

***ANALISE GEOESTATÍSTICA E PADRÕES ESPACIAIS DOS NÍVEIS DE CHUMBO
NO SANGUE DE ESCOLARES DE RIBEIRÃO PRETO - SP***

*GEOSTATISTIC ANALYSIS AND SPACIAL PATTERNS AT BLOOD LEAD LEVELS IN SCHOOLCHILDREN
FROM RIBEIRÃO PRETO - SP*

Elisangela Aparecida da Silva Lizzi¹

¹*Doutoranda em Saúde- Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP.*

**Intenção de submeter ao Journal of Pediatrics*

Resumo

A distribuição espacial dos níveis de chumbo no sangue de escolares foram estudadas utilizando geoestatística. Utilizou-se dados dos níveis de chumbo destes escolares e com o uso de geocodificação dos respectivos domicílios criou-se mapas, que auxiliem no estudo dessa exposição e entendimento dos seu padrão espacial em uma área de Ribeirão Preto-SP.

Métodos: Trata-se de um estudo descritivo-exploratório, a amostra é de 155 escolares (61 meninos/94 meninas), de 7 a 10 anos de idade, de quatro escolas públicas de Ribeirão Preto – SP, provindos de uma mesma região com histórico de intoxicação por chumbo. Os níveis de chumbo no sangue (PbB) foram mensurados em estudo prévio, sendo considerado normal os valores menores que 2.0 µg/dl. Utilizou análise geoestatística clássica e a abordagem bayesiana. Para construir a distribuição espacial utilizaram-se tecnologias como o GPS e o Google Maps API, e os modelos geoestatísticos foram obtidos pelo R com o auxílio do pacote geoR. **Resultados:** Evidenciou-se o padrão espacial e pode-se visualizar o local com maior nível de chumbo com o que se tem fontes de exposição de metais pesados como fábrica de baterias de carro, ferro velho/ sucata, serralheria e oficinas de carro. **Conclusões:** A proximidade dos domicílios de possíveis fontes de intoxicação por chumbo, evidenciou uma associação com os níveis de chumbo no sangue. Há a necessidade de localizar essas fontes, subsidiando, assim, os órgãos competentes nas ações de controle necessárias.

Palavras-chave: exposição ambiental; criança; sangue; intoxicação por chumbo; toxicologia; geoestatística.

Abstract

The spatial distribution of lead in the blood of children were studied using geostatistics. We used data from the lead levels of school and using geocoding their homes was created maps, to assist in the study of this exposure and understanding of their spatial pattern in an area of Ribeirão Preto.

Methods: This was a descriptive exploratory study, the sample of 155 schoolchildren (61 meninos/94 girls), 7 to 10 years old, from four public schools in Ribeirão Preto - SP, coming from the same region with history of lead poisoning. Levels of lead in blood (PbB) were measured in a previous study, being considered normal a cut-off level values less than 2.0 g / dl. Used geostatistical analysis and Bayesian approach to construct the spatial distribution were used technologies like GPS and Google Maps API, and geostatistical models were obtained by R with the aid package geoR. **Results:** The study showed that the spatial pattern and you can view the site with the highest lead level with what we have sources of exposure to heavy metals such as factory car batteries, scrap / junk, locksmiths and car workshops.

Conclusions: The proximity of the homes of possible sources of lead poisoning, showed an association with blood lead levels. There is a need to locate these sources, supporting thus the competent bodies in the control actions necessary.

Keywords: environmental exposure; children; blood; lead poisoning; toxicology; geostatistics.

1. Introdução

O chumbo (Pb) constitui um metal abundante na crosta terrestre, estando amplamente distribuído e sendo encontrado livre e em associação com outros elementos.¹ Não apresenta função fisiológica conhecida sobre o organismo de seres humanos e animais, sendo as crianças mais vulneráveis a esse metal, cuja intoxicação apresenta maior frequência e gravidade nos neonatos e em crianças menores de dez anos, em função dos maiores níveis de absorção e da imaturidade do organismo, quando comparados aos adultos.^{2,3}

De maneira geral, ele é absorvido pelo trato gastrointestinal, mas pode, também, ocorrer por via respiratória, quando a criança mora em locais específicos, como regiões industriais ou de incineração. No trato gastrointestinal, a absorção é mais dependente do *status* nutricional – especialmente dos níveis de cálcio, ferro, fósforo e proteína – do que da solubilidade dos componentes desse metal, em razão de o pH do estômago ser muito baixo. Uma vez absorvido, o chumbo é distribuído no sangue (meia-vida: 37 dias), nos tecidos moles – rim, medula óssea, fígado e cérebro – (meia-vida: 40 dias) e nos tecidos mineralizados, como cabelo, dente, unhas e, principalmente, ossos (meia-vida: 27 anos); esse último, o tecido ósseo, é aquele em que o metal mais se deposita, representando 90 a 95% do chumbo presente no corpo.^{2,3,4}

A exposição a esse agente neurotóxico pode ocasionar diversas consequências neuropsicológicas desde o nascimento (57,4% do chumbo presente no sangue materno passa para o feto através da placenta) até a adolescência. Dentre essas consequências, por exemplo, figuram os problemas cognitivos, que têm sido muito investigados pela comunidade científica no que diz respeito aos níveis de exposição necessários para a ocorrência dessas alterações.^{5,6} Atualmente, as agências de saúde e de fiscalização ambiental têm estabelecido os níveis máximos permitidos de exposição a esse metal, os quais vêm mudando, constantemente; desde 1990, espera-se que esse nível máximo não exceda $10 \mu\text{g.dL}^{-1}$ no sangue.⁷

A contaminação por chumbo foi identificada em diversos países, como Estados Unidos, Índia, México, Portugal, Suécia, Uruguai e Venezuela. No Brasil, esses eventos

ocorreram nas cidades de Santo Amaro da Purificação-BA, Bauru-SP, Vale do Ribeira-SP, Jacareí-SP e Luanda-PR. A exposição das crianças à intoxicação aguda pode ocorrer em determinadas circunstâncias: domicílios vizinhos às empresas que manuseiam ou manusearam chumbo; uso de medicações que contêm chumbo; utilização de vasilhames de estanho contendo chumbo; presença de projéteis de arma de fogo no organismo; ingestão acidental de água ou alimentos contendo altas concentrações de chumbo; ingestão de água contaminada com chumbo, e solo contaminado com substâncias apresentando chumbo na sua composição.^{3,8,9} Além dessas fontes de exposição típicas, a literatura médica tem relatado vários casos de intoxicação por chumbo por meio de produtos domésticos e estrangeiros com má regulação, como: remédios étnicos tradicionais;¹⁰ brinquedos;¹¹ comida;¹² e acessórios da moda.¹³ Segundo o CDC¹⁴, alguns fatores de risco – como pobreza, proximidade de vias de tráfego intenso e moradia em área urbana – encontram-se associados com a intoxicação crônica infantil por chumbo.

Alguns países, como Alemanha, Estados Unidos e República Tcheca, tendo consciência do caráter global e da morbidade comprovada da intoxicação por chumbo em crianças, avaliam, periodicamente, a população infantil com o intuito de elaborar políticas públicas e adotar medidas preventivas necessárias, mesmo não havendo recomendações internacionais para a detecção desses possíveis danos.^{14,15,16} Tal iniciativa não ocorre no Brasil, onde não há políticas públicas que garantam a medição regular da presença de chumbo no sangue,¹⁷ além de haver poucas investigações com crianças que residem em regiões sem contaminações conhecidas por esse metal,^{18,19} comprometendo os serviços de toxicovigilância na identificação e no controle desses danos à saúde infantil.

Assim, tendo em vista o panorama apresentado e as considerações realizadas, o presente estudo teve como objetivo o de avaliar a associação entre as variáveis relacionadas à exposição ao chumbo e os níveis desse metal no sangue de escolares de quatro escolas públicas (duas municipais e duas estaduais) da cidade de Ribeirão Preto – SP, além de geocodificar os respectivos domicílios para criar mapas temáticos que auxiliassem no estudo

dessa exposição e estudar o padrão espacial.

2. Métodos

2.1 Desenho do estudo e local

Trata-se de um estudo descritivo-exploratório, cuja unidade de observação foi a criança possivelmente exposta ao chumbo metálico, usando um questionário como instrumento de coleta de informações e com amostragem por conveniência. A geocodificação dos endereços dos informantes permitiu realizar uma abordagem local da exposição, permitindo que se explore o padrão espacial dos níveis de chumbo.

As escolas municipais “EMEFEM Dom Luís do Amaral Mousinho” e “CEMEI Virgílio Salata” e as estaduais “E.E. Dom Alberto Gonçalves” e “EEEF Antonio Diedrichsen”, situadas na cidade de Ribeirão Preto – SP foram as escolhidas para a realização da presente investigação. A cidade está localizada na região noroeste do Estado de São Paulo, situando-se a 21° 12' 42" de latitude sul e 47° 48' 24" de longitude oeste, distante 317 Km da capital São Paulo e a 518 metros acima do nível do mar.

As escolas selecionadas estão presentes no Bairro dos Campos Elíseos, o qual, aliás, apresenta histórico de funcionamento de fábricas de baterias, locais de realização de galvanização de ferro, dentre outras atividades. Os encanamentos das construções são muito antigos e apresentam soldas de chumbo, podendo comprometer a rede de abastecimento de água. Há, ainda, muitos depósitos de ferro velho, locais onde as baterias são abertas, os quais, segundo a literatura científica, apresentam altas concentrações de chumbo no ar e na poeira que se acumula no solo. Além desse histórico do bairro, o estudo de Costa de Almeida et al.¹⁹ encontrou altos níveis de chumbo em crianças provenientes da escola “EMEI Padre Emílio Jarbinet”, também pertencente ao referido bairro, motivando, dessa forma, a seleção desse local para a investigação.

2.2 Sujeitos

Participaram do presente estudo as crianças de 6 a 8 anos que frequentaram as escolas já mencionadas no item anterior, durante o ano de 2008, e que participaram de um estudo prévio abordando aspectos relacionados sobre a exposição ao chumbo nesse mesmo ano.²⁰

2.3 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada na seguinte sequência: 1- Agendamento da entrevista; 2- Entrevista e observação informal no domicílio; 3- Procedimento de geocodificação; 4- Consulta aos exames de sangue do estudo prévio.

O agendamento da entrevista foi feito via telefone com o responsável pela criança, buscando o momento oportuno para a sua realização. Já no domicílio, a entrevista contemplou informações gerais (escola que a criança pertencia e a sua respectiva série), informações demográficas (sexo, idade, nascimento, escolaridade, com quem residia, renda média familiar e o *Critério de Classificação Econômica Brasil*). Esse último, *Critério de Classificação Econômica Brasil*, tem a função de estimar o poder de compra das pessoas e famílias urbanas, dividindo-as em cinco classes econômicas com poder de compra diferenciado, a partir de itens de posse (televisão em cores, rádio, banheiro, automóvel, empregada com carteira assinada, aspirador de pó, máquina de lavar roupas/tanquinho, vídeo cassete ou DVD, geladeira e freezer duplex ou separado) e grau de instrução do chefe da família. Informações relacionadas à exposição (fontes, ocupação do chefe de família, características do domicílio, hábitos da criança) e, adicionalmente, utilizou-se da observação informal, realizada no ambiente da investigação, com o intuito de auxiliar o pesquisador na análise dos resultados encontrados.

O procedimento de geocodificação consistiu em transformar o par de informações “logradouro e número” em uma estimativa de coordenadas geográficas (latitude e longitude) e, assim, localizar os domicílios no mapa de interesse. Essas informações foram colhidas no próprio domicílio através de um aparelho de *Global Positioning System* (GPS) e, posteriormente, essas coordenadas foram plotadas, utilizando-se da tecnologia do Google

Maps API, que é um serviço gratuito, disponível para qualquer site que o público possa usar gratuitamente e que permite a incorporação da funcionalidade e da utilidade do Google Maps aos seus próprios sites e aplicativos, e ainda adicionar dados sobre mapas. Posteriormente estas coordenadas foram projetadas em sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator), considerou-se datum do tipo SAD69 e a zona 23, que é a correspondente ao estado de São Paulo, onde o município de Ribeirão Preto esta localizado, para então fazer a análise geoestatística com sistema projetado em UTM.

E, por último, de todos os responsáveis entrevistados, foram consultados os exames de sangue das respectivas crianças, os quais foram obtidos no estudo prévio. É importante ressaltar que para a coleta de sangue foram utilizados reagentes com alto grau de pureza analítica e seguindo-se os protocolos necessários para a realização da mesma.

2.4 Análise dos dados

A análise dos dados tem o intuito de verificar padrão espacial dos níveis de chumbo. Foram utilizados modelos geoestatísticos³¹ com o auxílio do pacote geOR³² do software R, para avaliar o padrão espacial e se existe tendência e associação espacial entre os níveis de chumbo encontrados no sangue desses escolares, em estudo prévio, e as variáveis relacionadas à exposição ao chumbo (fontes de exposição). Os níveis de chumbo no sangue maiores que 2 μ /dl é considerado um valor alterado, tomando como referência os achados da literatura sobre a exposição ao chumbo, os quais têm demonstrado que, apesar de órgãos importantes como o *Center of Disease and Control* (CDC) e a Organização Mundial de Saúde (OMS) terem adotado o valor de 10 μ g/dl como ponto de corte, o que aliás vem causando grande discussão na literatura científica, a presença de níveis baixos no sangue podem apresentar consequências à saúde infantil, não existindo um valor que seja considerado seguro, então neste trabalho será considerado níveis alterados um fator de risco potencial para a saúde da criança. E a distribuição espacial, obtida através da geocodificação e a observação

informal forneceram subsídios à discussão final, contribuindo para dar um suporte adicional às informações da entrevista.

2.5 Aspectos éticos

A presente pesquisa foi autorizada pelos Comitês de Ética em pesquisa da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP-USP) e do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HCFMRP-USP). Também foi autorizada pela Secretaria Municipal de Educação da cidade de Ribeirão Preto – SP e pela Diretoria de Ensino.

3. Resultados

3.1 Caracterização da população estudada

Das 217 autorizações enviadas para a realização da presente investigação, foram entrevistados 155 responsáveis das respectivas crianças, ou seja, 71,4% do total. Essas crianças foram, em sua grande maioria, do sexo feminino (60,6%), com idade variando de 7 a 10 anos e com uma média de idade de 8 anos e meio, além de apresentar um menor número de crianças provenientes da escola “Virgílio Salata” em comparação com as outras escolas participantes da pesquisa. A primeira série apresentou menor número de crianças que participaram da investigação e a escolaridade do chefe de família, da residência onde essas crianças moram, ficou centrada no ensino fundamental completo e médio completo. Já em relação ao Critério de Classificação Econômica Brasil (CCEB), de maneira geral, a média de pontos dessa classificação ficou centrada em 19,98 pontos, ou seja, em sua grande maioria na classe C1. A Tabela 1 apresenta os respectivos dados com as variáveis, o número de observações e os percentuais de cada característica.

Tabela 1. Valores de frequência absoluta e percentuais das variáveis sócio-demográficas estudadas

Variável	N	%
SEXO		

Masculino	61	(39,4)
Feminino	94	(60,6)
IDADE		
7	7	(4,5)
8	68	(43,9)
9	74	(47,7)
10	6	(3,9)
ESCOLA		
Antônio Diedrichsen	42	(27,1)
Dom Alberto	43	(27,7)
Virgílio Salata	26	(16,8)
D. Luis A. Mousinho	44	(28,4)
SÉRIE NA ESCOLA		
1 ^a	1	(0,6)
2 ^a	68	(43,9)
3 ^a	86	(63,5)
ESCOLARIDADE		
Analf./até 3 ^a série fundamental	3	(1,9)
Até 4 ^a série fundamental	26	(16,8)
Fundamental completo	67	(43,2)
Médio completo	58	(37,4)
Superior completo	1	(0,6)
CLASSES ECONÔMICAS		
A2	1	(0,6)
B1	6	(3,9)
B2	34	(21,9)
C1	58	(37,4)
C2	55	(35,5)
D	1	(0,6)
TOTAL	155	100

A geocodificação dos domicílios desses escolares identificou uma maior concentração dos mesmos no Bairro dos Campos Elíseos (61,93 %) e o restante dos domicílios distribuídos por outros 24 bairros da cidade de Ribeirão Preto. Os recursos da geocodificação permitiram

georeferenciar os endereços segundo o Critério de Classificação Econômica Brasil (Figura 2A), permitindo visualizar uma maior concentração de escolares nas classes C1/C2, os quais residem, em sua grande maioria, no referido bairro. A Figura 2B faz referência à distribuição espacial desses escolares segundo a classificação realizada dos níveis de chumbo no sangue. (normal e alterado)

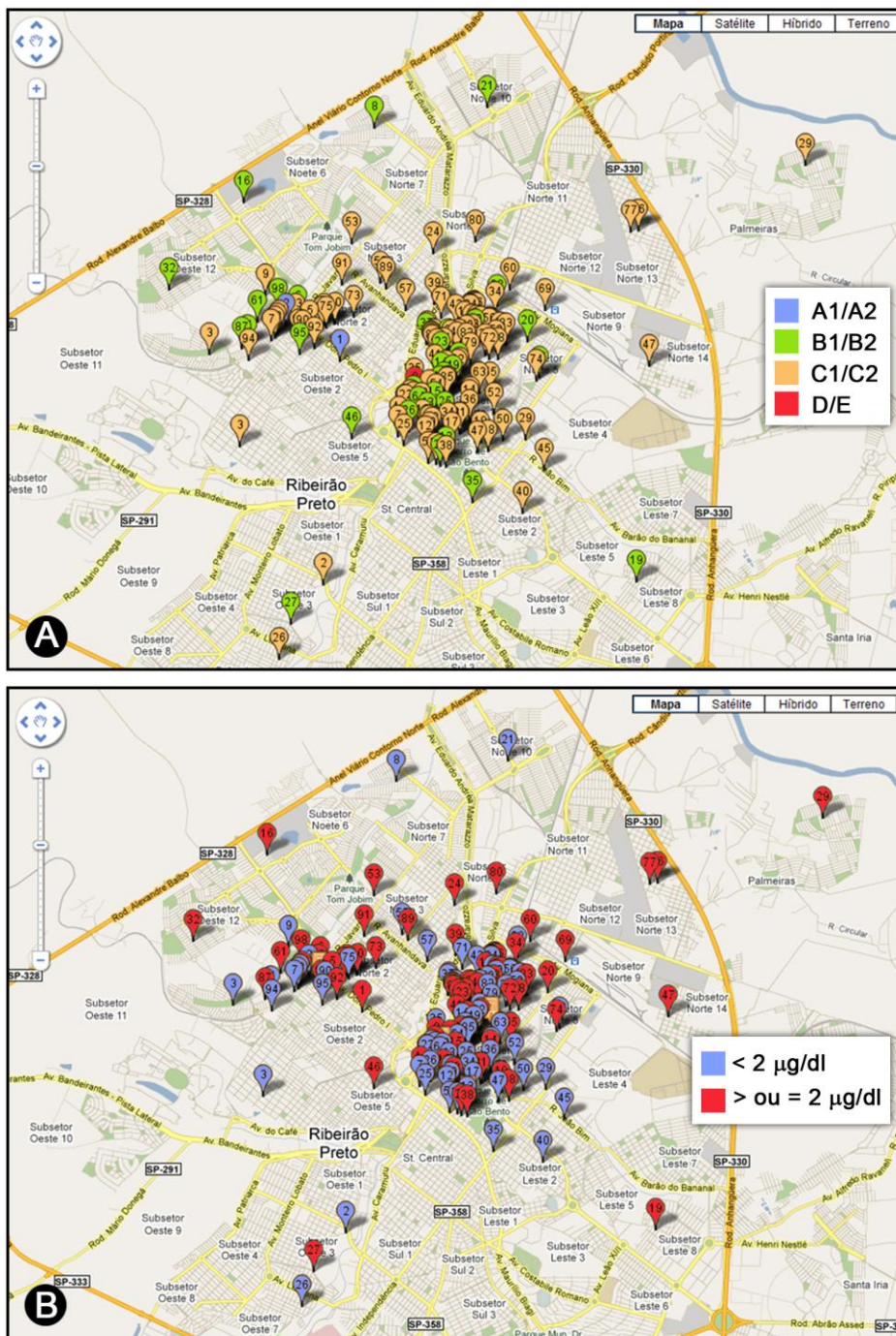


Figura 2- A- Distribuição espacial dos escolares estudados segundo o Critério de Classificação Econômica Brasil (CCEB); / B- Distribuição espacial dos escolares estudados segundo os níveis de chumbo no sangue classificados em < 2 µg/dl e > ou = 2 µg/dl; Gerados pelo Google Maps API.

3.2 Níveis de chumbo no sangue

No presente estudo, nenhuma criança apresentou nível de chumbo no sangue ≥ 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$, o ponto de corte estipulado pelo CDC e pela OMS. Variou de 0,5 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (mínimo) a 8,0 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (máximo) e teve como mediana o valor de 2,0 $\mu\text{g}/\text{dl}$. A partir do estabelecimento do ponto de corte de 2 $\mu\text{g}/\text{dl}$, verificou-se que 51,61% dos escolares apresentaram níveis de chumbo maior ou igual a 2 $\mu\text{g}/\text{dl}$, ou seja, alterado. A figura 3 mostra o gráfico da localização espacial do nível de chumbo dos escolares em escala contínua.

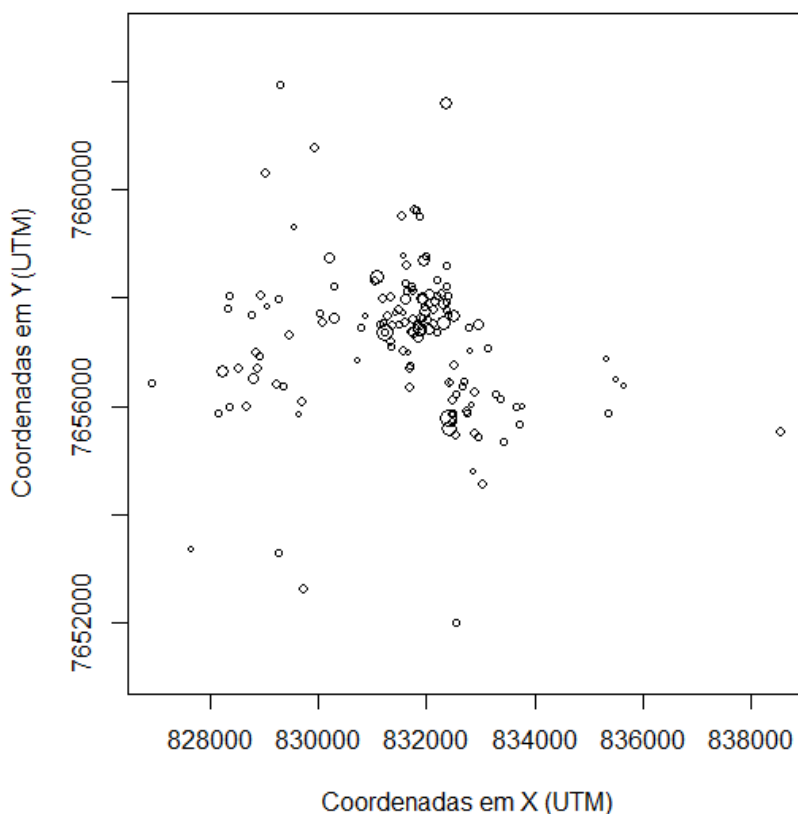


Figura 3: Gráfico espacial mostrando a localização e magnitude dos níveis de chumbo do sangue- o tamanho dos símbolos são proporcionais ao nível de chumbo obtido no sangue dos escolares em cada domicílio.

3.3 Os níveis de chumbo no sangue e as variáveis de exposição

Quando se modelou o padrão espacial dos níveis de chumbo e colocou-se as variáveis de exposição uma a uma obteve-se sucesso, mas quando todas foram consideradas conjuntamente perdeu-se o efeito da tendência. Depois de um estudo detalhado deste fato, pode-se perceber que no estudo prévio onde se coletou os níveis de chumbo no sangue, não houve o cuidado de mapear as variáveis de exposição e com isto quando analisa-se todas conjuntamente uma elimina o efeito da outra e a interpretação biológica perde o sentido, com isto a tendência não obteve sucesso em sua estimação.

4. Modelagem-resultados

Obteve-se o semivariograma (Figura 4) e então na modelagem geoestatística foram testados diferentes modelos, como o esférico, exponencial e gaussiano, para o atributo nível de chumbo no sangue. Com isto o modelo exponencial foi considerado como o melhor para obter a interpolação por sua proximidade com os pontos. Na abordagem bayesiana foi obtido todos os resultados (mapas de interpolação não exibidos), mas optou-se por trabalhar com a modelagem mais simplista, pois trata-se de um estudo epidemiológico e a metodologia clássica tem menos resistência por parte dos pesquisadores da área de epidemiologia e saúde pública, com isto permite-se a replicação do estudo e do método geoestatístico em outras regiões.

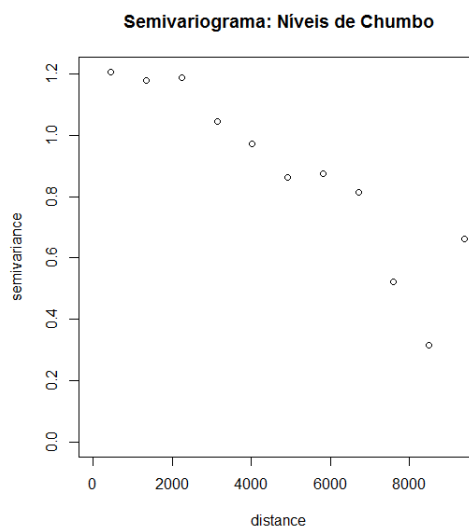


Figura 4: Semivariograma dos níveis de chumbo

Para a ilustração da interpolação dos resultados fez-se o mapa de krigagem com o contorno e o mapa em perspectiva (Figura 5).

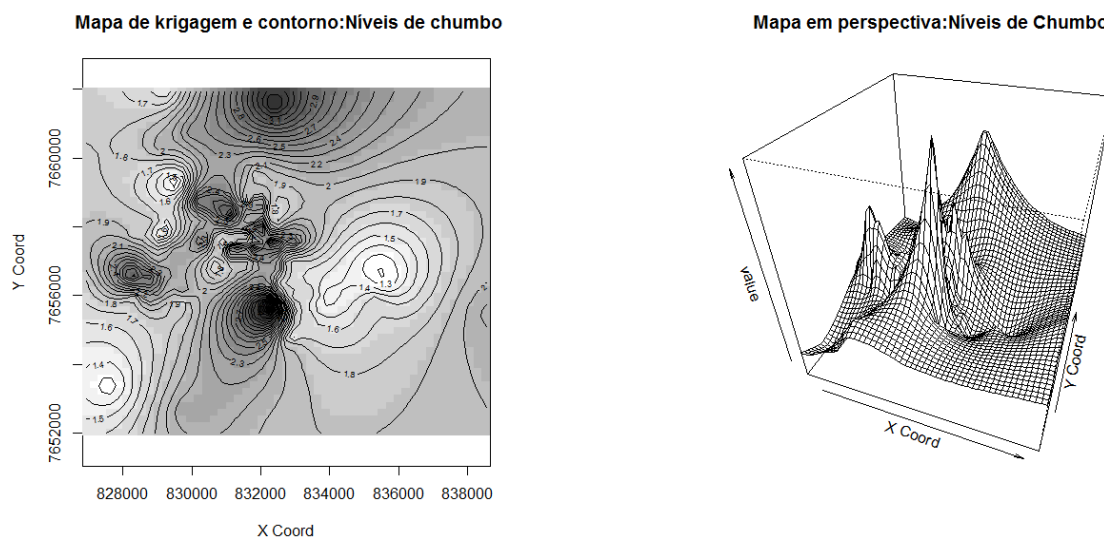


Figura 5: Mapa da interpolação por krigagem e os contornos e mapa em perspectiva dos níveis de chumbo, Ribeirão Preto-SP.

Na área de maiores níveis e chumbo, conforme visualizado na Figura 5 esta localizado fábrica de baterias de carro, ferro velho/ sucata, serralheria e oficinas de carro, a tendência não pode ser incorporada segundo as variáveis de exposição, como já citado, mas uma análise qualitativa indica que lugares com fontes de exposições próximas os níveis de chumbo foram maiores e estão acima de $2,0 \mu\text{g}/\text{dl}$, sendo considerado alterado.

4. Discussão

Há uma intensa discussão na literatura científica acerca dos valores limites para o diagnóstico da intoxicação por chumbo em crianças. Desde 1990, o CDC tem recomendado o valor de referência de $10 \mu\text{g}/\text{dl}$,⁷ no entanto alguns estudos, como os de , Telles-Rojo et al.²¹ e Jusko et al.²² verificaram que, mesmo os níveis de chumbo inferiores aos aceitáveis pelo CDC, causam prejuízos e riscos ao desenvolvimento da saúde infantil. Essa situação também foi apontada por Landrigan et al.⁵, e Schneider e Freeman⁶, que constataram que essas alterações no desenvolvimento podem ser devidas, em parte, à presença do chumbo de forma

crônica e mesmo aos baixos níveis desse metal. Apesar do CDC⁷ ter como referência esse valor limite de 10 µg/dl, outros estudos têm demonstrado, como exemplo em relação ao desenvolvimento cognitivo infantil, que os déficits relacionam-se de maneira contínua e inversamente proporcional aos níveis de chumbo no sangue. Sendo assim, não é possível, atualmente, uma definição de nível seguro de concentração sanguínea de chumbo, a partir do qual não existam efeitos adversos à saúde de crianças.²³ Na presente investigação, foi utilizado o valor de 2 µg/dl como referência para o diagnóstico no sangue desses escolares, um novo nível de ação proposto ao CDC por Gilbert e Weiss.²⁴

A partir do estabelecimento desse valor de referência de 2 µg/dl e aplicação do modelo geoestatístico, identificou-se que nossos resultados vão de encontro aos estudos de Hansen et al.²⁵, Moreira e Moreira²⁶, Espinosa et al.²⁷ e Tuakuila et al.²⁸. Hansen et al.²⁵ avaliaram os níveis de chumbo no sangue de 172 crianças de 6 meses a 9 anos, sendo 73,3% delas com valor abaixo de 10 µg/dl, identificando que os maiores níveis de chumbo no sangue das crianças estudadas estavam relacionados ao fato das mesmas residirem próximas a locais com inúmeras oficinas mecânicas. Moreira e Moreira²⁶ apontam aspectos relacionados às fontes de exposição e ao domicílio, ressaltando que a ingestão de tintas que contém chumbo se constitui na maior fonte disponível do metal para crianças, além de brinquedos pintados, impressão colorida dentre outras. Espinosa et al.²⁷ buscaram identificar os fatores ambientais que contribuíram para a concentração de chumbo no sangue em 60 crianças de Valência, Venezuela, com a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), encontrando que o SIG tornou possível conhecer as fontes de exposição ao chumbo na área estudada e a sua associação com os níveis de chumbo no sangue de crianças que vivem próximo a essas fontes. Os autores identificaram, também, que os locais de realização de serralheria/soldagem são as fontes de exposição mais próximas aos domicílios das crianças. Tuakuila et al.²⁸ determinaram os níveis de chumbo no sangue de 270 indivíduos, com idade variando de 1 a 70 anos de idade, e as possíveis fontes de exposição na população de Kinshasa (capital da República Democrática do Congo), encontrando que a proximidade de locais informais de

reciclagem de baterias de carro contribuíram para os níveis mais altos de chumbo no sangue das crianças.

O presente estudo apresentou algumas limitações: i) as crianças não foram selecionadas de forma randômica, apontando possíveis vieses de seletividade; ii) os níveis de chumbo no sangue foram coletados, em estudo prévio, um ano antes da implementação da presente pesquisa; iii) não houve um controle geográfico das variáveis de exposição, o que é confirmado por meio da não implementação da tendência no modelo geostatístico, impedindo a identificação exata, para cada criança, do que estaria relacionado com a exposição ao chumbo.

Apesar dessas limitações, essa investigação contribui com a literatura existente apresentando resultados que vêm corroborar com outros estudos acerca da existência de associação entre os níveis de chumbo no sangue desses escolares e as variáveis de exposição relacionadas: ao reparo automobilístico, reciclagem de bateria de carro, tintas/pintura, serralheria, soldagem, sucata e ferro-velho. Adicionalmente, os recursos da geocodificação permitiram visualizar e identificar que a grande maioria dos escolares residentes no Bairro dos Campos Elíseos, da cidade de Ribeirão Preto – SP pertencem a classes econômicas mais baixas (C1/C2). Os modelos geostatísticos são ferramentas importantes para entender relações espaciais e subsidiar política públicas e medidas de controle, pois níveis de chumbo no sangue maiores ou iguais a 2 µg/dl, sugerem espacialmente um possível relacionamento entre os níveis de chumbo no sangue dos mesmos, as classes econômicas e os respectivos locais de moradia com as variáveis de exposição

Espera-se, a partir dos resultados apresentados, a realização de novas análises em crianças de Ribeirão Preto – SP, em nível populacional e de forma randômica, utilizando-se de outros recursos geoespaciais para tentar traçar zonas de risco de exposição ao chumbo e, assim, subsidiar os órgãos de saúde pública e meio ambiente nas ações de controle necessárias.

Referências Bibliográficas

- 1- 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. *Cad. Saúde Públ.*, [S.I.], v.2, p. 177-186, 1995.
- 2- Moreira FR, Moreira JC. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. *Ciência e Saúde Coletiva*. [S.I.], v.1, p. 167-181, 2004
- 3- Padula NAMR, Abreu MH, Miyazaki LCY, Tomita NE. Intoxicação por chumbo e saúde infantil: ações intersectoriais para o enfrentamento da questão. *Cad. Saúde Pública* 2006, Rio de Janeiro, jan, 22(1): 163-71, 2006.
- 4- Menezes-Filho JA, Viana GFS, Paes CR. Determinants of lead exposure in children on the outskirts of Salvador, Brazil. *Environ. Monit. Assess*, published online, june, 2011.
- 5- Landrigan PL, Carlson JE, Bearer CF, Cranmer JS; Bullard RD, Etzel RA, Groopman J, Maclachlan JA, Pereira FP, Reigart JR, Robinson L, Schell L, Suk W. Children`s health and the environment: a new agenda for prevention research. *Environmental Health Perspectives*, 106(3), 787-793, 1998.
- 6- Schneider D, Freeman N. Children`s environmental health risks: a state of the art conference. *Archives of Environmental Health*, 56(2), 103-110, 2001.
- 7- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Preventing lead poisoning in young children*. 1991 Atlanta: CDC.
- 8- LANDRIGAN, P. J. Lead. In: ROSENSTOCK, L.; CULLEN, M. R. (Ed.). Textbook of clinical occupational and environmental medicine. Philadelphia. *W. B. Saunders Company*, p.745-753, 1994.
- 9- WHO-World Health Organization. Chemical safety of drinking-water: assessing priorities for risk management. WHO Press, Switzerland, 2007.
- 10-MOORE, C.; ADLER, R. Herbal vitamins: lead toxicity and developmental delay. *Pediatrics*, 106(3): 600-602, 2000.
- 11-MILLER, M. B.; CURRY, S.C.; KUNKEL, D. B. Pool cue chalk: a source of environmental lead. *Pediatrics*, 97(6 Pt 1), 916-917, 1996.
- 12-CHILDHOOD lead poisoning associated with tamarind candy and folk remedies – Califórnia, 1999-2000. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 51(31): 684-686, 2002.
- 13-BERKOWITZ, S.; TARRAGO, R. Acute brain herniation from lead toxicity. *Pediatrics*, 118: 2548-2551, 2006.

- 14-CDC-Centers for Disease Control and Prevention-United States. Interpreting and managing blood lead levels <10ug/dl in children and reducing childhood exposures to lead. *MMWR Morb. Mortal. WKLY Rep.*, 56,8: 1-20, 2007.
- 15-Bariova A, Spevackiva V, Benes B, Cejchanova M, Smid J, Cerna M. Blood and urine levels of Pb, Cd and Hg in the general population of the Czech Republic and proposed reference values. *Int J Hyg Environ Health*, 20, 4: 359-66, 2006.
- 16-Schulz C, Angerer J, Ewers U, Heudorf U, Whilhelme M. Revised and new reference values for environmental pollutants in urine or blood of children in Germany derived from the German Environmental Survey on Children 2003-2006 (GerES IV). *Int J Hyg Environ Health*, 212,6: 637-47, 2009.
- 17-Paoliello MMB, Capitani EM. Occupational and environmental human lead exposure in Brazil. *Environmental Research*, 103: 288-297, 2007.
- 18-Costa de Almeida GR, Saraiva MCP, Barbosa FJ, Krug FJ, Cury JA, Sousa MLR, Buzalaf MAR, Gerlach RF. Lead contents in the surface enamel of deciduous teeth sampled in vivo from children in uncontaminated and in lead-contaminated areas. *Environ. Res.*, jul, 104(3): 337-45, 2007.
- 19-Ferron MM. Intoxicação ambiental por chumbo em crianças de uma vila de Porto Alegre e avaliação ambiental preliminar das possíveis fontes de contaminação. Dissertação (mestrado). Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
- 20-Costa de Almeida GRC. Utilização de biomarcadores de dose interna para determinação de chumbo e sua correlação com anemia e polimorfismos da Alad e do gene receptor da vitamina D. FOP/UNICAMP, 2009 Tese de Doutorado.
- 21-Tellez-Rojo MM, Bellinger DC, Arroyo-Quiroz C, Lamadrid-Figueroa H, Mercado-Garcia A, Schnaas-Arrieta L. Longitudinal associations between blood lead concentrations lower than 10 microg/dL and neurobehavioral development in environmentally exposed children in Mexico City. *Pediatrics*. aug;118(2):323-30, 2006.
- 22-Jusko TA, Henderson CR, Lanphear BP, Cory-Slechta DA, Parsons PJ, Canfield RL. Blood lead concentrations < 10 ug/dL and child intelligence at 6 years of age. *Environmental Health Perspectives*, 116:243-248, 2008.
- 23-Bernard SM. Should the Centers for Disease Control and Prevention's Childhood lead poisoning intervention level be lowered? *Am. J. Public Health*. 2003; 93, 8: 1253-60.
- 24-Gilbert SG, Weiss B. A rationale for lowering the blood lead action level from 10 to 2 µg/dL. *Neurotox*, 2006 27, 693-701.

- 25-Hansen C, Buteler R, Procopovich E, Pagan G, Díaz B, Gait N, Medicina M, Mezzano M, Britos S, Fulginiti S. Blood lead levels in children of Cordoba city. *Medicina (B Aires)* 1999;59(2):167-70.
- 26-Moreira FR, Moreira JC. A importância da análise da especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. *Quim. Nova*, 2004 v. 27, n. 2, 251-260.
- 27-Espinosa C, Rojas M, Seijas D. El sistema geográfico de información y las concentraciones de plomo en sangre em una población infantil venezolana. *Salud Pública Mex.* v.48, n.2, Cuernavaca Mar./Apr. 2006 <http://dx.doi.org/10.1590/S0036-36342006000200002>
- 28-Tuakuila J, Lison D, Mbuyi F, Haufroid V, Hoet P. Elevated blood lead levels and sources of exposure in the population of Kinshasa, the capital of the Democratic Republic of Congo. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2012 May 23. doi: 10.1038/jes.2012.49. [Epub ahead of print]
- 29-Roscoe RJ, Gittleman JL, Deddens JA, Petersen MR, Halperin WE. Blood lead levels among children of lead-exposed workers: a meta-analysis. *Am J Ind Med* 1999; 36: 475-481.
- 30-Tong S, Schimming YE, Prapamontol T. Environmental lead exposure: A public health problem of global dimensions. *Bulletin of World Health Organization* 2000; 78(9):1068-1077.
- 31-Diggle, Peter J.; Ribeiro Jr, Paulo Justiniano .Model-based Geostatistics.Series: Springer Series in Statistics -2007.
- 32-Paulo J. Ribeiro Jr; Peter J. Diggle. geoR: A Package for Geostatistical Analysis. *RNews* 2001- Vol. 1/2. ISSN 1609-3631