

Avaliação dos níveis de chumbo e mercúrio em população exposta ambientalmente na Região Centro-oeste do Brasil

Lead and mercury levels in an environmentally exposed population in the Central Brazil

Evaluación de los niveles de plomo y mercurio en población expuesta ambientalmente en la región centro-oeste de Brasil

Leda Diva Freitas de Jesus ¹
Maria de Fátima Ramos Moreira ¹
Sayonara Vieira de Azevedo ¹
Renato Marçullo Borges ¹
Regina Aderne de Almeida Gomes ¹
Fernanda Pereira Baptista Bergamini ¹
Liliane Reis Teixeira ¹

doi: 10.1590/0102-311X00034417

Resumo

O objetivo foi avaliar o nível de exposição ao chumbo e mercúrio em população do Pantanal Mato-grossense, Brasil. Chumbo no sangue (Pb-S) ($n = 119$) e mercúrio na urina (Hg-U) ($n = 109$) de moradores da região foram determinados por espectrometria de absorção atômica. A comparação de médias e correlação entre as variáveis utilizaram o teste ANOVA e a regressão linear, respectivamente, com 95% de confiança. Pb-S médio foi $2,82 \pm 1,53 \mu\text{g dL}^{-1}$. A comparação de Pb-S estratificado por local de coleta ($p \leq 0,01$), atividade laboral ($p \leq 0,01$) e consumo de leite produzido na região ($p \leq 0,05$) mostrou diferenças estatisticamente significativas. Também houve associações positivas entre Pb-S e local de coleta ($p \leq 0,01$), profissão dos participantes ($p \leq 0,05$), consumo de leite da região ($p \leq 0,01$) e origem da água de consumo ($p \leq 0,01$). A média de Hg-U foi $1,41 \pm 0,98 \mu\text{g L}^{-1}$. Os teores mostraram diferenças significativas apenas quanto à profissão dos participantes ($p \leq 0,01$), e associações positivas surgiram entre Hg-U e atividade profissional ($p \leq 0,01$) assim como índice de massa corporal dos sujeitos de estudo ($p \leq 0,01$). As amostras apresentaram baixos níveis de chumbo e mercúrio, semelhantes àqueles encontrados em populações também expostas ambientalmente. Apesar dessas baixas concentrações, o conhecimento atual sobre toxicidade desses metais mostra que efeitos à saúde já podem ser sentidos em níveis antes considerados seguros, o que caracteriza o perigo.

Chumbo; Mercúrio; Exposição Ambiental

Correspondência

M. F. R. Moreira
Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz.
Rua Leopoldo Bulhões 1480, Rio de Janeiro, RJ 21041-210, Brasil.
fmoreira@ensp.fiocruz.br

¹ Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.



Introdução

A contaminação antropogênica do ar por metais provém de gases e partículas derivados do uso de combustíveis fósseis em indústrias e veículos assim como das queimadas. Outras fontes importantes de contaminação são a mineração e a fundição, que fornecem metais como matéria prima para a fabricação de utensílios, máquinas e outros, elevando assim os níveis ambientais desses elementos. Mais recentemente, a indústria, agricultura e medicina encontraram uma série de usos para os metais. Dessa forma, tais atividades ampliaram a exposição também para consumidores dos diferentes produtos, além dos trabalhadores profissionalmente relacionados a essas substâncias. Especialmente nos processos em que se utilizam temperaturas muito altas, a emissão de metais se eleva consideravelmente ^{1,2}.

O chumbo (Pb) é um dos elementos mais comuns no meio ambiente, sobretudo em razão de inúmeras atividades industriais que favorecem a sua distribuição. Entretanto, esse metal também pode ser encontrado nos minérios de zinco, prata e cobre, cujos depósitos se encontram amplamente distribuídos por todo o mundo ³. A concentração natural de Pb em águas subterrâneas varia de acordo com a composição do solo e rocha, enquanto os níveis do metal no solo são influenciados por atividades antropogênicas e transporte do Pb pelo ar, que depende das condições atmosféricas e tamanho do particulado ⁴. Outras fontes naturais do Pb atmosférico incluem o intemperismo geológico, carvão, óleo e madeira entre outras ³.

As vias respiratória e gastrointestinal são as principais rotas de exposição do Pb. Sua toxicidade para os homens e animais está relacionada, particularmente, aos sistemas nervoso e hematopoiético, além dos rins e trato gastrointestinal. Também afeta a reprodução, o desenvolvimento e pode causar ainda efeitos cardiovasculares e, possivelmente, mutagênicos e câncer ⁵.

O mercúrio (Hg) se encontra amplamente distribuído, em baixas concentrações, por toda a crosta terrestre, sendo utilizado em larga escala na mineração do ouro por causa da sua capacidade de amalgamação. O transporte de Hg na atmosfera é rápido em comparação com outros reservatórios ambientais, permitindo a dispersão e troca de Hg no ambiente global. Assim, a população residente nas regiões do garimpo de ouro se expõe ao Hg por meio dos vapores metálicos dispersos no ar ou metil Hg encontrado na água e peixes contaminados ⁶. O Hg metálico pode se oxidar e passar a inorgânico, que, por sua vez, pode ser convertido a metil Hg por micro-organismos. O Hg orgânico é o mais tóxico por ser lipossolúvel. Dessa maneira, pode ser distribuído a todos os tecidos e facilmente cruzar as barreiras hematoencefálica e placentária, induzindo a déficits de desenvolvimento neurológico em recém-nascidos e crianças ⁴. O sistema nervoso central e os rins são os principais alvos da toxicidade do metal e seus compostos ⁶.

No Brasil, a maior fonte de emissão de gases de efeito estufa é o desmatamento, atividade que, através do corte de árvores e queimadas, ameaça a biodiversidade ⁷ e contribui na emissão de Pb e Hg para o ambiente ^{3,6}. Em alguns estados brasileiros, particularmente em Mato Grosso, além de ter elevada incidência em queimadas ⁸, há, ainda, a preocupação com a mineração do ouro, atividade que pode levar à contaminação ambiental por Hg ⁹.

A região de Poconé, localizada no Pantanal Mato-grossense, bioma brasileiro considerado uma das mais importantes reservas ecológicas do planeta ¹⁰, passou por ciclos de atividades garimpeiras, alcançando em seu auge mais de 100 garimpos e cerca de 5 mil garimpeiros ¹¹. Nesse período, o sedimento e a biota de alguns rios da bacia hidrográfica da região apresentavam elevado grau de contaminação por Hg. Posteriormente, a atividade foi drasticamente reduzida devido ao aumento dos custos dos insumos básicos da produção e à redução do preço do ouro no mercado internacional ¹¹. Nos dias atuais, existem 14 garimpos de grande porte e 200 trabalhadores atuando na extração do metal. O município conta ainda com 5 lojas de compra de ouro, que realizam a queima desse metal em seu interior ¹².

Nesse contexto, na Estância Ecológica Sesc Pantanal, pertencente ao Serviço Social do Comércio (Sesc), há um hotel voltado para o turismo ecológico, que está se convertendo em modelo de educação, preservação da natureza, pesquisa científica e ecoturismo. A estância está integrada à Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Sesc Pantanal, uma unidade de conservação ecológica em área privada, localizada nos municípios de Poconé e Barão de Melgaço, no Pantanal Mato-grossense ¹³.

Visando ampliar os conhecimentos técnico-científicos necessários para uma gestão ecológica sustentável, que representasse melhoria da qualidade de vida daqueles que trabalham na área da

Estância Sesc Pantanal e vivem em seu entorno, foi desenvolvido um estudo com o objetivo de avaliar o nível de exposição dessa população aos metais oriundos, principalmente, das queimadas e da região de garimpo em Poconé. Para tal, foram investigadas as concentrações de Hg na urina (Hg-U) e Pb no sangue (Pb-S), biomarcadores de exposição para tais metais ⁴, nos participantes do estudo.

Materiais e métodos

Tratou-se de um estudo transversal, realizado em março de 2012, nos municípios de Poconé e Barão de Melgaço. A área selecionada foi o entorno da Estância Ecológica Sesc Pantanal, reserva ecológica certificada como RPPN. O Hotel Sesc Porto Cercado, os rios Cuiabá e São Lourenço e os povoados de São Pedro de Joselândia e Pimenteira se localizam dentro dos 10km ao redor dos limites da reserva. O Hotel Sesc Porto Cercado, também denominado de Sesc Pantanal, se situa a cerca de 45km da cidade de Poconé (Estrada Poconé-Porto Cercado) e mesma distância da Rodovia Transpantaneira, de tráfego intenso por causa dos hotéis distribuídos ao longo de mais de 150km de estrada de terra ¹³.

A população de estudo foi de 121 pessoas, selecionadas entre os trabalhadores do Hotel Sesc Pantanal (Poconé) e moradores dos povoados São Pedro da Joselândia e Pimenteira (Barão de Melgaço), localizados no entorno da RPPN, visto que não há moradores em seu interior (Figura 1). Os critérios de exclusão utilizados para a participação no estudo foram menores de 18 anos, por questões éticas e legais, mulheres gestantes, lactantes e acima de 39 anos, devido às alterações metabólicas, que mobilizam o Pb dos ossos para o sangue, assim como portadores de outras patologias que causem quebra da homeostase do organismo ³.

Um questionário já utilizado anteriormente em outras pesquisas ^{14,15} foi aplicado a todos os participantes (n = 121) com objetivo de conhecer as variáveis socioeconômicas, possíveis fontes de exposição e efeitos à saúde, bem como variáveis de confundimento para a avaliação de exposição aos metais. Após a entrevista, foram obtidas amostras biológicas, por meio da coleta de sangue (n = 119), biomarcador de exposição para Pb ³, e urina, biomarcador de exposição para Hg ⁴ (n = 109). As perdas ocorreram pela recusa ou impossibilidade de doação dos fluidos biológicos de alguns participantes, enquanto outros não retornaram com o frasco ou trouxeram um volume reduzido de urina.

Experimental

• Instrumental

Para a determinação da concentração de Pb e Hg nos biomarcadores de exposição, utilizou-se o espectrômetro AAnalyst 800, equipado com mostrador automático AS-800, tubos de grafite end-cap e sistema de injeção em fluxo FIAS 400 (todos Perkin Elmer Ltda., São Paulo, Brasil). A metodologia para a determinação dos metais nos fluidos biológicos seguiu os protocolos já estabelecidos pelo laboratório da instituição dos autores.

• Materiais, reagentes e soluções

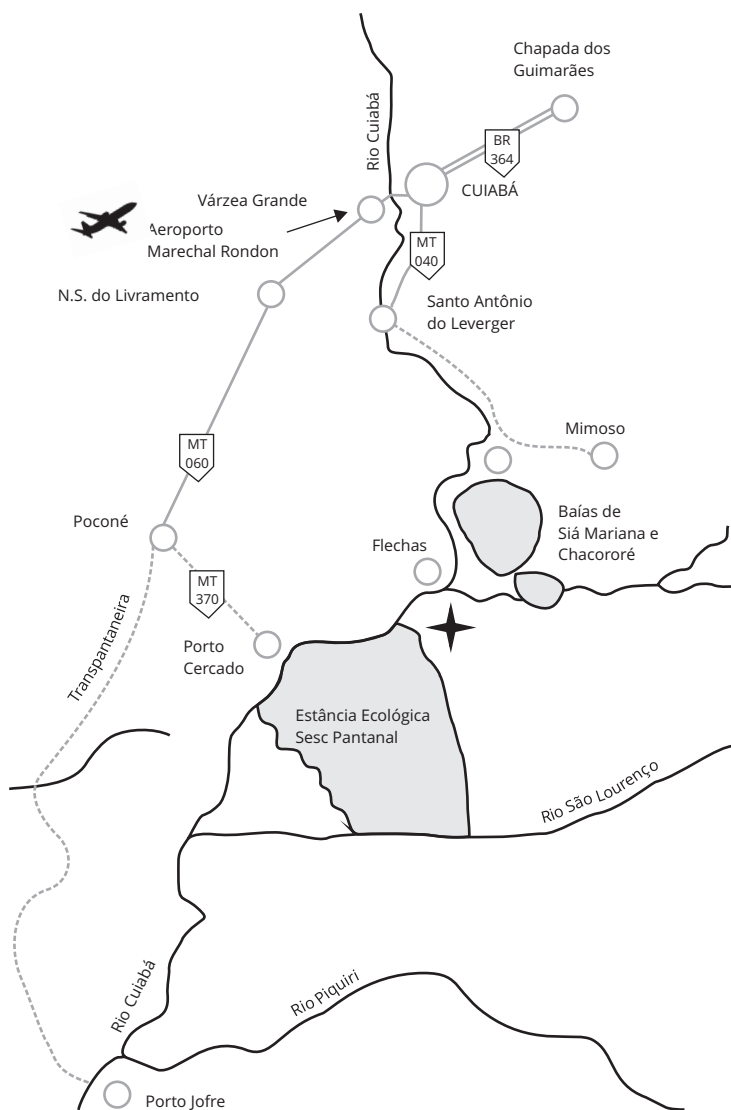
Antes da análise, todo material utilizado foi descontaminado como já descrito anteriormente ¹⁶. Todos os reagentes empregados foram, pelo menos, de grau analítico (P.A.) e de origem Merck (Darmstadt, Alemanha), enquanto a água utilizada na descontaminação do material e preparo das soluções analíticas e amostras foi purificada pelo sistema Milli-Q (Millipore, Bedford, Estados Unidos).

A exatidão dos resultados foi acompanhada pela análise, em cada série de amostras, de materiais de referência. Para o Pb, utilizaram-se amostras da Contox Blood Lead Controls (Kaulson Laboratories, New Jersey, Estados Unidos), enquanto o Programa Interlaboratorial de Control de Calidad, realizado pelo Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Barcelona, Espanha), forneceu o material no caso do Hg.

Soluções estoque de 1.000µg L⁻¹ foram preparadas com solução concentrada de 1.000µg mL⁻¹ de Pb ou Hg. As soluções analíticas de Pb eram preparadas diariamente por diluições apropriadas da solução estoque em ácido nítrico 0,2% (v/v). Na preparação do modificador foi utilizada uma mistura

Figura 1

Área de estudo na Estância Ecológica Sesc Pantanal. São Pedro de Joselândia e Pimenteira, localizadas dentro do entorno de 10km da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), Mato Grosso, Brasil. Porto Cercado: local do Hotel SESC Pantanal (entorno 10km RPPN).



de nitrato de magnésio 10g L^{-1} e nitrato de paládio 15g L^{-1} em ácido nítrico $0,2\%$ (v/v), de modo a conter $15\mu\text{g}$ de paládio e $10\mu\text{g}$ de magnésio em $10\mu\text{L}$ de solução dentro do forno. O sangue total foi diluído em Triton X-100 $0,1\%$ (v/v) na proporção de 1+9 para a determinação de Pb.

Os padrões de Hg eram preparados diariamente por volumes adequados da solução estoque em 10mL de uma mistura contendo ácido nítrico e ácido sulfúrico 15g L^{-1} (m/v), acrescida de quantidades apropriadas da solução oxidante KMnO_4 5% (m/v) e do antiespumante octanol. Para a leitura das soluções de calibração e amostras, foi utilizada uma solução redutora preparada com NaBH_4 3% (m/v) e NaOH 1% (m/v). As amostras de urina passaram por processo de solubilização após transferência de 1mL de cada amostra diretamente para os frascos de reação, contendo 10mL de uma mistura de ácido nítrico e sulfúrico 15g L^{-1} (m/v), acrescida de $200\mu\text{L}$ KMnO_4 5% (m/v) e $50\mu\text{L}$ octanol.

• Coleta e conservação das amostras

Tubos a vácuo heparinizados de 7mL, específicos para a determinação de elementos-traço foram utilizados para coleta de sangue total, enquanto as amostras de urina foram coletadas em frascos descontaminados, de 50mL cada um. As amostras foram conservadas a -20°C até a análise.

Análise estatística

Concentrações de Pb-S e Hg-U foram eleitas como variáveis dependentes. Por outro lado, local de coleta das amostras, profissão, sexo, idade, renda familiar, escolaridade, tabagismo e índice de massa corporal (IMC), morbidade referida, origem da água de consumo, consumo de peixes dos rios da região, consumo de leite, verduras, frutas e legumes produzidos na região ficaram como variáveis independentes.

A estatística descritiva serviu para caracterizar os investigados e apresentar os valores da contaminação por Pb e Hg na população estudada. Para verificar a normalidade da distribuição dos resultados, foi empregado o teste Kolmogorov-Smirnov. A diferença das médias entre os grupos (três ou mais) foi mostrada pelo teste ANOVA, enquanto os fatores associados a Pb-S e Hg-U foram investigados pela regressão linear simples, r e r^2 , em que r mede a intensidade da relação entre as variáveis, e r^2 é a porcentagem da variável dependente explicada pela independente.

Um valor de $p < 0,05$ e intervalo com 95% de confiança foram sempre considerados, salvo indicação em contrário. Todas as operações estatísticas foram realizadas com SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, Estados Unidos).

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição dos autores. Todos os participantes foram voluntários e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes de responderem às perguntas e cederem amostras biológicas.

Resultados e discussão

População de estudo

A população de estudo contou com 101 indivíduos adultos do sexo masculino (83,5%) e 20 do sexo feminino (16,5%), contabilizando um total de 121 participantes, com média de $38,8 \pm 13,3$ anos de idade. Esses sujeitos trabalhavam em atividades relacionadas ao campo (47,9%), hotelaria (26,4%), construção civil e carpintaria (6,6%), saúde (3,3%), administrativo (2,5%) e um grupo denominado de “outros”, composto por professores, profissionais do lar e desempregados (13,2%). As características dos participantes se encontram na Tabela 1.

Amostras biológicas

Todas as amostras apresentaram concentrações semelhantes aos valores considerados como referência, encontrados em populações com características de exposição similares àquelas da população de estudo por outras pesquisas^{17,18,19}. Os resultados obtidos neste trabalho se mostraram em harmonia com as características da região, cuja atividade industrial é pequena, com economia baseada preponderantemente na agropecuária, turismo em ascensão, extrativismo de ouro e, ainda, localizada em estado com grande incidência de queimadas⁸ e inundações²⁰. Os dados descritivos sobre Pb-S e Hg-U podem ser visualizados na Tabela 2, enquanto a Tabela 3 apresenta essas concentrações por local de coleta das amostras.

Chumbo

No presente estudo, a concentração média de Pb-S ($2,82 \pm 1,53 \mu\text{g dL}^{-1}$) foi superior aos níveis encontrados na população americana pelo *National Health Nutrition and Examination Survey* (NHANES; Estados Unidos) 1999-2000, cuja faixa variou de 1,62-1,68 $\mu\text{g dL}^{-1}$. Nas últimas décadas nos Estados

Tabela 1

Características da população de estudo (n = 121).

Variável	n	%
Gênero		
Masculino	101	83,5
Feminino	20	16,5
Faixa etária (anos)		
18-29	38	31,4
30-39	34	28,1
40-49	25	20,7
Acima de 50	24	19,8
Atividade no trabalho		
Relacionada ao campo	58	47,9
Hotelaria	32	26,5
Construção civil e carpintaria	8	6,6
Saúde	4	3,3
Administrativa	3	2,5
Outros *	16	13,2

* Professores, profissionais do lar e desempregados.

Tabela 2

Concentrações de chumbo no sangue (Pb-S) e mercúrio na urina (Hg-U).

	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)	Hg-U ($\mu\text{g L}^{-1}$)
N	119	109
Média	2,83	1,41
Desvio padrão	1,53	0,98
Mínimo	0,71	0,08
Máximo	8,16	6,73

Tabela 3

Concentrações de chumbo em sangue (Pb-S) e mercúrio em urina (Hg-U) de acordo com o local de coleta.

	Pb-S ($\mu\text{g dL}^{-1}$)			Hg-U ($\mu\text{g L}^{-1}$)		
	Hotel	São Pedro da Joselândia	Pimenteira	Hotel	São Pedro da Joselândia	Pimenteira
N	49	45	25	43	43	23
Média	3,50	2,53	2,03	1,26	1,56	1,41
Desvio padrão	1,52	1,41	1,24	0,62	1,10	1,25
Mínimo	0,90	0,84	0,71	0,79	0,08	0,79
Máximo	8,16	7,65	5,44	3,12	6,09	6,73

Unidos, houve marcante redução nas fontes ambientais de Pb, maior proteção das exposições ocupacionais ao metal e uma tendência geral de decréscimo na prevalência dos níveis de Pb-S de adultos. Como consequência, a média geométrica de Pb-S passou de 1,2 (NHANES 2009-2010) para 0,86 $\mu\text{g dL}^{-1}$ no NHANES 2013-2014 ²¹. Contudo, a exposição ao Pb em doses baixas pode levar a efeitos adversos cardiovasculares e renais, disfunções cognitivas e desfechos reprodutivos adversos. As pesquisas atuais encontraram diminuição da função renal associada a $\text{Pb-S} \leq 5 \mu\text{g dL}^{-1}$, e aumento do risco de hipertensão e tremor essencial em Pb-S abaixo de $10 \mu\text{g dL}^{-1}$, níveis considerados seguros até então ²². Diante dessas evidências, em 2015, o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), agência americana para pesquisas relacionada ao trabalho, do Centers for Disease Control and Prevention (CDC), indicou $5 \mu\text{g dL}^{-1}$ como referência para Pb-S em adultos e passou a considerar níveis $\geq 5 \mu\text{g dL}^{-1}$ como elevados. No entanto, entre 2009 e 2015, apenas Pb-S acima de $10 \mu\text{g dL}^{-1}$ era tido como alto ²³. O decréscimo da concentração de Pb-S na população em geral tem relação direta com a eliminação do metal no uso como aditivo da gasolina ^{22,23}.

A média do presente estudo, $2,83 \pm 1,53 \mu\text{g dL}^{-1}$, foi semelhante ao valor de referência proposto para a população da cidade de São Paulo ($3,3 \mu\text{g dL}^{-1}$) ²⁴. Porém, foi inferior àqueles recomendados para populações urbanas das regiões Sudeste e Sul do Brasil, $6,6$ ²⁵ e $5,5 \mu\text{g dL}^{-1}$ ²⁶, respectivamente. O valor médio encontrado, menor do que os valores de referência estabelecidos pelos três trabalhos, está de acordo com os indivíduos avaliados, já que se refere a uma população rural da Região Centro-oeste, vivendo em local cujas atividades se resumem à agropecuária, educação, conservação da natureza, pesquisa científica e ecoturismo ¹³.

De acordo com a Tabela 3, o nível de Pb-S foi significativamente maior nos funcionários do hotel ($p > 0,05$) em relação à população das duas outras localidades, São Pedro da Joselândia e Pimenteira, assim como nas amostras referentes àqueles que exerciam sua atividade laboral no hotel quando comparados aos trabalhadores de outros locais. A regressão linear mostrou a existência de correlação entre Pb-S e o local de coleta, sendo 14,7% dos valores de Pb observados nas amostras de sangue explicados pelo local de coleta, bem como uma correlação positiva entre Pb-S e a profissão dos investigados, com 4,4% dos níveis de Pb-S, podendo ser explicados pela atividade exercida pelos indivíduos (Tabela 4).

Os particulados de Pb são também emitidos durante as queimadas, muito comuns nessa região do Pantanal ^{27,28}, onde foram detectados 7.740 focos ativos em 2012, ano de desenvolvimento do estudo ²⁹. Dependendo da direção e intensidade das correntes aéreas, os poluentes podem ir além das áreas afetadas pelo fogo, impactando negativamente o ambiente e a saúde humana ³⁰. Nas florestas, elementos-traço adsorvidos nos sedimentos terrestres, vegetação e matéria orgânica do solo estão relativamente imóveis. No entanto, são liberados em formas mais lábeis por volatilização, devido à queima da vegetação e matéria orgânica do solo. Além disso, os incêndios florestais aumentam a erosão, amplificando o transporte de contaminantes remobilizados para os corpos d'água ³¹.

As amostras que apresentaram maior concentração de Pb foram coletadas no hotel, vizinho à reserva ecológica e próximo das rodovias ¹³, cujos funcionários, em grande parte, moravam em Pocóné. Além disso, a maioria dos participantes do estudo trabalhava no campo, expostos diretamente às queimadas e revolvimento do solo. Portanto, os trabalhadores do hotel e do campo estavam sujeitos à exposição com mais intensidade do que os demais participantes, que trabalhavam em outras atividades nas vilas mais distantes do hotel, no outro lado da reserva. Logo, mais afastadas dos pontos de queimada e rodovias. Apesar de serem trabalhadores, a exposição era ambiental, e não ocupacional, pois os metais de interesse não eram manipulados como parte de seus processos de trabalho.

Concentrações de Pb-S entre 5 e $10 \mu\text{g dL}^{-1}$ sugerem a existência de algum tipo de exposição ambiental ³². Com base nessa afirmação, é possível dizer que nove indivíduos se encontravam expostos a baixos níveis de Pb, mostrando que 7,57% da população investigada apresentavam uma contaminação ambiental pelo metal. Dentre esses sujeitos, seis trabalhavam no hotel (66,6%), dois em atividades agropecuárias (22,2%) e um exercia funções administrativas em um dos povoados (11,1%), porém havia sido roçador por 10 anos.

Os indivíduos que consumiam leite produzido nas proximidades da área estudada apresentaram Pb-S significativamente maior do que aqueles que consumiram leite industrializado ou não ingeriram o produto. Constatou-se associação significativa entre a concentração de Pb no sangue e o hábito de tomar leite produzido na região, com 9,2% do Pb-S podendo ser explicados pela origem do leite consumido pelos sujeitos de estudo (Tabela 4).

Tabela 4Regressão linear (r) e regressão linear ao quadrado (r²) aplicadas ao chumbo em sangue (Pb-S) e mercúrio em urina (Hg-U).

Metais	Variáveis	r	r ²	Valor de p
Chumbo	Local de coleta	0,383	0,147	≤ 0,01
	Atividade laboral	0,210	0,044	≤ 0,05
	Origem do leite consumido	0,303	0,092	≤ 0,01
	Origem da água de consumo	0,305	0,093	≤ 0,01
Mercúrio	Atividade laboral	0,313	0,098	≤ 0,01
	Índice de massa corporal	0,442	0,195	≤ 0,01

A ingestão de gramíneas e águas contaminadas por Pb pode levar à contaminação do leite de vaca ^{33,34}. Tal situação mostra a relevância do cuidado com a qualidade sanitária do leite produzido, o qual deve ser submetido a uma rotina de análises bioquímicas, bem como a importância da gestão de resíduos nas fazendas. O fato de a concentração sanguínea de Pb nas amostras do estudo apresentar associação significativa com o hábito de consumir o leite produzido na região sugere que a produção local necessita de melhor controle sanitário.

A pesquisa mostrou que 57% dos indivíduos utilizavam água de poço para beber e preparar alimentos, enquanto 24% faziam uso de água mineral, 11,6%, água encanada, e 7,4% de outras fontes de abastecimento. Verificou-se que os sujeitos que usavam água de poço apresentavam Pb-S significativamente maior do que os usuários de água encanada, filtrada ou mineral. Houve correlação entre concentração de Pb sanguíneo e tipo de água consumida pelos participantes, com 9,3% do metal encontrados nas amostras de sangue podendo ser explicados pela água consumida (Tabela 4).

É comum que populações rurais utilizem água de poço. Da mesma forma, é conhecido o risco de contaminação dessas águas por metais, entre outros, com consequente contaminação dos usuários ^{35,36}. A água pode ser uma fonte de exposição ao Pb, que chega aos corpos hídricos pela deposição de vapores e particulados presentes na atmosfera e/ou por despejo de efluentes, contaminando, assim, os ecossistemas aquáticos. Geralmente, o Pb encontrado na água potável das residências é resultado de corrosão ou desgaste da tubulação do sistema de distribuição que contenha o metal ³. Como mais da metade da população estudada consumia água de poço sem nenhum tratamento, talvez a associação encontrada entre Pb-S e o tipo de água de abastecimento possa ser explicada pela contaminação com o Pb emitido durante as queimadas, comuns na região, depositado no solo e lixiviado até o lençol freático ³⁷. Na época das cheias no Pantanal, as áreas mais baixas são inundadas por conta da pouca declividade da planície e dificuldade de escoamento das águas pelo encharcamento do solo, conferindo um aspecto de mar à região ²⁰. Em consequência, os poluentes existentes no solo se disseminam e podem contaminar extensas áreas.

Nesta pesquisa, não se encontrou diferença estatisticamente significativa entre os níveis de Pb-S de acordo com sexo, idade, renda familiar, escolaridade, tabagismo, consumo de alimentos produzidos na região e IMC. Embora a existência de algumas dessas associações já tenham sido relatadas por outros estudos, em especial, gênero e idade ^{24,38,39}, acredita-se que a composição da amostra, com 83% de homens, tenha influenciado o resultado. Contudo, chamou a atenção o fato de que, entre os oito indivíduos que apresentaram concentrações dentro da faixa de exposição já citada anteriormente (5-10 µg dL⁻¹), cinco apresentavam sobrepeso (55,55%) e um, obesidade severa (11,11%), enquanto o IMC normal se mantinha em somente dois (22,22%) participantes.

Da mesma forma, neste trabalho não foi encontrada associação entre Pb-S e morbidade referida, embora a relação entre exposição a baixas concentrações de Pb (< 10 µg dL⁻¹) e danos à saúde, tais como função renal diminuída, pressão sanguínea aumentada, hipertensão, tremor essencial, já tenha sido comprovada em adultos. No caso das gestantes, existem provas suficientes de que níveis de Pb-S < 5 µg dL⁻¹ estão associados com menor crescimento fetal e baixo peso ao nascer, e evidências limitadas de que aumento de aborto espontâneo e nascimento prematuro se associem a um Pb-S

< 10µg dL⁻¹ 22. Nas crianças, os efeitos adversos mais comuns, em Pb-S < 5µg dL⁻¹, são déficit de atenção, desempenho cognitivo reduzido e maior incidência de distúrbios comportamentais, além da diminuição do crescimento pós-natal, redução do perímetro cefálico, peso e outros indicadores de crescimento e atraso na puberdade em níveis de Pb-S < 10µg dL⁻¹ 23.

Mercúrio

No presente estudo, a concentração média de Hg-U (1,41 ± 0,97µg L⁻¹) foi 28,85% da média (4,89µg L⁻¹) encontrada em 1995 nos residentes da cidade de Poconé, ocasião em que os garimpos se encontravam em plena atividade na região 40. Entretanto, esse valor ficou acima da média de Hg-U de dentistas que não faziam uso do metal em suas atividades (0,92 ± 0,33µg L⁻¹) 15 assim como da média (0,44 ± 0,41µg L⁻¹) encontrada em mulheres adultas residentes nas proximidades da Reserva Nacional de Aamjiwnaang (Ontario, Canadá), região dos Grandes Lagos, conhecida pela poluição com Hg 41.

Atualmente, estima-se que a extração do metal na prática extrativista seja 40% menor do que em 1995. Hoje, porém, as áreas de garimpo se localizam dentro do perímetro urbano da cidade, que também mantém lojas que realizam a queima do ouro no seu interior 12. Por conseguinte, os garimpos e as casas de queima servem como fonte de exposição para toda a região. Além disso, as antigas crateras das minas de ouro se transformaram em lagos, contendo rejeitos com Hg, que pode permanecer disponível para metilação nos sedimentos por vários anos, mesmo depois de eliminada a fonte de emissão 42. Assim, representam um risco permanente de contaminação para a região.

Não houve diferença estatisticamente significativa (p < 0,05) entre as médias de Hg-U nos diferentes locais de coleta (Tabela 3). Parte da população residente nos dois povoados assim como os trabalhadores do hotel já trabalhou com mineração em algum momento da vida e ainda guarda estreita relação com Poconé, por se tratar da maior cidade, mais próxima e com recursos. O grupo formado por professores, profissionais do lar e desempregados apresentou Hg-U significativamente maior do que aqueles indivíduos relacionados a outras profissões. Uma associação positiva foi confirmada entre as variáveis Hg-U e profissão, com 9,8% do Hg encontrado nas amostras de urina explicados pela atividade dos sujeitos de estudo (Tabela 4).

A atividade humana, especialmente a mineração e a queima de carvão, aumentou a mobilização de Hg no meio ambiente, elevando os níveis do metal no ar, solo, águas doces e oceanos. A maior parte das emissões de Hg está associada à geração de energia baseada em combustíveis fósseis, impulsionando o crescimento industrial e econômico na Ásia e América do Sul, o que, por sua vez, estimula a alta demanda por metais, incluindo mineração de ouro artesanal e de pequena escala em todo o mundo 9. A contribuição das atividades garimpeiras assim como das queimadas para a contaminação ambiental por Hg e, conseqüentemente, exposição das populações vivendo nas áreas circunvizinhas é bem documentada 43,44. Após a emissão, o Hg elementar pode ser transportado por longas distâncias antes da deposição. Seu tempo de permanência na atmosfera é de vários meses a alguns anos, podendo, portanto, ser transportado e depositado em locais remotos, como o Ártico e o Antártico 44. Como a grande maioria dos participantes (74,38%) trabalhava próxima às regiões de garimpo e queimadas, é possível que essas sejam as razões para associação positiva entre concentração do metal na urina e atividade profissional.

Os indivíduos com IMC normal apresentaram Hg-U significativamente menor do que os grupos com sobrepeso e obesidade tipos I e II. Também foi constatada uma associação positiva entre a concentração de Hg-U e o IMC dos sujeitos estudados, e a variável IMC explica 19,5% do Hg-U encontrado (Tabela 4). Esses resultados estão em concordância com duas pesquisas que investigaram a relação entre a concentração de Hg no cabelo (Hg-C) e sangue (Hg-S) e o IMC de adultos japoneses e coreanos, respectivamente. Esses achados mostraram que o Hg se correlacionava positiva e significativamente com o IMC 45,46. No entanto, nenhuma correlação estatisticamente significativa foi encontrada entre Hg-C e IMC em população ribeirinha do Rio Negro, na Amazônia brasileira 47.

Entre os participantes do estudo, 97,1% afirmaram se alimentar, pelo menos três vezes por semana, com peixes dos rios da região. Na dieta humana, o consumo de peixes é a principal rota de exposição ao metil Hg. Entretanto, a espécie e a idade dos peixes têm impacto direto na quantidade absorvida desse metal na forma orgânica 44. Como esperado, neste estudo não foi observada associação entre Hg-U e o hábito de consumir peixes, uma vez que o Hg eliminado na urina é o melhor biomarcador

para exposição crônica ao Hg elementar e inorgânico e também como indicador da carga corporal, enquanto o Hg no sangue ou cabelo tem sido utilizado como marcador nas exposições recentes ao metil Hg pela dieta ⁴³.

Não foram encontradas associações entre Hg-U e sexo, idade, renda familiar, escolaridade, tabagismo, morbidade referida, origem da água e leite consumidos, bem como em relação ao consumo de verduras, frutas e legumes produzidos na região. Mas, na pesquisa coreana, o Hg-S foi significativamente afetado por vários fatores sociodemográficos (sexo, idade e local de residência), estilo de vida (tabaco e álcool) e hábitos alimentares (consumo de peixe). O aumento do Hg sanguíneo foi associado à síndrome metabólica, sugerindo que a exposição ao metal pode aumentar o risco de doenças cardiovasculares ⁴⁶.

Conclusões

Apesar das baixas concentrações de Pb e Hg encontradas, o conhecimento atual sobre a toxicidade desses metais mostra que os efeitos à saúde já podem ser sentidos em níveis antes considerados seguros. Como não se trata de metais essenciais e sem nenhuma função fisiológica, não deveriam estar presentes no organismo humano, o que evidencia uma exposição a esses elementos, mesmo em baixas doses, caracterizando o risco.

O Pb parece ter origem nas queimadas da região, o que mostra a necessidade de nova postura com relação a essa questão, que tem dimensões ambiental, social, econômica e institucional em nível mundial. No caso do Hg, além das queimadas, existem as atividades de mineração e queima de ouro nas lojas, apesar da redução no número de garimpos da área. Desse modo, o metal, conhecido como poluente global pelo seu grande potencial de dispersão, persiste contaminando os moradores da região.

Os resultados obtidos no presente estudo mostram a necessidade de monitoramento ambiental e biológico do Pb e Hg, bem como a adoção de medidas que previnam ou reduzam os impactos negativos dessas exposições na saúde das populações, incluindo as de Poconé e Barão de Melgaço. Ressalta-se que a prevenção proporciona a melhor forma de reduzir o impacto das doenças decorrentes da exposição e que são, portanto, evitáveis.

Colaboradores

L. D. F. Jesus, M. F. R. Moreira, S. V. Azevedo, R. M. Borges, R. A. A. Gomes, F. P. B. Bergamini e L. R. Teixeira participaram da concepção e projeto do artigo, análise e interpretação dos dados, redação e revisão crítica relevante do conteúdo intelectual do artigo e da aprovação final da versão a ser publicada; são responsáveis por todos os aspectos do trabalho na garantia da exatidão e integridade da obra.

Agradecimentos

Ao Vinício de Castro pela intensa participação na coleta de amostras e ao Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz pelo apoio à pesquisa.

Referências

1. Cope WG, Leidy RB, Hodgson E. Classes of toxicants: use classes. In: Hodgson E, editor. *A textbook of modern toxicology*. Hoboken: John Wiley & Sons; 2010. p. 49-74.
2. Khanam S. Heavy metal contamination and health hazards: a review. *Trends Biotechnol Biol Sci* 2014; 1:5-8.
3. U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for lead. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf> (acessado em 14/Mar/2017).
4. Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, Friberg LT, editors. *Handbook on the toxicology of metals*. 3rd Ed. Amsterdam: Academic Press/Elsevier; 2007.
5. Neves EB, Mendonça Junior N, Moreira MFR. Avaliação da exposição a metais numa oficina de recuperação de armamento de uma organização militar. *Ciênc Saúde Coletiva* 2009; 14:2269-80.
6. Organização Pan-Americana da Saúde. *Cooperação técnica entre Brasil, Bolívia e Colômbia: teoria e prática para o fortalecimento da vigilância em saúde de populações expostas a mercúrio*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde; 2011.
7. Brando PM, Balch JK, Nepstad DC, Morton DC, Putz FE, Coe MT, et al. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought-fire interactions. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2014; 111:6347-52.
8. Coutinho AC. *Dinâmica das queimadas no estado do Mato Grosso e suas relações com as atividades antrópicas e a economia local* [Tese de Doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2005.
9. United Nations Environment Programme. *Global Mercury Assessment 2013: sources, emissions, releases and environmental transport*. <http://www.unep.org/PDF/PressReleases/GlobalMercuryAssessment2013.pdf> (acessado em 04/Jun/2017).
10. Ministério do Meio Ambiente. *Biomás*. <http://www.mma.gov.br/biomás/pantanal> (acessado em 02/Dez/2016).
11. Silva AP, Câmara VM, Nascimento OC, Oliveira LJ, Silva EC, Pivetta F, et al. Emissões de mercúrio na queima de amálgama: estudo da contaminação de ar, solos e poeira em domicílios de Poconé, MT. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; 1996. (Série Tecnologia Ambiental, 13).
12. Prefeitura Municipal de Poconé. *Dados econômicos*. <http://www.pmpocone.com.br/home/prefeitura/nossacidade/dadoseconomicos/> (acessado em 29/Nov/2016).
13. Sesc Pantanal. *Institucional – o Sesc Pantanal*. <http://www.sescpantanal.com.br/institucional.aspx> (acessado em 29/Nov/2016).
14. Mattos RCOC, Xavier-Junior EC, Mainenti HRD, Nogueira SM, Carvalho MAR, Moreira MFR, et al. Evaluation of calcium excretion in Brazilian infantile and young population environmentally exposed to lead. *Hum Exp Toxicol* 2009; 28:567-75.
15. Jesus LF, Moreira FR. Impact of exposure to low levels of mercury on the health of dental workers. *Acta Sci Health Sci* 2016; 38:219-29.
16. Moreira FR, Baptista FP, Gomes RA, Mancebo ACA, Souza MCB. A direct method for quantification of lead and cadmium content in biological fluids of the human reproductive system. *Anal Lett* 2012; 45:2823-34.
17. Nisse C, Tagne-Fotso R, Howsam M, Richeval C, Labat L, Leroyer A. Blood and urinary levels of metals and metalloids in the general adult population of Northern France: The IME-POGE study, 2008-2010. *Int J Hyg Environ Health* 2017; 220:341-63.
18. Bocca B, Bena A, Pino A, D'Aversa J, Oreggia M, Farina E, et al. Human biomonitoring of metals in adults living near a waste-to-energy incinerator in ante-operam phase: focus on reference values and health-based assessments. *Environ Res* 2016; 148:338-50.
19. Saravanabhavan G, Werry K, Walker M, Haines D, Malowany M, Khoury C. Human biomonitoring reference values for metals and trace elements in blood and urine derived from the Canadian Health Measures Survey 2007-2013. *Int J Hyg Environ Health* 2017; 220:189-200.
20. Santos AS, Soriano BMA, Comastri Filho JA, Abreu UGP. Cheia e seca no Pantanal: importância do manejo adaptativo das fazendas. Corumbá: Embrapa Pantanal; 2007. (Artigo de Divulgação na Mídia, 120).
21. Tsoi MF, Cheung CL, Cheung TT, Cheung BMY. Continual decrease in blood lead level in Americans: United States National Health Nutrition and Examination Survey 1999-2014. *Am J Med* 2016; 129:1213-8.
22. National Toxicology Program, U.S. Department of Health and Human Services. *NTP monograph on health effects of low-level lead*. https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/lead/final/monographhealtheffectslowlevellead_new_issn_508.pdf (acessado em 02/Jun/2017).
23. U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Case studies in environmental medicine: lead toxicity*. <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=34> (acessado em 02/Jun/2017).

24. Kira CS, Sakuma AM, De Capitani EM, de Freitas CU, Cardoso MR, Gouveia N. Associated factors for higher lead and cadmium blood levels, and reference values derived from general population of São Paulo, Brazil. *Sci Total Environ* 2016; 543:628-35.
25. Kuno R, Roquetti MH, Becker K, Seiwert M, Gouveia N. Reference values for lead, cadmium and mercury in the blood of adults from the metropolitan area of Sao Paulo, Brazil. *Int J Hyg Environ Health* 2013; 216:243-9.
26. Paoliello MMB, Gutierrez PR, Turini CA, Matsuo T, Mezzaroba L, Barbosa DS, et al. Valores de referência para plumbemia em uma população urbana do Sul do Brasil. *Rev Panam Salud Pública* 2001; 9:315-9.
27. Pinto ABL, Rossetto OC. Impactos ambientais ocasionados pela pecuária bovina no pantanal Mato-Grossense. In: Pires HF, Gonçalves CU, Charles CF, organizadores. *Anais do XVII Encontro Nacional de Geógrafos*. <http://eng2012.agb.org.br/phocadownload/userupload/96dabeddc2/ARTIGO%20ENG%20COMPLETO.pdf> (acessado em 09/Fev/2017).
28. Couto EG, Chig LA, Cunha CN, Loureiro MF. Estudo sobre o impacto do fogo na disponibilidade de nutrientes, no banco de sementes e na biota de solos da RPPN SESC Pantanal. Rio de Janeiro: SESC – Departamento Nacional; 2006. (Conhecendo o Pantanal, 2).
29. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa Queimadas – monitoramento dos focos ativos por bioma. https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/estatistica_estados (acessado em 02/Jun/2017).
30. Ribeiro H, Assunção JV. Efeitos das queimadas na saúde humana. *Estud Av* 2002; 16:125-48.
31. Odigie KO, Khanis E, Hibdon AS, Jana P, Araneda A, Urrutia R, et al. Remobilization of trace elements by forest fire in Patagonia, Chile. *Reg Environ Change* 2016; 16:1089-96.
32. Moreira MFR, Neves EB. Uso do chumbo em urina como indicador de exposição e sua relação com chumbo no sangue. *Cad Saúde Pública* 2008; 24:2151-9.
33. Jigam AA, Dauda BEN, Jimoh T, Yusuf HN, Umar ZT. Determination of copper, zinc, lead and some biochemical parameters in fresh cow milk from different locations in Niger State, Nigeria. *Afr J Food Sci* 2011; 5:156-60.
34. Alani MS, Al-Azzawi MN. Assessment of lead, cadmium and copper concentrations in raw milk collected from different location in Iraq. *Iraqi J Sci* 2015; 56:350-5.
35. Hoque MA, Butler AP. Medical hydrogeology of Asian deltas: status of groundwater toxicants and nutrients, and implications for human health. *Int J Environ Res Public Health* 2015; 13:81.
36. Sanders AP, Desrosiers TA, Warren JL, Herring AH, Enright D, Olshan AF, et al. Association between arsenic, cadmium, manganese, and lead levels in private wells and birth defects prevalence in North Carolina: a semi-ecologic study. *BMC Public Health* 2014; 14:955.
37. Dwivedi AK, Vankar PS. Source identification study of heavy metal contamination in the industrial hub of Unnao, India. *Environ Monit Assess* 2014; 186:3531-9.
38. Nunes JA, Batista BL, Rodrigues JL, Caldas NM, Neto JA, Barbosa Jr. F. A simple method based on ICP-MS for estimation of background levels of arsenic, cadmium, copper, manganese, nickel, lead, and selenium in blood of the Brazilian population. *J Toxicol Environ Health A* 2010; 73:878-87.
39. Lim HS, Lee HH, Kim TH, Lee BR. Relationship between heavy metal exposure and bone mineral density in Korean adult. *J Bone Metab* 2016; 23:223-31.
40. Câmara VM, Silva AP, Pivetta F, Perez MA, Lima MIM, Filhote MIF, et al. Estudo dos níveis de exposição e efeitos à saúde por mercúrio metálico em uma população urbana de Poconé, Mato Grosso, Brasil. *Cad Saúde Pública* 1996; 12:69-77.
41. Cryderman D, Letourneau L, Miller F, Basu N. An ecological and human biomonitoring investigation of mercury contamination at the Aamjiwnaang First Nation. *EcoHealth* 2016; 13:784-95.
42. Kuno R. Avaliação da contaminação por mercúrio em peixes do Alto Pantanal-Mato Grosso-Brasil [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2003.
43. Ha E, Basu N, Bose-O'Reilly S, Dórea JG, McSorley E, Sakamoto M, Chan HM. Current progress on understanding the impact of mercury on human health. *Environ Res* 2017; 152:419-33.
44. Driscoll CT, Mason RP, Chan HM, Jacob DJ, Pirrone N. Mercury as a global pollutant: sources, pathways, and effects. *Environ Sci Technol* 2013; 47:4967-83.
45. Hiroshi Y, Toshie Y, Kazuya Y, Tomiko I, Toyoharu T. Relationship between body mass index and minerals in male Japanese adults. *Biomedical Research on Trace Elements* 2006; 17:316-21.
46. Eom SY, Choi SH, Ahn SJ, Kim DK, Kim DW, Lim JA, et al. Reference levels of blood mercury and association with metabolic syndrome in Korean adults. *Int Arch Occup Environ Health* 2014; 87:501-13.
47. Barbosa AC, Jardim W, Dórea JG, Fosberg B, Souza J. Hair mercury speciation as a function of gender, age, and body mass index in inhabitants of the Negro River basin, Amazon, Brazil. *Arch Environ Contam Toxicol* 2001; 40:439-44.

Abstract

The objective was to assess the level of exposure to lead and mercury in a population in the Pantanal region in Mato Grosso State, Brazil. Blood lead (PbB) ($n = 119$) and urinary mercury (HgU) ($n = 109$) in local residents were measured by atomic absorption spectrometry. Comparison of means and correlations between variables used analysis of variance (ANOVA) and linear regression, respectively, with 95% confidence intervals. Mean PbB was $2.82 \pm 1.53 \mu\text{g dL}^{-1}$. The comparison of PbB stratified by collection site ($p \leq 0.01$), work activity ($p \leq 0.01$), and consumption of locally produced cow's milk ($p \leq 0.05$) showed statistically significant differences. There were also positive associations between PbB and collection site ($p \leq 0.01$), participants' profession ($p \leq 0.05$), local milk ($p \leq 0.01$), and source of drinking water ($p \leq 0.01$). Mean HgU was $1.41 \pm 0.98 \mu\text{g L}^{-1}$. The levels only showed significant differences for participants' profession ($p \leq 0.01$), and positive associations emerged between HgU and work activity ($p \leq 0.01$) and body mass index ($p \leq 0.01$). The samples showed low lead and mercury levels, similar to those found in other environmentally exposed populations. Despite these low concentrations, current knowledge on the toxicity of these metals shows that health effects can already be felt at levels that were previously considered safe, thus characterizing a health hazard.

Lead; Mercury; Environmental Exposure

Resumen

El objetivo fue evaluar el nivel de exposición al plomo y mercurio en una población del Pantanal Mato-grossense, Brasil. El plomo en sangre (Pb-S) ($n = 119$) y mercurio en la orina (Hg-U) ($n = 109$) de los habitantes de esa región se determinó por espectrometría de absorción atómica. La comparación de medias y la correlación entre las variables utilizaron el test ANOVA y la regresión lineal, respectivamente, con un 95% de confianza. Pb-S medio fue $2,82 \pm 1,53 \mu\text{g dL}^{-1}$. La comparación de Pb-S estratificado por lugar de recogida ($p \leq 0,01$), actividad laboral ($p \leq 0,01$) y consumo de leche que se produjo en la región ($p \leq 0,05$) mostró diferencias estadísticamente significativas. También hubo asociaciones positivas entre Pb-S y el lugar de recogida ($p \leq 0,01$), profesión de los participantes ($p \leq 0,05$), consumo de leche de la región ($p \leq 0,01$) y origen del agua de consumo ($p \leq 0,01$). La media de Hg-U fue $1,41 \pm 0,98 \mu\text{g L}^{-1}$. Los porcentajes mostraron diferencias significativas sólo respecto a la profesión de los participantes ($p \leq 0,01$), y las asociaciones positivas surgieron entre Hg-U y la actividad profesional ($p \leq 0,01$), así como índice de masa corporal de los sujetos de estudio ($p \leq 0,01$). Las muestras presentaron bajos niveles de plomo y mercurio, semejantes a aquellos encontrados en poblaciones también expuestas ambientalmente. A pesar de esas bajas concentraciones, el conocimiento actual sobre toxicidad de estos metales muestra que los efectos sobre la salud, ya pueden ser apreciados en niveles antes considerados seguros, lo que caracteriza el peligro.

Plomo; Mercurio; Exposición a Riesgos Ambientales

Recebido em 03/Mar/2017

Versão final reapresentada em 22/Jun/2017

Aprovado em 17/Jul/2017