

## **BIOMONITORAMENTO DE ELEMENTOS-TRAÇO EM AMOSTRAS DE SANGUE DE MORADORES DE ÁREA INDUSTRIAL**

Aldo Pacheco Ferreira<sup>1</sup>, Christiane Patrícia de Oliveira Aguiar<sup>2</sup>, Leonardo da Silva Sant'Anna<sup>3</sup>

### **RESUMO**

Os metais existem no ambiente em consequência de fontes naturais e antropogênicas, segundo um ciclo biogeoquímico sob diversas formas físico-químicas. Diferem de outras substâncias tóxicas por não serem criados e nem destruídos pelo homem que, no entanto, pode influenciar o seu potencial tóxico por meio de emissões para o ambiente e de alteração da especiação ou forma bioquímica do elemento. Foi realizado um estudo de corte transversal (seccional) para determinação de Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Al e As em amostras de sangue humano. Foram analisadas 164 amostras de sangue de voluntários ocupacionalmente não expostos, moradores dos 12 municípios que compõem o polo industrial da mesorregião fluminense, RJ, Brasil, entre fevereiro e outubro de 2013. Todos os indivíduos tinham idade entre 18-65 anos. Hg e Cd apresentaram níveis elevados, o que pode repercutir em problemas teratogênicos, cancerígenos e mutagênicos; e, em alguns casos, levar diretamente à morte. As concentrações de Pb, Cu, Al, Zn e As, apresentaram-se de acordo com a necessidade humana. Organismos vivos necessitam de pequenas quantidades de alguns desses metais, a exceção para o Pb e Al. Devido aos potenciais efeitos adversos causados pela exposição a metais e somente da existência de legislação para monitoramento ocupacional, frente aos dados encontrados, fica evidente a necessidade de programas de acompanhamento da população circunvizinhas a regiões industriais.

**Palavras-chave:** metais, sangue, saúde pública, exposição ambiental.

### **ABSTRACT**

Metals exist in the environment resulting from natural and anthropogenic sources, according to a biogeochemical cycle under different physico-chemical forms. Differ from other toxic substances because they are not created nor destroyed by man, however, can influence its toxic potential through emissions to the environment and change in speciation or biochemical form of the element. It was conducted a cross-sectional study for determination of Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Al and As in samples of blood. It were analyzed 164 samples from occupationally non-exposed volunteers living in twelve locations at mesoregion industrial area, southern of Rio de Janeiro, Brazil, between February and October 2013. All people's subjects aged 18-65 years. Hg and Cd showed elevated levels, which could lead to teratogenic, carcinogenic and mutagenic problems; and, in some cases, lead directly to the death. For Pb, Cu, Al, Zn and As concentrations, these were at levels consistent with human need. Living organisms require small amounts of some of these metals, the exception for Pb and Al. Due to the potential adverse effects caused by exposure to metals and only the existence of legislation for occupational monitoring, compared to data found, it is evident the need for monitoring programs surrounding the industrial regions population.

**Keywords:** adolescence, health, preventive behav metals, blood, public health, environmental exposure.

1. Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: [aldopachecoferreira@gmail.com](mailto:aldopachecoferreira@gmail.com)

2. Universidade Federal do Oeste do Pará, Pará, Brasil.

3. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Faculdade de Direito, Rio de Janeiro, Brasil.

## INTRODUÇÃO

O principal objetivo dos estudos de biomonitoramento é aferir a exposição humana ao comparar as concentrações medidas de elementos tóxicos com as dos grupos de controle ou com a literatura baseada em valores de referência (VR).<sup>1-3</sup> Assim, o conhecimento de VR em sangue humano fornece uma visão significativa para o grau de exposição e é de fundamental importância no controle da poluição ambiental.<sup>4,5</sup>

A saúde e a doença não são fenômenos isolados nem opostos, sendo tão somente o resultado da interação entre o homem e o meio que o rodeia. O ser humano está assim exposto a agentes químicos, físicos e biológicos potencialmente perigosos presentes no ar, solo, água e alimentos.<sup>6</sup> Contudo, a exposição não resulta apenas da presença do agente no ambiente sendo que a palavra-chave na definição da exposição é o contato. Este deverá ocorrer entre o agente e a barreira exterior do corpo humano como as vias respiratórias, contato dérmico e ingestão.<sup>3</sup>

A industrialização concentra nas regiões onde se instala problemas decorrentes da poluição atmosférica, aquática e dos solos, que podem provocar alterações fisiológicas e morfológicas nas populações, a eles exposta.<sup>4</sup> Esta vertente do desenvolvimento não tem sido objeto de investigação sistemática por parte da comunidade científica. Escassos têm sido os estudos, relacionando a ação de agentes químicos utilizados em diversas formas de produção industrial e o seu impacto na saúde das populações.<sup>1,7</sup>

Os metais são, entre os poluentes tóxicos, caso único em que todos os elementos acontecem naturalmente na biosfera. São contaminantes ambientais ubíquos, podendo ser localizados no solo, água e alimentos. Alguns metais são essenciais ao organismo humano, e são conhecidos como micronutrientes, pois estão presentes no organismo em doses pequenas, como é o caso do cobre (Cu) e zinco (Zn) que podem se tornar tóxicos, se excederem determinadas concentrações limites.<sup>3,8</sup> Outros metais não existem naturalmente em nenhum organismo vivo, nem tampouco cumprem funções nutricionais ou bioquímicas, ou seja, a presença destes metais no organismo pode ser danosa em qualquer concentração, como é o caso do alumínio (Al), arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg).<sup>2</sup>

Esta relação entre a essencialidade e a toxicidade muda em função da natureza do metal e da espécie envolvida.<sup>9</sup> Muitos metais quer sejam não essenciais

como o antimônio (Sb), cromo (Cr), As, Cd e Pb, ou essenciais à manutenção dos processos fisiológicos das células e tecidos, como o manganês (Mn), selênio (Se), Cu e Zn são poluentes ambientais que podem por vezes influenciar de forma irreversível os processos fisiológicos e bioquímicos. Podem alterar o balanço redox, interagir com proteínas tornando-as disfuncionais ou inativando-as.<sup>9-11</sup>

### **Exposição ambiental a metais**

A exposição ambiental a metais e sua entrada nos organismos vivos, ainda que em baixos níveis, constitui um problema gradativamente preocupante, principalmente pela ausência de dados sobre que concentração destes tem caráter inofensivo, o que se agrava por sua habilidade em se acumular no corpo humano.<sup>9,12</sup>

Os metais são, por definição, elementos químicos com uma massa atômica elevada e uma massa específica superior a 5 g.cm<sup>-3</sup>.<sup>13</sup> Ao longo de vários séculos, os metais pesados foram utilizados em diversas atividades do dia-a-dia. Por conseguinte, independentemente do seu uso seguro em processos industriais e em produtos de consumo, alguma exposição humana aos metais é inevitável.<sup>14</sup>

As análises toxicológicas envolvendo metais sempre estiveram associadas a eventos de curto prazo, quando os efeitos são agudos, bem evidentes; e com desenvolvimento de novas metodologias estabeleceu correlações dos efeitos na saúde.<sup>15</sup> A crescente consciência de que o modo como ocorre a degradação do meio ambiente pode influenciar a saúde, reflete-se no aumento de estudos epidemiológicos e toxicológicos que permitem estimar a carga da doença (morbidade e mortalidade) atribuíveis a fontes antropogênicas.<sup>16</sup>

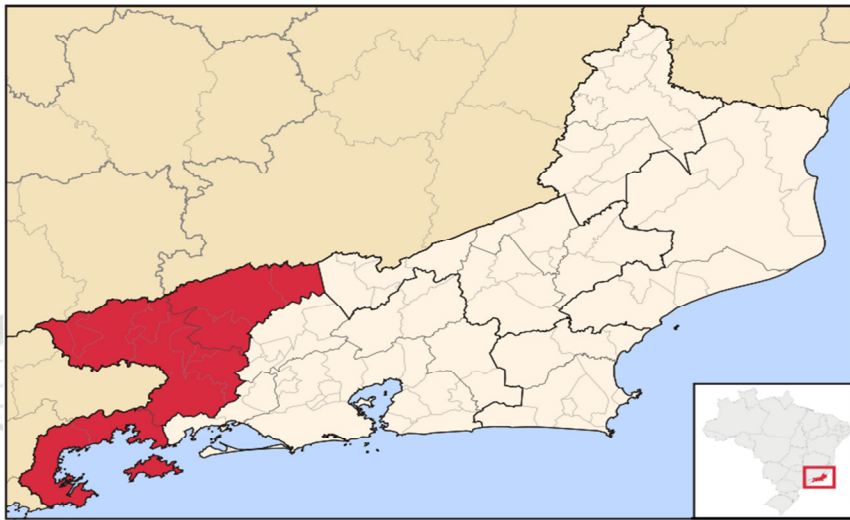
Com base nisso, a proposta do presente estudo foi de detectar níveis de metais-traço, discutir sua presença ambiental e problemas na saúde pública pela exposição ambiental, bem como sinalizar potenciais alterações na saúde da população do sítio de estudo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização do sítio de estudo – municípios da mesorregião do sul fluminense**

A mesorregião do Sul Fluminense é uma das seis mesorregiões do Estado

brasileiro do Rio de Janeiro e corresponde àquela área fronteiriça aos estados de São Paulo e Minas Gerais, subdividida nas microrregiões da Baía da Ilha Grande, de Barra do Piraí e do Vale do Paraíba Fluminense sendo que as duas últimas são cortadas de Oeste para Leste pelo rio Paraíba do Sul. Dentro do estado, faz divisa com o Centro Fluminense e a Mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo banhada pelo oceano Atlântico nas cidades de Angra dos Reis e Parati. É uma região de razoável densidade populacional, com cerca de 1 000 000 de habitantes<sup>17</sup> (Figura 1).



**Figura 1.** Sítio de estudo: Mesorregião do Sul Fluminense (IBGE)<sup>17</sup>

São componentes dessa região os seguintes municípios: Angra dos Reis, Barra do Piraí, Barra Mansa, Itatiaia, Parati, Pinheiral, Piraí, Porto Real, Quatis, Resende, Rio Claro, Rio das Flores, Valença e Volta Redonda.

### **Delineamento do estudo**

Foi realizado um estudo de corte transversal (seccional),<sup>18</sup> com o qual buscou determinar os níveis séricos de metais (Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Al e As) em uma população adulta; através do qual foram obtidas as prevalências de exposição aos metais, com os respectivos intervalos de confiança, no universo amostral, segundo sexo e grupo etário.

Os elementos-traço foram determinados em 164 amostras de sangue humano de voluntários ocupacionalmente não expostos moradores dos 12 municípios que compõem o polo industrial na mesorregião área industrial (Angra dos Reis, Barra do Piraí, Barra Mansa, Itatiaia, Parati, Pinheiral, Piraí, Porto Real, Quatis, Resende, Rio

Claro, Rio das Flores, Valença e Volta Redonda), no sul do Rio de Janeiro, entre agosto de 2012 e setembro de 2013.

Para o presente estudo foi identificado com base nos dados da Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN), empresas potencialmente poluidoras ocupantes de toda área num total de 261. Sendo assim, selecionaram-se somente aquelas representativas do setor metalúrgico (16) e químico (40), totalizando 56 indústrias.

### **Amostra**

A amostragem de conveniência foi utilizada no estudo.<sup>19,20</sup> A amostra total foi composta de 378 potenciais doadores de sangue registrados nos serviços de banco de sangue dos municípios participantes da pesquisa; destes 164 doadores consentiram em participar do estudo. Assim, os setores de coleta de sangue e doadores foram: Nova Iguaçu – banco de sangue A (65 participantes), Queimados - Banco de sangue B (35 participantes), Itaguaí - Banco de sangue C (33 participantes) e Santa Cruz - Banco de sangue D (31 participantes).

### **Coleta de sangue**

As coletas de sangue foram feitas nos serviços ambulatoriais dos laboratórios participantes da investigação, com os pacientes apresentando pelo menos 12 horas de jejum.

A coleta foi feita em tubos de vidro da BD Vacuntainer com heparina (6 ml). O soro foi obtido pela centrifugação do sangue coagulado a 3000 rpm durante 20 minutos. As amostras de soro foram separadas em alíquotas de 1 ml e mantidas a -20°C até a análise.

### **Análises laboratoriais de espectrometria ICP-MS**

A técnica de espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplada (ICP MS) foi utilizada na quantificação dos metais.<sup>21,22</sup> Foi utilizado o espectrômetro de massas ELAN 6100 (Perkin-Elmer/Sciex), quadrupolo, com resolução de massa de 0,6 a 0,8 unidades de massa atômica, com alinhamento / distância tocha-amostrador e vazão do gás nebulizador, aspirando-se uma com solução analítica com os elementos Mg, Rh, Ba e Pb ( $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ ), a qual foi utilizada também para verificar a sensibilidade do equipamento.

Para análise espectrométrica, as amostras foram analisadas pelo ICP-MS após simples diluição do soro de 1:10. O diluente utilizado continha 0,05% de triton-X, 1g/l de EDTA e 1mg/l dos elementos  $^{121}\text{Sb}$ ,  $^{123}\text{Sb}$ ,  $^{115}\text{In}$ , usados como padrão interno. A solução final ficou com aproximadamente 0,2% de  $\text{HNO}_3$ , o ideal para evitar a precipitação do soro, que ocorre em meio ácido. A pequena acidez resultante nas amostras é proveniente dos padrões utilizados na preparação das amostras, os quais possuem em torno de 5% do ácido.

### **Aplicação de Questionário**

As equipes de entrevistadores foram compostas por técnicos e formadas por pelo menos 4 indivíduos, sendo um coordenador por equipe. O treinamento dos entrevistadores foi realizado por meio de reuniões, onde os pesquisadores faziam a apresentação do projeto de pesquisa, com enfoque principal nos objetivos e justificativa. Além do questionário, os entrevistadores recebiam uma folha contendo os critérios de exclusão e para facilitar a aplicação desses critérios, uma listagem com os tipos de ocupação que poderiam levar a exposição aos metais em estudo, além da relação de municípios integrantes do sítio de estudo.

Foram utilizados como instrumentos: entrevistas semiestruturadas, questionários estruturados e observação participante (triangulação de métodos). Esta abordagem consistiu num processo sistemático de obtenção de dados observáveis e quantificáveis, de tal forma que ficassem denotados um perfil geral das análises.<sup>19</sup>

Os sujeitos da pesquisa responderam ao questionário contendo informações, tais como: escolaridade, renda, possíveis exposições ambientais, hábitos pessoais: (alimentação, origem da água de beber, entre outras), para identificar fatores suspeitos de ter relação com os níveis séricos de metais, e que auxiliariam na interpretação dos resultados.

### **Critérios de inclusão**

Foi considerado caso, todo adulto que obedecia aos seguintes critérios de inclusão: (a) idade superior a 18 anos, (b) morador nas áreas de pesquisadas há mais de 5 anos e (c) estar em boa condição de saúde.

## **Tratamento e análise dos dados**

A validação do instrumento,<sup>23</sup> se deu nas seguintes etapas: (i) validade de face: em que se verificou se as questões do instrumento apresentavam forma e vocabulário adequados ao propósito da mensuração; (ii) validade de conteúdo: em que se verificou se os itens do questionário representavam o conteúdo que se desejava avaliar; e (iii) validade de traço ou construto, que verifica a ligação entre a teoria e as medidas utilizadas no instrumento.

A análise estatística consistiu inicialmente em uma exploração univariada, com o propósito de se verificar as distribuições de cada uma das variáveis mensuradas seguindo-se pela análise descritiva. Foi realizada com o software Origin 7.5 (OriginLab Corporation). Para caracterizar a os níveis séricos dos metais na população estudada foram realizadas as frequências absoluta (n) e relativa (%), com os respectivos intervalos de confiança, nos diferentes estratos da amostra. Os resultados serão apresentados sob a forma de tabelas.

## **Aspectos Éticos**

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, sob o no CAAE: 0155.0.031.000-10. Todos os sujeitos receberam informações sobre a pesquisa, tendo assinado o formulário do consentimento informado antes de participar e assegurados o anonimato e a confidencialidade.

## **RESULTADOS**

Na **Tabela 1** são apresentados dados referentes a características sociodemográficas da população participante da pesquisa setorizados e agrupados nos locais de coleta de amostras, totalizando 164 participantes, dentre os quais 68 do sexo masculino e 40 do sexo feminino, da faixa etária 18 – 39 anos; e 22 do sexo masculino e 34 do sexo feminino, da faixa etária 40 – 65 anos.

Na **Tabela 2** está representada a concentração dos elementos analisados ( $\mu\text{g/l}$ ) encontradas no sangue, por sexo e faixa etária.

Na **Tabela 3** são apresentados dados de saúde/doença advindos dos questionários aplicados, por sexo e faixa etária.

**Tabela 1.** Dados sociodemográficos dos sujeitos participantes da pesquisa, mesorregião do sul fluminense, 2013

Dados da população			Município				Total
			Nova Iguaçu	Queimados	Itaguaí	Santa Cruz	
Faixa etária	18-39	masculino	25	15	16	12	68
		feminino	17	7	8	8	40
	40-65	masculino	10	4	3	5	22
		feminino	13	9	6	6	34
Escolaridade	sem instrução		3	5	1	1	10
	fundamental incompleto		20	16	19	14	69
	fundamental completo		16	4	7	7	34
	médio incompleto		9	5	3	4	21
	médio completo		8	4	1	3	16
	superior incompleto		4	1	2	1	8
	superior completo		5	-	-	1	6
Renda familiar	até 1 salário mínimo		36	30	13	22	101
	de 1 a 5 salários mínimos		29	5	17	8	59
	acima de 6 salários mínimos		2	-	3	1	6
Água de beber	poço		14	23	16	18	61
	mineral		15	4	4	2	25
	rede de distribuição pública		36	8	13	11	68
Esgoto	fossa séptica		32	26	19	23	100
	rede coletora pública		33	9	14	8	64
Problemas respiratórios	nos últimos 12 meses	masculino	15	7	12	17	51
		feminino	12	8	9	8	37
	constantes	masculino	6	3	3	6	18
		feminino	5	4	3	9	21

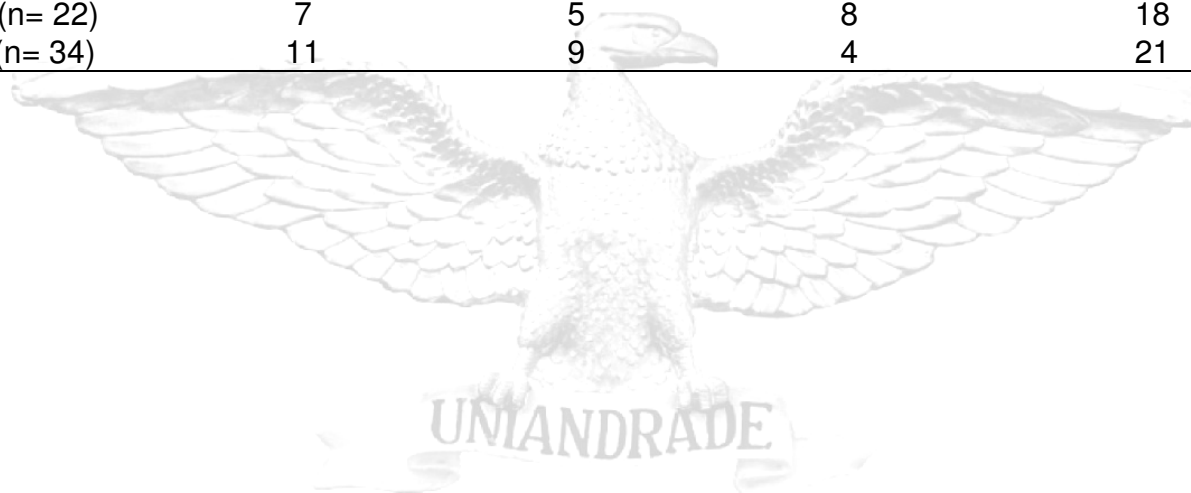


**Tabela 2.** Níveis de metais ( $\mu\text{g/l}$ ) encontrados no sangue dos sujeitos participantes da pesquisa, por sexo e faixa etária mesorregião do sul fluminense, 2013

Metais por faixa etária	Média geométrica	Desvio padrão	Erro padrão	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 95	Limite inferior	Limite superior	Variância
Pb1839H	1,44	0,79527	0,09716	0,76	1,89	2,68	0,08	3,77	0,63245
Pb4065H	1,14	0,69107	0,14734	0,75	1,56	2,15	0,07	2,67	0,47757
Pb1839M	1,23	0,93799	0,14831	0,31	2,15	2,67	0,03	2,78	0,87982
Pb4065M	1,05	0,81185	0,13923	0,36	1,81	2,45	0,04	2,45	0,6591
Hg1839H	0,93	0,60277	0,07364	0,39	1,31	1,94	0,09	3,01	0,36333
Hg4065H	1,24	0,78774	0,16795	0,51	1,98	2,38	0,26	2,65	0,62054
Hg1839M	0,78	0,54701	0,08649	0,34	1,12	1,89	0,06	2,11	0,29922
Hg4065M	0,36	0,31561	0,05413	0,14	0,45	1,11	0,08	1,3	0,09961
Cd1839H	0,06	0,03709	0,00453	0,03	0,09	0,13	0,01	0,14	0,00138
Cd4065H	0,08	0,02299	0,0049	0,06	0,09	0,12	0,05	0,13	5,28355E-4
Cd1839M	0,07	0,13856	0,02191	0,02	0,08	0,13	0,01	0,9	0,0192
Cd4065M	0,05	0,02397	0,00411	0,03	0,07	0,09	0,01	0,09	5,74332E-4
Cu1839H	5,42	3,37858	0,41276	2,77	7,77	11,9	1,23	15,31	11,41478
Cu4065H	7,62	4,54788	0,96961	3,14	11,03	13,56	2,22	17,89	20,68321
Cu1839M	4,37	2,06837	0,32704	2,77	4,71	8,67	2,28	9,23	4,27814
Cu4065M	2,13	1,46033	0,25044	1,31	2,33	6,1	1,01	8,33	2,13257
Zn1839H	5,37	3,28525	0,40136	2,53	7,66	11,25	0,83	16,17	10,79288
Zn4065H	4,99	2,77586	0,59181	3,33	4,92	9,98	2,43	14,31	7,70538
Zn1839M	4,41	3,33423	0,52719	1,78	6,74	11,11	1,19	13,23	11,11708
Zn4065M	4,79	2,60572	0,44688	2,66	6,48	9,43	1,55	12,34	6,78978
Al1839H	0,11	0,13956	0,01705	0,04	0,12	0,23	0,01	0,89	0,01948
Al4065H	0,07	0,05342	0,01139	0,03	0,11	0,16	0,01	0,23	0,00285
Al1839M	0,06	0,04538	0,00718	0,02	0,08	0,13	0,01	0,22	0,00206
Al4065M	0,07	0,03724	0,00639	0,06	0,09	0,13	0,01	0,18	0,00139
As1839H	5,12	8,21852	1,00405	2,01	6,02	9,03	1	65,22	67,54403
As4065H	6,02	5,57207	1,18797	2,01	9,03	14,04	1	22,07	31,04792
As1839M	3,36	2,79228	0,4415	2,01	3,01	8,04	1	13,06	7,79681
As4065M	2,92	2,16329	0,371	1	3,09	7,2	0,4	9,01	4,67983

**Tabela 3.** Dados de saúde/doença evidenciados nas entrevistas dos sujeitos participantes da pesquisa, por sexo e faixa etária, mesorregião do sul fluminense, 2013

		<b>Dados de saúde/doença identificados</b>				
<b>Faixa etária</b>	<b>Sexo</b>	<b>Doenças</b>				
		<b>Alzheimer</b>	<b>Câncer</b>	<b>Lesão hepática</b>	<b>Problemas cardiorrespiratórios</b>	<b>Lesão renal</b>
18 - 39	M (n= 68)	2	3	5	16	3
	F (n= 40)	0	7	2	11	3
40 - 65	M (n= 22)	7	5	8	18	6
	F (n= 34)	11	9	4	21	2



## DISCUSSÃO

As concentrações de Pb no sangue variam consideravelmente com a idade, estado fisiológico e outros fatores que afetam a exposição. Encontram-se abaixo do VR, com variações de 2,21 µg/l (0,1-6,45) na faixa etária de 18-39 anos e de 1,55 µg/l (0,11-2,88) na faixa etária de 40-65 anos para o sexo masculino, e de 1,15 µg/l (0,03-2,78) na faixa etária de 18-39 anos e de 0,56 µg/l (0,04-2,45) na faixa etária de 40-65 para o sexo feminino.

As concentrações médias de Hg encontram-se acima do VR (4 µg/l) para o sexo masculino na faixa de 18-39 anos com 9,29 µg/l (1,2-23,65) e de 5,40 µg/l (1,21-16,62) na faixa de 40 a 65 anos. As concentrações médias foram para o sexo feminino: 3,47 µg/l (0,12-11,81) na faixa de 18-39 anos e de 1,56 µg/l (0,11-4,70) na faixa de 40 a 65 anos. Da mesma forma, as concentrações de Cd encontram-se acima do VR (0,05 µg/l) na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino com 0,17 µg/l (0,02-1,03) e de 0,11 µg/l (0,05-0,51) na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi também acima do VR com 0,06 µg/l (0,01-0,22) e de 0,04 µg/l (0,01-0,09) na faixa de 40-65 anos.

As intercorrências apresentadas quanto ao alto teor de Hg e Cd corroboram os dados da Tabela 3, onde foram explicitados os problemas de saúde identificados nos participantes da pesquisa. Com relação ao Hg sua presença debilita as funções cerebrais, incorrendo em Alzheimer.<sup>15</sup> A principal via de absorção do Hg metálico e inorgânico e a inalação do vapor, com penetração de 75% da dose inalada através da membrana alvéolo-capilar. Já o Hg iônico é transportado pelo plasma enquanto o Hg elementar é transportado pelas hemácias onde é oxidado a íon mercúrico. O mesmo acontece nos outros tecidos, por via catalítica reversível, fixando-se depois as proteínas.<sup>24</sup>

Com relação ao Cd, sua presença incorre em inflamação nos pulmões, problemas no fígado e nos rins. Ademais, são reconhecidos pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) e *International Agency for Research on Cancer* (IARC) como carcinógenos humano.<sup>25</sup>

O Cd é um dos metais com maior potencial de causar impacto ao ambiente e saúde humana. Este metal ganha importância não somente por sua ocorrência natural, mas também por sua utilização em vários ramos produtivos, repercutindo na sua capacidade de contaminação do meio ambiente e por seus possíveis efeitos sobre os

organismos vivos. É um veneno cumulativo que pode danificar os rins após exposição prolongada na indústria ou para o ambiente. Lesão renal induzida por Cd afeta principalmente a integridade celular e funcional dos túbulos proximal, o site principal da acumulação renal do metal. Isso resulta em uma variedade de distúrbios urinários, incluindo um aumento da excreção de cálcio, aminoácidos, enzimas e proteínas. Estes efeitos foram documentados por um grande número de estudos realizados durante mais de duas décadas em animais usados em experimentos e em populações, ambiental ou ocupacional expostas a Cd. A disfunção tubular desenvolve de uma maneira dose-dependente de acordo com a dose interna de Cd.<sup>26</sup>

Em relação ao Cu, adotou-se VR segundo Gibson<sup>27</sup> com níveis de 7 a 14 µg/l para o sexo masculino e para o sexo feminino de 8 a 15,5 µg/l. Como resultado obtidos, as concentrações apresentaram-se normais e em alguns casos abaixo da faixa. A concentração média apresentada na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino foi de 5,42 µg/l e de 7,62 µg/l na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi de 4,37 µg/l e de 2,13 µg/l na faixa de 40-65 anos.

O Zn é um metal essencial necessário para o funcionamento e estrutura de muitas enzimas, que participam numa variedade de processos metabólicos celulares. Foi considerado um elemento não tóxico, mas como todos os metais pesados, uma exposição excessiva pode causar efeitos tóxicos. Adotou-se VR de Zn para o sexo masculino de 6,5 a 12 µg/l e para o sexo feminino de 6 a 12 µg/l.<sup>28</sup> As concentrações de Zn apresentaram-se normais e em alguns casos abaixo da faixa. A concentração média apresentada na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino foi de 5,37 µg/l e de 4,99 µg/l na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi de 4,41 µg/l e de 4,79 µg/l na faixa de 40-65 anos.

O VR para Al é de até 7 µg/l.<sup>29</sup> As concentrações de Al apresentaram-se normais. A concentração média apresentada na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino foi de 0,11 µg/l e de 0,07 µg/l na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi de 0,06 µg/l e de 0,07 µg/l na faixa de 40-65 anos.

O VR para As é de até 5,1 µg/l.<sup>25</sup> As concentrações de As apresentaram-se normais. A concentração média apresentada na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino foi de 5,12 µg/l e de 6,02 µg/l na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi de 3,36 µg/l e de 2,92 µg/l na faixa de 40-65 anos. Os níveis de As encontrados em amostras de sangue da comunidade nos

permitem a interpretação de que existe exposição, sem indício de intoxicação. As médias encontradas coincidem com médias de normalidade referida na literatura, em populações não expostas.

## **CONCLUSÃO**

Pela análise individual dos metais pesados aqui apresentados pode-se constatar que Hg e Cd estão em níveis elevados e não são conhecidos em funções biológicas. Níveis elevados destes compostos apresentam um grau de intoxicação que aumenta ao longo do tempo de exposição. Por outro lado, grandes concentrações destes metais são raras, sendo que a sua verdadeira ameaça e mesmo uma exposição crônica que leva ao aparecimento de problemas teratogênicos, cancerígenos, mutagênicos e em alguns casos leva diretamente a morte.

Quanto aos teores de Pb, Cu, Al, Zn e As, encontram-se em níveis compatíveis com a necessidade humana. Os seres vivos necessitam de pequenas quantidades de alguns desses metais, a exceção de Pb e Al.

No Brasil ainda não se conhecem níveis de indicadores biológicos de exposição a metais e, como este estudo piloto ficou demonstrado o atendimento de sua proposta de detectar níveis de metais-traço, denotando níveis expressáveis na população-alvo, potencializando sintomas na saúde pela exposição ambiental.

Devido aos efeitos nefastos provocados pela exposição a metais e apesar da legislação já existente para a exposição a agentes tóxicos a saúde humana a nível ocupacional, emerge uma amplificação deste monitoramento, de forma abrangente, sobretudo na população localizada nas áreas de produção industrial, propiciando ter-se monitoramento e controle sistemático desta, os quais serão essenciais para uma melhor qualidade de vida e do ambiente.

## **REFERÊNCIAS**

1. 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* 2004;207(1):69-73.
2. Kuno R, Roquetti MH, Gouveia N. Concepts and determination of reference values for human biomonitoring of environmental contaminants. *Rev Panam Salud Publ.* 2010;27(1):74-79.

3. Al-Saleh I, Shinwari N, Mashhour A, Mohamed Gel D, Rabah A. Heavy metals (lead, cadmium and mercury) in maternal, cord blood and placenta of healthy women. *Int J Hyg Environ Health* 2011;214(2):79-101.
4. Prista J, Uva JS. A utilização de indicadores biológicos em Saúde Ocupacional. *Rev. Port. Saúde Públ.* 2006; 6: 45-54.
5. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. *EXS.* 2012; 101:133-164.
6. Kim Y, Lee BK. Associations of blood lead, cadmium, and mercury with estimated glomerular filtration rate in the Korean general population: analysis of 2008-2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey data. *Environ Res.* 2012;118:124-129.
7. Fann N, Baker KR, Fulcher CM. Characterizing the PM(2.5) related health benefits of emission reductions for 17 industrial, area and mobile emission sectors across the U.S. *Environ Int.* 2012;49C:141-151.
8. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. *EXS.* 2012; 101:133-164.
9. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. *Br. Med. Bull.* 2003;68:167-182.
10. Rocha JC, Rosa AH, Cardoso AA. *Introdução a Química Ambiental.* Porto Alegre: Bookman; 2004.
11. Faro AR, Pinto WJ, Ferreira AP, Barbosa F Jr, Souza VC, Fujimoto DE, Koifman RJ, Koifman S. Serum cadmium levels in a sample of blood donors in the Western Amazon, Brazil, 2010-2011. *Cad Saude Publica* 2014;30(2):403-414.
12. Becker K, Schroeter-Kermani C, Seiwert M, Rüter M, Conrad A, Schulz C, Wilhelm M, Wittsiepe J, Günzel A, Dobler L, Kolossa-Gehring M. German health-related environmental monitoring: assessing time trends of the general population's exposure to heavy metals. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 2013; 216(3): 250-254.
13. Klaassen CD. *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons.* New York: McGraw-Hill, 7th ed.; 2008.
14. Khan MA, Ghouri AM. Environmental pollution: its effects on life and its remedies. *Journal of Arts, Science & Commerce.* 2011; 2(2):276-285.
15. Zou F, Chai HS, Younkin CS, Allen M, Crook J, Pankratz VS, et al. Brain expression genome-wide association study (eGWAS) identifies human disease-associated variants. *PLoS Genet.* 2012; 8(6):e1002707.
16. Zhang Y, Beesoon S, Zhu L, Martin JW. Biomonitoring of perfluoroalkyl acids in human urine and estimates of biological half-life. *Environ. Sci. Technol.* 2013; 47(18):10619-10627.
17. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. *Cidades@.* [Internet]. Rio de Janeiro: Dados gerais; 2014.
18. Rouquayrol MZ, Almeida Filho N. *Epidemiologia e Saúde.* BR, Rio de Janeiro: MEDSI, 2003.
19. Bruggemann OM, Parpinelli MA. Utilizando as abordagens quantitativa e qualitativa na produção do conhecimento. *Rev. Esc. Enfermagem USP.* 2008; 42(3):563-568.
20. Spiegel MR, Schiller JJ, Srinivasan RA. *Probabilidade & Estatística.* Bookman; 2012.

21. Montaser A. Inductively coupled plasma mass spectrometry. Washington DC, USA: Wiley-VCH; 1998.
22. Giné MF. Espectrometria de massas com fonte de plasma (ICPMS). Piracicaba: Programa de Pós-Graduação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo; 1999 (Série Didática, 4).
23. Minayo MCS. Pesquisa social: teoria, método e criatividade. 23.ed. Rio de Janeiro: Vozes; 2004.
24. Minoia C, Sabbioni E, Apostoli P. Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Community. A study of 46 elements in urine, blood and serum of healthy Italian subjects. *Sci Total Environ.* 1990;95:89-105.
25. Apostoli P, Bartoli D, Alessio L, Buchet JP. Biological monitoring of occupational exposure to inorganic arsenic. *Occup Environ Med.* 1999;56(12):825-832.
26. Bernard A. Renal dysfunction induced by cadmium: biomarkers of critical effects. *Biometals.* 2004; 17(5):519-523.
27. Gibson RS. Assessment of trace-element status. In: Gibson RS. Principles of nutritional assessment. New York: Oxford University Press; 1990.
28. Hudnik MV. The determination of trace metals in human fluids and tissues: Part 1. Estimation of "Normal Values" for Copper, Zinc, Cadmium and Manganese in Blood Serum and Liver Tissue. *Anal Chim Acta.* 1984;157:143-150.
29. Salgado PET, Lepera JS, Larini L. Indicadores biológicos de exposição aos metais. *Rev Cienc Farm.* 1993/94;15:17-26.

