

Plumbemia em trabalhadores da indústria de reciclagem de baterias automotivas da Grande Porto Alegre, RS

Primeira submissão em 08/07/08
Última submissão em 20/12/08
Aceito para publicação em 20/12/08
Publicado em 20/12/08

Blood lead levels in the battery recycling industry of the metropolitan region of Porto Alegre, RS

Renato Minozzo¹; Edson Leandro Minozzo²; Luiz Irineu Deimling³; Renato Santos-Mello³

| unitermos | resumo |
|------------------------|--|
| Chumbo | A reciclagem de baterias pode contaminar o ar, o solo e a água, não só no lugar de processamento, mas também nas regiões circunvizinhas, sendo que os resíduos permanecem no local mesmo após o término da atividade. No presente artigo descrevemos os resultados da avaliação da plumbemia em 53 operários que trabalhavam com reciclagem de baterias automotivas e em 53 indivíduos sem história de exposição. Os dados obtidos foram comparados e discutidos em relação às normas do Ministério do Trabalho (MT) e da Occupational Safety and Health Administration (OSHA). A plumbemia no sangue do grupo controle foi de $2,44 \pm 1,15$ $\mu\text{g}/\text{dl}$ e, no grupo exposto, de $59,43 \pm 28,34$ $\mu\text{g}/\text{dl}$, sendo que 79,2% dos indivíduos mostraram níveis acima do valor de referência (até 40 $\mu\text{g}/\text{dl}$). Estudos recentes recomendam estratégias para prevenir a intoxicação com chumbo: identificação, eliminação ou controle da fonte, monitoração da exposição e respectivos danos e um programa de recompra de baterias usadas das por parte da indústria de origem. |
| Plumbemia | |
| Exposição ocupacional | |
| Intoxicação por chumbo | |

| abstract | key words |
|--|---|
| <i>Battery recycling may contaminate soil, air and water not only at the processing site but also in the neighboring areas, inasmuch as the residues remain at the site even after the end of the activity. In the present article, we describe the results of plumbism evaluation in 53 individuals that work with car battery recycling and 53 individuals without history of lead exposure. The obtained data were compared and discussed according to the regulations of Brazilian Ministry of Labor and OSHA (Occupational Safety and Health Administration). Blood lead levels in the control group were 2.44 ± 1.15 $\mu\text{g}/\text{dl}$ and 59.43 ± 28.34 $\mu\text{g}/\text{dl}$ in the exposed group. 79.2 % of the individuals presented levels above the reference value (40 $\mu\text{g}/\text{dl}$). Recent studies recommend strategies to prevent lead intoxication: source identification, control or elimination, monitoring of environmental exposure and hazards and a buy-back program of used batteries by the industry of origin.</i> | <p>Lead</p> <p>Plumbism</p> <p>Occupational exposure</p> <p>Lead intoxication</p> |

1. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Genética e Toxicologia Aplicada da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA).

2. Professor do Centro Universitário La Salle.

3. Laboratório de Mutagênese; Programa de Pós-Graduação em Genética e Toxicologia Aplicada da ULBRA.

Introdução

O chumbo, um elemento abundante na natureza, foi muito utilizado na antiguidade para revestir encanamentos de água, fabricação de objetos de adorno, transporte e armazenamento de alimentos. Atualmente, pode ser encontrado em grande número de produtos: baterias, latão e bronze, radiadores, soldas, cabos, tintas e corantes, cerâmicas, munição, gráfica etc.

O chumbo pode induzir toxicidade hematológica. Altos níveis de chumbo estão relacionados à diminuição da síntese do grupo heme, como resultado da inibição das enzimas ácido delta-aminolevulínico sintase (ALA), delta-aminolevulínico desidratase (ALA-D), coproporfirinogênio descarboxilase e ferroquelatase, e pela diminuição do tempo de meia-vida dos eritrócitos⁽¹⁾. A exposição ao chumbo pode, também, estar relacionada à toxicidade neurológica, renal e reprodutiva⁽²⁾, além da ação carcinogênica⁽³⁾.

A abordagem tradicional para a prevenção da intoxicação com chumbo, geralmente, só tem lugar após a exposição ter ocorrido. O tratamento médico mais eficaz é a quelação, indicado para o tratamento de pessoas com altos níveis de contaminação. No entanto, a quelação, que nem sempre se encontra disponível, mostra pouca eficiência na redução das seqüelas^(4,5). A melhor solução é a remoção das fontes de contaminação, evitando a exposição. Meyer *et al.*⁽⁶⁾ recomendam três estratégias capazes de prevenir a intoxicação com chumbo: identificação da fonte, eliminação ou controle da fonte e monitoração das exposições ocupacionais e dos respectivos danos.

Em caso de exposição, o chumbo pode penetrar no organismo através dos tratos gastrointestinal e respiratório (inalação de vapores, poeiras ou névoas). Aproximadamente 35% a 50% do chumbo inalado atinge o sangue, onde se liga avidamente aos eritrócitos. Por volta de quatro a seis semanas é distribuído, por afinidade específica, a tecidos como fígado, rins, cérebro, ossos e dentes⁽⁶⁾. A similaridade biofísica com o cálcio explica sua preferência pelo tecido ósseo⁽⁷⁾. Sabe-se que em adultos, 90% do chumbo pode ser armazenado nos ossos, onde pode permanecer por décadas e induzir efeitos adversos à saúde muitos anos após a exposição⁽⁸⁾. A associação entre função cognitiva e níveis de chumbo nos ossos de indivíduos da terceira idade mostrou ser mais consistente do que quando a comparação foi realizada em relação aos níveis de chumbo no sangue⁽⁹⁾. Sabe-se, também, que durante a gestação a mulher pode mobilizar o chumbo acumulado nos ossos como uma fonte

endógena de exposição no decorrer do desenvolvimento do feto⁽¹⁰⁻¹²⁾. Estudo demonstra que a exposição pré-natal está associada ao desenvolvimento cognitivo da criança⁽⁶⁾.

O organismo não possui um processo ativo para eliminação do chumbo, que é realizada através do trato biliar, gastrointestinal e filtração renal^(13,14).

Os mecanismos da toxicidade induzida pelo chumbo, que afeta praticamente todos os órgãos e sistemas, envolvem processos bioquímicos que podem ser divididos em três grupos. O primeiro está relacionado à sua ligação com vários doadores de elétrons, particularmente a grupos sulfídricos. Estas ligações induzem alterações nas proteínas, principalmente na ação enzimática. O segundo é resultante da semelhança biofísica com o cálcio, o que permite o acesso a locais críticos da célula, como as mitocôndrias. Por fim, o chumbo parece afetar os ácidos nucléicos e induzir aberrações cromossômicas através de mecanismos ainda não definidos^(7,15,16).

Estudos demonstram que o chumbo pode causar danos à saúde, mesmo dentro dos limites considerados legais. Cordeiro *et al.*^(6,17), estudando trabalhadores expostos ao chumbo com os níveis dentro dos limites legais brasileiros, detectaram sinais de comprometimento da memória, do humor, e da coordenação motora. Em outro estudo, em neuropatia periférica, estes mesmos autores⁽¹⁸⁾ encontraram sinais de comprometimento dos nervos radiais.

Embora corresponda apenas a exposições recentes, a concentração sanguínea de chumbo é o indicador biológico mais comum na avaliação da intoxicação profissional, bem como no acompanhamento dos trabalhadores já intoxicados⁽¹⁹⁾. Não representando a concentração corporal, a concentração sanguínea de chumbo não expressa relação com os possíveis danos biológicos e não permite a avaliação das variações individuais de resposta à intoxicação⁽¹⁶⁾.

No Brasil, apesar do chumbo ter sido retirado da gasolina e a maioria das minas de extração ter sido desativada, boa parte da contaminação ambiental dada pelo chumbo continua a ser mantida através do grande número de pequenas indústrias de reciclagem de baterias que, geralmente, funcionam próximas a residências, constituindo uma fonte de exposição em áreas urbanas⁽²⁰⁾. A maioria dos operários trabalha irregularmente neste processo de reciclagem, de modo que a magnitude do problema não se encontra documentada.

Desde 1983, através do Anexo II da Norma Regulamentadora nº 7, o Ministério do Trabalho definiu 40 µg/dl de chumbo no sangue como valor de referência e 60 µg/dl,

como o Limite de Tolerância Biológica (LTB). Posteriormente, o Ministério do Trabalho complementou a Norma Regulamentadora nº 7, por intermédio da Portaria nº 24, publicada em dezembro de 1994, mantendo inalterado o LTB para o chumbo. Nesta Portaria, o termo limite de tolerância biológica foi substituído por Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP)⁽²¹⁾. No entanto, inúmeros artigos descrevem danos à saúde de indivíduos portadores de níveis sanguíneos de chumbo abaixo dos teores aceitos pela Norma Regulamentadora nº 7^(6,17-20).

No presente artigo, descrevemos os estudos realizados em operários expostos ocupacionalmente ao chumbo que trabalhavam com reciclagem de baterias automotivas na região metropolitana de Porto Alegre e em um grupo de indivíduos não expostos.

Materiais e métodos

Foram estudados 53 trabalhadores do sexo masculino, de idade entre 18 e 55 anos, que trabalhavam na indústria e reciclagem de baterias automotivas de 11 micro-empresas na grande Porto Alegre. O grupo controle foi constituído de 53 indivíduos saudáveis do sexo masculino, também com idades entre 18 e 55 anos e sem história de exposição ao metal. As amostras e determinações foram realizadas entre 2006 e 2007.

Para a determinação da concentração de chumbo, foram coletados 5 ml de sangue venoso em tubos de

Vaccunteiner (rolha azul com heparina e livre de metais), os quais eram armazenados em temperatura refrigerada (2 a 4°C) até o momento da análise, realizada no mesmo dia da coleta.

Os teores de chumbo no sangue foram determinados pelo método de espectrofotometria de absorção atômica, utilizando equipamento Perkin Elmer, modelo 4110 ZEEMAN-SIMAA⁽²²⁾.

A análise estatística dos dados foi realizada através do teste não-paramétrico de Mann-Whitney⁽²³⁾, usando o programa SPSS 13.0.

O projeto referente ao presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) e os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Resultados

A **Tabela 1** mostra que os operários expostos apresentam níveis significativamente maiores de chumbo no sangue do que os encontrados no grupo controle. No entanto, em relação ao fator idade, não foram encontradas diferenças significativas entre os dois grupos estudados.

Na **Figura**, podemos verificar que apenas 20,8% dos operários expostos ocupacionalmente ao chumbo enquadram-se dentro do valor de referência (até 40 µg/dl) e que 43,4 % apresentam valores acima do IBPM⁽²¹⁾.

Tabela 1 Valores de chumbo no sangue, idade e tempo de trabalho dos operários expostos e do grupo-controle

| | Controle | Expostos | Teste de Mann-Whitney | |
|---------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------|--------------|
| | | | Valores de Z | Valores de p |
| Número de indivíduos | 53 | 53 | - | - |
| Idade (anos) (média ± DP) | 33,07 ± 11,68 | 36,00 ± 10,52 | - 1,616 | 0,106 |
| Tempo de trabalho (anos) (média ± DP) | - | 9,80 ± 11,07 | - | - |
| Chumbo (µg/dl) (média ± DP) | 2,44 ± 1,15 | 59,43 ± 28,34 | - 8,877 | < 0,001* |

*Significativo ao nível de 0,05 de significância (teste bilateral).
DP: desvio padrão.

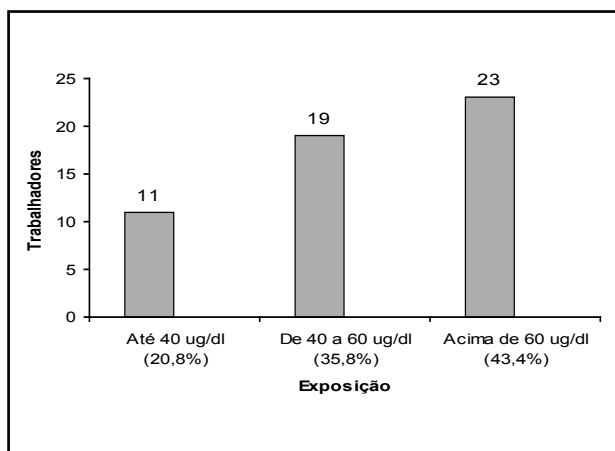


Figura – Distribuição dos trabalhadores de acordo com valores de chumbo no sangue.

A **Tabela 2** mostra a distribuição dos 53 trabalhadores estudados em relação aos procedimentos que deveriam ter sido tomados de acordo com critérios estabelecidos pela OSHA⁽²⁴⁾.

fica-se que todos os indivíduos do grupo controle enquadram-se abaixo do valor de referência (até 40 µg/dl). No grupo constituído por trabalhadores expostos ao chumbo, 79,2 % dos indivíduos mostraram níveis acima do valor de referência (35,8 % com valores entre 40 µg/dl e 60 µg/dl e 43,4 % com valores acima de 60 µg/dl).

De acordo com os critérios da OSHA⁽²⁴⁾, como podem ser observados na Tabela 2, 96,8% dos trabalhadores estudados deveriam receber algum tipo de cuidado, que inclui desde o afastamento da exposição até o tratamento medicamentoso. Entretanto, considerando a deficiência de fiscalização e a informalidade profissional adotada pela maioria dos trabalhadores expostos, raramente algum tipo de providência tem sido tomada.

Embora até o momento o Pb sanguíneo constitua o melhor sensor de exposição disponível, vale lembrar que a medida de chumbo no sangue reflete apenas a exposição recente, podendo variar dentro de um curto espaço de tempo e que mais de 90% do conteúdo de chumbo em adultos é armazenada nos ossos, onde pode permanecer por décadas⁽²⁵⁾ e, posteriormente, ser liberada no sangue⁽⁸⁻¹²⁾. É

Tabela 2

Classificação dos trabalhadores expostos ao chumbo e as respectivas providências que deveriam ter sido tomadas de acordo com a OSHA

| Valores de chumbo | No de indivíduos (%) | Providências |
|-------------------|----------------------|--|
| < 10 µg/dl | 0 (0%) | Informar ao trabalhador |
| 10 a 24 µg/dl | 2 (3,8%) | Investigar as atividades para minimizar a exposição |
| 25 a 49 µg/dl | 21 (39,6%) | Afastar da exposição e verificar a associação com sintomas |
| 50 a 79 µg/dl | 21 (39,6%) | Afastar da exposição, fazer uma avaliação clínica criteriosa e verificar necessidade de tratamento |
| > 80 µg/dl | 9 (17%) | Considera-se intoxicação, grande possibilidades de tratamento medicamentoso |

Discussão

Os resultados deste estudo mostram que o grupo de operários expostos apresenta um nível de chumbo no sangue ($59,43 \pm 28,34$ µg/dl) significativamente maior do que o encontrado no grupo controle ($2,44 \pm 1,15$ µg/dl). Não foram encontradas diferenças significativas quanto às idades dos dois grupos estudados. Baseado nos valores de chumbo no sangue estabelecidos pelo Anexo II da Norma Regulamentadora nº 7 e pela Portaria nº 24/1994⁽²¹⁾, veri-

o que acontece, por exemplo, durante a gestação, quando o chumbo existente nos ossos da mãe é mobilizado e pode agir como uma fonte endógena de exposição em relação ao feto em desenvolvimento⁽¹⁰⁾. Também é conhecido que o chumbo armazenado nos ossos de adultos pode resultar em efeitos adversos a saúde, mesmo vários anos após a exposição⁽⁶⁾. Em artigo recente, Shih *et al.*⁽¹⁰⁾ descrevem em adultos uma associação entre a função cognitiva e os níveis de chumbo nos ossos consistentemente maiores do que quando a mesma comparação foi realizada em relação ao conteúdo de chumbo do sangue.

As oficinas de reciclagem de baterias automotivas, principalmente as informais, operam, geralmente, na própria casa do trabalhador ou em região próxima a residências⁽²⁶⁻²⁸⁾. Desta forma, além de contaminar o trabalhador, esta operação pode contaminar o meio ambiente, inclusive os alimentos de consumo humano, constituindo uma fonte de exposição significativa para os membros das famílias residentes na região, particularmente para as crianças. Evitar a exposição ao chumbo é a medida mais eficiente em termos de proteção. No entanto, na maioria dos casos, medidas somente são tomadas após a exposição ter ocorrido. O tratamento através da quelação pode ser utilizado em casos com manifestações clínicas ou indícios de toxicidade. Esta terapia reduz o teor de chumbo no sangue, no fígado e nos rins, mas não remove a maior parte, que se encontra nos ossos. Entretanto, após a quelação, o chumbo armazenado nos ossos pode ser liberado, ocasionando um novo aumento do nível deste metal no sangue e nos tecidos moles⁽²⁹⁾. Além disso, a quelação mostra pouca eficiência na redução das seqüelas já instaladas no paciente.

Alguns autores sugerem a redução do limite de tolerância^(30,31). No entanto, acredita-se que o problema somente será equacionado através de medidas como as propostas por Meyer *et al.*, que implicam nas seguintes estratégias: identificação, eliminação ou controle da fonte de contaminação e monitoração da exposição ocupacional e dos respectivos danos⁽⁶⁾.

Conclusão

Nossos resultados demonstram a presença de altos níveis de chumbo no sangue de operários que trabalhavam com reciclagem de baterias automotivas, reforçando os achados de outros autores^(20, 30, 32-34). Embora não tenha sido determinado, é grande a probabilidade de acúmulo de chumbo nos ossos da maioria dos operários estudados, que podem acarretar danos à saúde, com manifestação a médio e longo prazos. É necessário, também, ponderar que a reciclagem de baterias, muitas vezes realizada de modo clandestino em região urbana, contamina o ar, o solo e a água, não só no lugar de processamento, mas também nas regiões circunvizinhas, sendo que os resíduos permanecem no local mesmo após o término da atividade.

Considerando que os tratamentos usados nos casos de intoxicação, como a quelação, não são completamente eficazes, acredita-se que a aplicação da proposta de Meyer *et al.*⁽⁶⁾ é a forma mais eficiente de equacionar o problema, uma vez que as medidas empregadas atualmente são paliativas e ineficazes. Um programa de recompra das baterias usadas pela indústria de origem poderia contribuir com o controle da contaminação do ambiente e dos operários, que, geralmente, utilizam procedimentos indevidos no processo de reciclagem e, muitas vezes, exercem o ofício de modo clandestino.

Referências

1. HENRETIG, M. F. *Lead, Goldfrank's Toxicology Emergencies*. 7. ed. McGraw-Hill; 2002. cap. 80.
2. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, TOXICOLOGICAL PROFILE FOR LEAD. *Department of Health and Human Services*. 1999 Atlanta, US.
3. STEENLAND, K.; SELEVAN, S.; LANDRIGAN, P. The mortality of lead smelter workers: an update. *Am J Public Health*, v. 82, p. 1641-44, 1992.
4. ROGAN, W. J. *et al.* The effect of chelation therapy with succimer on neuropsychological development in children exposed to lead. *N Engl J Med*, v. 344, p. 1421-6, 2001.
5. DIETRICH, K. N. *et al.* Effect of chelation therapy on the neuropsychological and behavioral development of lead-exposed children after school entry. *Pediatrics*, v. 114, p. 19-26, 2004.
6. MEYER, P. A.; BROWN, M. J.; FALK, H. *Global approach to reducing lead exposure and poisoning, mutation research*. In press. 2008.
7. DEROOS, F. F. Smelters and metal reclaimers. In: GREENBERG, M.I. (ed.). *Occupational, industrial and environmental toxicology*. Mosby, p. 291-301, 1977.
8. SCHROEDER, H. A.; TIPTON, T. H. The human body burden of lead. *Arch Environ Health*, v. 17, p. 965-78, 1968.
9. SHIH, R. A. *et al.* Cumulative lead dose and cognitive function in adults: a review of studies that measured both blood lead and bone lead. *Environ Health Perspect*, v. 115, p. 483-92, 2007.
10. BELLINGER, D. C. Teratogen update: lead and pregnancy. *Birth Defects Res*, v. 73, p. 409-20, 2005.
11. GULSON, K. J.; MIZON, M. J. *et al.* Mobilization of lead from human bone tissue during pregnancy and lactation: a summary of long-term research. *Sci Total Environ*, v. 303, p. 79-104, 2003.
12. MATON, C. R.; ANGLE, K. L. *et al.* Release of lead from bone in pregnancy and lactation. *Environ Res*, v. 92, p. 139-51, 2003.
13. NOKZAKI, K. Method for studies on inhaled particles in human respiratory system and retention of lead fume.

- Ind Health*, v. 4, p. 118-28, 1966.
14. PHILIP, A. T.; GERSON, B. Lead poisoning, part I: incidence, etiology, and toxicokinetics. *Clin Lab Med*, v. 14, p. 422-44, 1994.
 15. PALUS, J. et al. Genotoxic effects of occupational exposure to lead and cadmium. *Mutat Res*, v. 540, p. 9-280, 2003.
 16. MINOZZO, R. et al. Micronuclei in peripheral blood lymphocytes of workers exposed to lead. *Mutat Res*, v. 565, p. 53-60, 2004.
 17. CORDEIRO, R. et al. Distúrbios neurológicos em trabalhadores com baixos níveis de chumbo no sangue. II Disfunções neurocomportamentais. *Rev Saúde Pública*, v. 30, n. 4, p. 455-63, 1996a.
 18. CORDEIRO, R.; LIMA FILHO, E. C.; SALGADO, P. E. T. Distúrbios neurológicos em trabalhadores com baixos níveis de chumbo no sangue. I Neuropatia periférica. *Rev Saúde Pública*, v. 30, n. 3, p. 248-55, 1996b.
 19. FISCHER, A. B. et al. Health risk for children from lead and cadmium near a non-ferrous smelter in Bulgaria. *Int J Hyg Environ Health*, v. 206, p. 25-38, 2003.
 20. PAOLIELLO, M. M. B.; DE CAPITANI, E. M. Environmental contamination and human exposure to lead in Brazil. *Reviews of Environ Contam and Toxicol*, v. 184, p. 59-96, 2005.
 21. MINISTÉRIO DO TRABALHO. Norma Regulamentadora nº 7. In: PIMENTA, A.; LE CAPISTRANO, F. (orgs.). *Saúde do trabalhador*. São Paulo: Hucitec; 1988. p. 144-52.
 22. BOSNAK C.P. et al. Graphite furnace analysis of Pb in blood using continuum source background correction. *Atomic Spectroscopy*, v. 14, n. 3, p. 80-2, 1993.
 23. SIEGEL, S. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. New York: McGraw-Hill; 1956.
 24. OSHA – Occupational Safety and Health Administration. Disponível em: <<http://www.osha.gov>>. Acesso em: 30 maio 2008.
 25. SILVA, P. E. Determination of lead in plasma and studies on its relationship to lead in erythrocytes. *Br J Ind Med*, v. 38, p. 209-17, 1981.
 26. KOPLAN, J. P. et al. Lead absorption in a community of potters in Barbados. *Int J Epidemiol*, v. 6, p. 225-9, 1977.
 27. KAWAI, M. et al. Home lead work as a potential source of lead exposure for children. *Int Arch Occup Environ Health*, v. 53, p. 37-46, 1983.
 28. MATTE, T. D. et al. Lead exposure from conventional and cottage lead smelting in Jamaica. *Arch Environ Contam Toxicol*, v. 21, p. 65-71, 1991.
 29. SILVEIRA, A. M.; MARINE, R. L. A avaliação da experiência do ambulatório de doenças profissionais do Hospital das Clínicas da UFMG no tratamento dos trabalhadores com saturnismo. *Rev Bras Saúde Ocupacional*, [S.l.], v. 74, n. 7, 1991.
 30. CORDEIRO, R.; LIMA FILHO, E. C. A inadequação dos valores dos limites de tolerância biológica para a prevenção da intoxicação profissional pelo chumbo no Brasil. *Caderno Saúde Pública*, v. 11, n. 2, p. 177-86, 1995.
 31. CORDEIRO, R.; LIMA FILHO, E. C.; SALGADO, P. E. T. Reajustando o limite de tolerância biológica aplicado à plumbemia no Brasil. *Cad Saúde Pública*, v. 12, n. 4, p. 358-63, 1996.
 32. OKADA, I. A. et al. Evaluation of lead and cadmium levels in milk due to environmental contamination in the Paraíba Valley region of Southeastern Brazil. *Rev Saúde Pública*, v. 31, n. 2, p. 140-3, 1997.
 33. SCORSAFAVA, M. A. Concentrações sanguíneas de metais pesados e praguicidas organoclorados em crianças de 1 a 10 anos. *Rev Saúde Pública*, v. 27, n. 1, p. 59-67, 1993.
 34. QUITÉRIO, S. L. et al. Use of dust and air as indicators of environmental pollution in areas adjacent to a source of stationary lead emission. *Cad Saúde Pública*, v.17, n. 3, p. 501-8, 2001.

Endereço para correspondência

Renato Minozzo
 Rua Brasil, 1.169/503 – Centro
 CEP 92310-150 – Canoas-RS
 Tel.: (51) 3466-4786
 e-mail: minozzo@feevale.br