chiodo F, Patriarca M, Morisi G, Menotti A, Spagnolo A, NRF Project Research Group. Blood cadmium kevels in non-exposed male subjects living in

the Rome Area: relationship to selected cardiovascular risk factors. *Microchemical Journal*. 1998; 59: 173–179.

93- Cikrt M, Tichy M, Blaha K, et al. The study of exposure to cadmium in the general population. II. Morbidity studies. *Pol J Occupa Environ Health*. 1992; 5: 345-356.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL - Tipo Adulto

Número controle: |__| |__| |__| |__|
Ano Mês Controle Visita

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE

Município: _____ Unidade da Federação: _____

Número de ordem do indivíduo selecionado: _____

Nome do entrevistado: _____

Endereço: _____

Telefone 01: _____ Telefone 02: _____

DADOS GERAIS

1 - Sexo: 1. Masculino

2. Feminino

2- 1. Data de nascimento |__| |__| |__|

2. Idade: _____ anos

3 - Estado civil 1. Solteiro

2. Noivo

3. Casado / Mora junto

4. Divorciado / Separado

5. Viúvo

4 - Número de filhos

1. Filhos

2. () Não possui

5 - Escolaridade:

1. Ensino fundamental - (1º. grau) incompleto

2. Ensino fundamental - (1º. grau) completo

3. Ensino médio - (2º. grau) incompleto

4. Ensino médio - (2º. grau) completo

5. Ensino superior incompleto

6. Ensino superior completo

7. Pós-graduação

6 - Altura |__|,|__| m NS/NR

7 - Peso |__|,|__|,|__| Kg NS/NR

Se mulher até 48 anos, siga 8; caso contrário, passe 9

8 Está amamentando ou grávida?

1 Sim, estou grávida

3 Sim, estou amamentando

2 Não, não estou grávida nem amamentando

9 NS/NR

9 O encanamento da sua casa é de:

1 PVC (plástico)

3 Outros: _____

2 Metal (chumbo, cobre)

9 NS/NR

HÁBITOS DE VIDA

10 Come peixe oriundo das redondezas?

1 Sim 2 Não (**passa 12**)

11 Com que frequência come peixe?

1 Vezes por dia

2 Vezes por semana

3 Vezes por mês

4 Menos que uma vez por mês/raramente

5 NS/NR

12 Come arroz que sabidamente tem origem nas redondezas?1 Sim 2 Não (*passse 14*)**13 Com que freqüência come arroz?**1 Vezes por dia2 Vezes por semana3 Vezes por mês4 Menos que uma vez por mês/raramente5 NS/NR**14 Come derivados de trigo que sabidamente tem origem nas redondezas?**1 Sim 2 Não (*passse 16*)**15 Com que freqüência come derivados de trigo?**1 Vezes por dia2 Vezes por semana3 Vezes por mês4 Menos que uma vez por mês/raramente5 NS/NR**16 Já fumou alguma vez na vida (independente da quantidade)?**1 Sim 2 Não (*passse 24*)**17 Fuma atualmente?**1 Sim (*passse para 18*) 2 Não (*passse para 21*)**18 Fuma diariamente?**1 Sim 2 Não (*passse 21*)**19 Quantos cigarros por dia?**1 Cigarros por dia2 Maços por dia3 NS/NR/Variável**20 Qual o tipo de cigarro que mais fuma?**1 Cigarro industrializado com filtro2 Cigarro industrializado sem filtro3 Cigarro de palha4 Outros _____ (especifique)**21 Há quanto tempo parou de fumar?** Anos Meses NS/NR**22 Fumou durante quanto tempo?** Anos Meses NS/NR**23 Quando fumava, quantos cigarros fumava em média por dia?**1 Cigarros por dia2 Maços por dia3 NS/NR/Variável**24 Entra em contato com fumaça de cigarro de outras pessoas em casa, trabalho ou escola?**1 Sim 2 Não**25 Consumiu alguma bebida alcoólica nos últimos 30 dias?**1 Sim2 Não (*passse para 27*)9 NS/NR (*passse para 27*)**26 Nos últimos 30 dias, quantos dias na semana ou mês realizou ingestão de bebida alcóolica?**1 Dias por semana2 Dias por mês3 NS/NR

DADOS LABORAIS

27 Trabalha ou tem alguma atividade remunerada?1 Sim 2 Não**28 Considerando salário, pensão, aluguel, bico e outros, qual sua faixa de renda?**

- 1 Não tenho renda
 2 Menos de 1 salário mínimo
 2 De 1 a menos de 2 salários
 3 De 2 a menos de 3 salários
 4 De 3 a menos de 5 salários
 5 De 5 a menos de 10 salários
 6 De 10 a menos de 20 salários
 7 De 20 a menos de 30 salários
 8 De 30 a menos de 40 salários
 9 De 40 a menos de 50 salários
 10 50 salários ou mais
 11 NS/Recusa

29 Por que não trabalha?

- 1 Desempregado
 2 Aposentado
 3 Estudante (*passse 35*)
 4 Do lar (*passse 35*)
 5 Não pode trabalhar por problemas de saúde
 6 Outros _____

30 Qual sua principal ocupação? _____**31 Por quanto tempo?** |__ __| anos |__ __| meses**32 Já trabalhou com outra ocupação?** 1 Sim 2 Não**33 Qual outra ocupação?** _____**34 Por quanto tempo?** |__ __| anos |__ __| meses**Próximo a sua residência existe:**

- | | | | |
|--|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 35- fábrica de tintas | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 36- fundição / metalúrgica | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 37 - fábrica de munição | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 38- fábrica/recuperadora de baterias | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 39- polimento e refinamento de metais | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 40- fabricação/utilização de esmaltes para cerâmicas | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 41- oficina de reparo para automóveis | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 42- fábrica de cabos elétricos | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 43- fabricação/decoração de vidros e cristais | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 44- gráficas | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 45 - bombeiros hidráulicos/soldadores | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 46 - fábrica de agrotóxico | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 47 - fabricação de fumo | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 48 - fábrica de pigmentos e plásticos | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 49- fábrica/descarte de baterias de celular | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 50 - gerador de energia a carvão | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 51 - estação de tratamento de águas residuais | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 52 - fábrica de lâmpadas (vapor de mercúrio) | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 53 - fábrica de lâmpadas (vapor de cádmio) | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 54- fábrica de pilhas | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| 55 - extração de ouro | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |

56 - casas de queima do amálgama 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 57 - lixão 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 58 - outros: _____

Já trabalhou em?

59 - fábrica de tintas 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 60- fundição de metais 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 61- fábrica de munição 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 62- fábrica/recuperadora de baterias 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 63- polimento e refinamento de metais 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 64 fabricação/utilização de esmaltes para cerâmicas 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 65- fabricação/reparo de radiadores para automóveis 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 66- fábrica de cabos telefônicos 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 67- fabricação/decoração de vidros e cristais 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 68 - fabricação de armas e munições 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 69 - impressores, tipógrafos 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 70 - bombeiro hidráulicos/soldadores 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 71- fábrica de fertilizantes (agrotóxico) 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 72- fabricação de fumo 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 73- fábrica de pigmentos e plásticos 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 74 - fábrica/descarte de baterias de celular 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 75 - gerador de energia a carvão 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 76 - estação de tratamento de águas residuais 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 77 - fábrica de lâmpadas de vapor de mercúrio 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 78- fábrica de pilhas 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 79 - extração de ouro 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 80 - casas de queima de ouro 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 81 - outros: _____

82 Já teve contato com metais como cádmio, chumbo e/ou mercúrio?

1 Sim 2 Não (*passa 84*) 9 NS/NR (*passa 84*)

83 Quais?

1 Cádmio 2 Chumbo 3 Mercúrio 4 Outro: _____

84 Sua casa já funcionou com casa de queima do amálgama?

1 Sim 2 Não 9 NS/NR

85 A casa de algum vizinho funciona ou já funcionou como casa de queima do amálgama?

1 Sim 2 Não 9 NS/NR

SINAIS E SINTOMAS**Você já apresentou algum dos itens abaixo relacionados?**

(Cd: 1-8; Pb: 9-23; Hg: 24-45)

86 - distúrbios gastrointestinais 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 87 - traqueobronquite 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 88 - pneumonia 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 89 - edema pulmonar 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 90 - anemia 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 91 - descoloração dos dentes 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 92 - enfisema pulmonar 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 93 - doença renal 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 94 - cefaléia freqüente 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 95- cansaço 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 96- alterações de comportamento 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 1 irritabilidade 2 hostilidade 3 agressividade 4 falta de controle 5 - apatia
 97- redução da memória 1 Sim 2 Não 9 NS/NR
 98- redução da força muscular 1 Sim 2 Não 9 NS/NR

99- dor e/ou parestesia em membros	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
100- redução de libido	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
101- cólicas abdominais intensas	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
102- queimação retro-esternal	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
103- orla gengival de Burton	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
104- hipertensão arterial	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
105- alteração da frequência urinária	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
106- gosto metálico	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
107- vômitos de aspecto leitoso	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
108- fezes escuras	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
109- neurastenia	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
109- hipertrofia de tireóide	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
110- taquicardia	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
111- gengivite	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
112- alterações sanguíneas	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
113- tremores	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
114- melancolia	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
115- depressão	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
116- timidez	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
117- ansiedade	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
118- dificuldade de concentração	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
119- insônia	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
120- afrouxamento dos dentes	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
121- mau hálito	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
122- salivação	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
123- embotamento intelectual	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
124- delírios	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
125- alucinações	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
126- tendência suicida	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
127- perda visual	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
128- reflexos lentos	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR
129- perda de sensibilidade	1	<input type="checkbox"/>	Sim	2	<input type="checkbox"/>	Não	9	<input type="checkbox"/>	NS/NR

APÊNDICE B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “**Avaliação da exposição ao Mercúrio, Cádmiio e Chumbo da população que vive e/ou trabalha em uma reserva ecológica no município de Poconé-MT**”. Você foi selecionado porque trabalha e/ou mora na Reserva SESC Pantanal, e pode estar ambientalmente exposto a contaminação pelos metais mercúrio, cádmio e chumbo. **Sua participação não é obrigatória**. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou com a instituição.

O objetivo deste estudo é avaliar a exposição ao mercúrio, cádmio e chumbo da população que trabalha e/ou reside na reserva SESC Pantanal através da realização de entrevistas com aplicação de questionário padronizado, com objetivo de obter informações sócio-demográficas, possíveis fontes de contaminação e prováveis efeitos à saúde e, também coletar sangue e urina para determinar a concentração dos metais acima referidos. Este estudo não oferece nenhum risco para você, porque a coleta de sangue e urina não faz mal, no máximo, você vai sentir um desconforto. Os benefícios relacionados com a sua participação são saber se está contaminado, como pode ter se contaminado e aprender a diminuir essa contaminação e também os efeitos que, por acaso, já existam. No caso dos resultados mostrarem alguma contaminação, você será encaminhado ao posto de saúde existente na reserva. Os profissionais que ali trabalham terão orientação do CESTEH/ENSP/FIOCRUZ como proceder em caso de indivíduos expostos a metais.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão **confidenciais** e asseguramos o **sigilo** sobre sua participação. Ninguém, além de você, vai ficar sabendo dos resultados dos seus exames. Seu nome não vai aparecer em nenhum lugar, porque será transformado em código. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, pois vamos juntar os resultados em grupos. Depois da análise do sangue e da urina, todo material será jogado fora e os resultados serão usados em relatórios e artigos científicos. Esses dados ficarão sob a guarda da coordenadora do projeto por cinco anos, e depois serão destruídos.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional da pesquisadora principal e do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Marden Samir Santa Marinha
Pesquisador principal

**Comitê de Ética em Pesquisa -
CEP/ENSP**

Rua Leopoldo Bulhões, nº 1480, Térreo
Manguinhos – Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21041-210 / Tel: (21) 2598-2863

Nome: Marden Samir Santa
Marinha

Rua Leopoldo Bulhões, nº 1480
Manguinhos – Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21041-210 / Tel: (21) 2598-
2821

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria de Fátima Ramos Moreira

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Sujeito da pesquisa