



MUNICÍPIO DE BOQUIRA

ESTUDOS geoquímicos



ESTUDOS GEOQUÍMICOS NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA

ESTADO DA BAHIA

CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Ministro-Chefe Eliseu Padilha

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Fernando Coelho Filho

Secretário Executivo

Paulo Pedrosa

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vicente Humberto Lobo Cruz

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS/
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Eduardo Jorge Ledsham

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Stênio Petrovich Pereira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti (interino)

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antonio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Nelson Victor Le Coq D'Oliveira

SUREG - SA

Superintendente

Edgar Romeo Herrera de Figueiredo Iza

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Gustavo Carneiro da Silva

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

ESTUDOS GEOQUÍMICOS NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA

Estado da Bahia

FERNANDA GONÇALVES DA CUNHA
EDUARDO PAIM VIGLIO
JOSÉ ÂNGELO SEBASTIÃO ARAÚJO DOS ANJOS
THAIS BELLOTI LOUREIRO

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

Rio de Janeiro, RJ
2016

CRÉDITOS TÉCNICOS
ESTUDOS GEOQUÍMICOS NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA

Coordenação Nacional

Departamento de Gestão Territorial

Jorge Pimentel

Cordenação Técnica

Fernanda Gonçalves da Cunha - D.Sc

Execução Técnica

Fernanda Gonçalves da Cunha – Pesquisadora em Geociências - Geóloga D.Sc

Eduardo Paim Viglio – Pesquisador em Geociências - Geólogo M.Sc

José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos – Prof. Dr. da Universidade Federal de Brasília

Simone Magalhães Silva – Estagiária de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (2014-2015)

Thais Belloti Loureiro – Estagiária de Geologia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (2015-2016)

Marco Antonio L. Pimentel – Técnico em Geociências

Neuro Rodrigues – Técnico em Geociências

Amilton de Amorim Benício – Técnico em Geociências

Revisão Técnica e Gramatical

Gilberto José Machado

Revisão Bibliográfica

Priscila Cristina de Faria Ururahy

Projeto Gráfico e Diagramação

DRI / DEPAT / DIEDIG

DEPAT - Departamento de Apoio Técnico

Paulo Bastos

DIEDIG - Divisão de Editoração Geral

Valter Barradas

Coordenação de Editoração

Andréia Continentino

Projeto e Execução

Juliana Colussi

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

E82 Estudos geoquímicos no município de Boquira : estado
da Bahia / Fernanda Gonçalves da Cunha ... [et al].
-- Rio de Janeiro : CPRM, 2016.
30 p. : il.

ISBN 978-85-7499-581-6

1.Geoquímica – Brasil – Bahia. I. Cunha, Fernanda
Gonçalves da. II. Título.

CDD 551.90981

CRB 5663

APRESENTAÇÃO

No âmbito da geoquímica ambiental e geologia médica, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM tem dado destaque à Ação Levantamentos Geoquímicos, com o Projeto Mapeamento Geoquímico de Baixa Densidade no Brasil, em desenvolvimento desde 2008, e cujo objetivo é avaliar, em todo o território nacional, a composição do substrato rochoso, dos solos, dos sedimentos ativos de corrente e das águas de drenagem e de abastecimento humano.

Nesse objetivo foi realizado um estudo geoquímico detalhado, no perímetro urbano da cidade de Boquira, centro-oeste do estado da Bahia, que se caracteriza como um dos principais passivos ambientais no Brasil, proveniente da atividade mineira de chumbo e zinco, em zona urbana, causando riscos de contaminação ambiental e à saúde humana.

Foram desenvolvidos, entre os anos de 2013 e 2014, estudos de campo com coleta de diversos materiais: água subterrânea utilizada para consumo doméstico, resíduo da pilha de rejeito, sedimentos de rua (street sediment) e poeiras coletadas no interior das residências (dust indoor).

Os resultados alcançados, disponibilizados nesse relatório, podem ser úteis para implementação de políticas e ações governamentais, sejam municipais, estaduais e/ou federais para melhorar a qualidade de vida da população residente na cidade de Boquira, tanto no âmbito do meio ambiente, quanto na saúde pública.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

ESTUDOS GEOQUÍMICOS NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA	8
INTRODUÇÃO.....	9
OBJETIVOS	9
CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BOQUIRA.....	10
MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
RESULTADOS OBTIDOS.....	17
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES.....	28
AGRADECIMENTOS.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

■ ■ ■ ESTUDOS GEOQUÍMICOS
NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA

ESTUDOS GEOQUÍMICOS NO MUNICÍPIO DE BOQUIRA

INTRODUÇÃO

A exploração do minério de chumbo em Boquira começou no final da década de 1950 pela Penarroya S.A, que criou a Companhia Brasileira de Chumbo (Cobrac) para atuar no Brasil como sua subsidiária. Posteriormente, a empresa foi incorporada à Plumbum Mineração e Metalurgia Ltda., pertencente ao Grupo Trevo (Anjos e Sanchez, 2001). O minério de chumbo lavrado e beneficiado em Boquira era usado para produzir ligas de chumbo em Santo Amaro, no Recôncavo Baiano, sendo transportado por caminhões e via férrea, percorrendo a distância de 500 Km. O processo de beneficiamento do minério produzia 83% de rejeito que era disponibilizado de forma inadequada durante o desenvolvimento das lavras a céu aberto e subterrânea. Após seu auge de produção nos anos 70, as reservas economicamente viáveis se esgotaram e a Plumbum Mineração e Metalurgia Ltda foi vendida em 1986, aos grupos brasileiros Companhia Minas da Passagem (CMP) e Luxma. Somado aos altos custos de operação, o excesso de oferta internacional de chumbo fez com que as cotações do minério caíssem, além da exaustão do minério de chumbo das minas a céu aberto e subterrânea exploradas na área levaram ao abandono da mina de Boquira em 1992, deixando um passivo ambiental e uma população potencialmente exposta aos elementos químicos, considerados tóxicos, que estão presentes no material da bacia de rejeito. Análise macroscópica do rejeito realizada por Assumpção et al. (2015) permitiu a sua classificação como de granulometria fina nas frações areia muito fina a argila (entre 0,062 mm e 2 mm), com coloração predominante cinzenta, ainda que haja crostas esbranquiçadas e escuras, indicando, provavelmente, precipitação de sais. Diante dessa avaliação, esse material fino apresenta grande potencial de transporte por longas distâncias, quer seja carregado pelas chuvas, quer pelos ventos. E observa-se que, frequentemente, o material é disperso pelos ventos constantes na região, podendo representar fonte de risco à saúde humana, em função da proximidade com a população de Boquira e das vilas do entorno. Outro fator agravante é a utilização do local para descarte dos resíduos domésticos e hospitalares, sendo que ocorre,

constantemente, a prática da queima dos resíduos, podendo causar emissão de substâncias tóxicas e poluição do ar. É comum, ainda, a presença de catadores de material reciclável na área de descarte de resíduos instalada na bacia de rejeito.

Bertolino et al (2015) realizaram um estudo para caracterizar o material da bacia de rejeito com o objetivo de determinar os teores e a distribuição dos metais, como subsídio à avaliação de seus possíveis danos à saúde da população que vive no entorno da bacia de rejeito. A caracterização da composição mineralógica das amostras foi realizada através dos métodos de Fluorescência de Raios X (FRX), microscópio petrográfico de luz refletida, Difratometria de Raios X (DRX) e Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Os resultados indicaram que as amostras coletadas em diferentes pontos da antiga barragem ou bacia de rejeito e no seu entorno apresentam elevados teores de chumbo, maiores que os permitidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O chumbo está distribuído nos minerais galena (PbS), cerussita (PbCO₃) e anglesita (PbSO₄), que representam um potencial risco à saúde humana. Também foi observada a presença de lizardita – mineral de hábito fibroso do grupo das serpentinas – que quando inalado também pode vir a implicar riscos à saúde, além dos minerais actinolita e cummintonita do grupo dos anfíbios.

O DNPM (2006) apud Assumpção et al. (2015) realizou um estudo para analisar os aspectos geoquímicos da bacia de rejeito de Boquira em relação a contaminação por metais pesados, detectando altos teores de zinco, cádmio, arsênio, prata, além de chumbo e outros metais, indicando risco de contaminação ambiental à população exposta e ao ecossistema, em função da proximidade da bacia de rejeito.

Historicamente, emissões aéreas, materiais acumulados em bacias de rejeito, pilhas de escória e estéril resultantes de atividades da indústria mineral contribuem para elevar os níveis de metais pesados transportados pelo ar. Esse transporte do material via aérea, está associado ao aumento dos teores dos metais pesados nos solos, sedimentos de rua (*street dust*) e poeiras domiciliares (*household dust*) (EPA, 1998).

OBJETIVOS

O principal objetivo desse estudo é caracterizar – por meio de amostragens e análises químicas – o meio físico da área urbana da cidade de Boquira, visando determinar os teores e a distribuição dos

metais que ocorrem na bacia de rejeito, águas subterrâneas, sedimentos de rua e poeiras indoor, como subsídio à avaliação de seus possíveis danos à saúde da população que vive na cidade de Boquira.

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BOQUIRA

O município de Boquira, localizado na mesorregião centro-oeste do estado da Bahia, entre o oeste da

serra do Espinhaço Setentrional e ao leste da Chapada Diamantina (Figura 1), tornou-se expoente no cenário nacional pela exploração do minério de chumbo, nas décadas de 70 e 80 do século passado, sendo considerada uma das maiores reservas do Brasil. Possui uma população de 22.448 habitantes (IBGE, 2016) em 1.426.233km², distando aproximadamente 650 km de Salvador. A maioria da população reside na zona rural e a agropecuária é a principal ocupação dos habitantes do município, em especial a agricultura familiar,

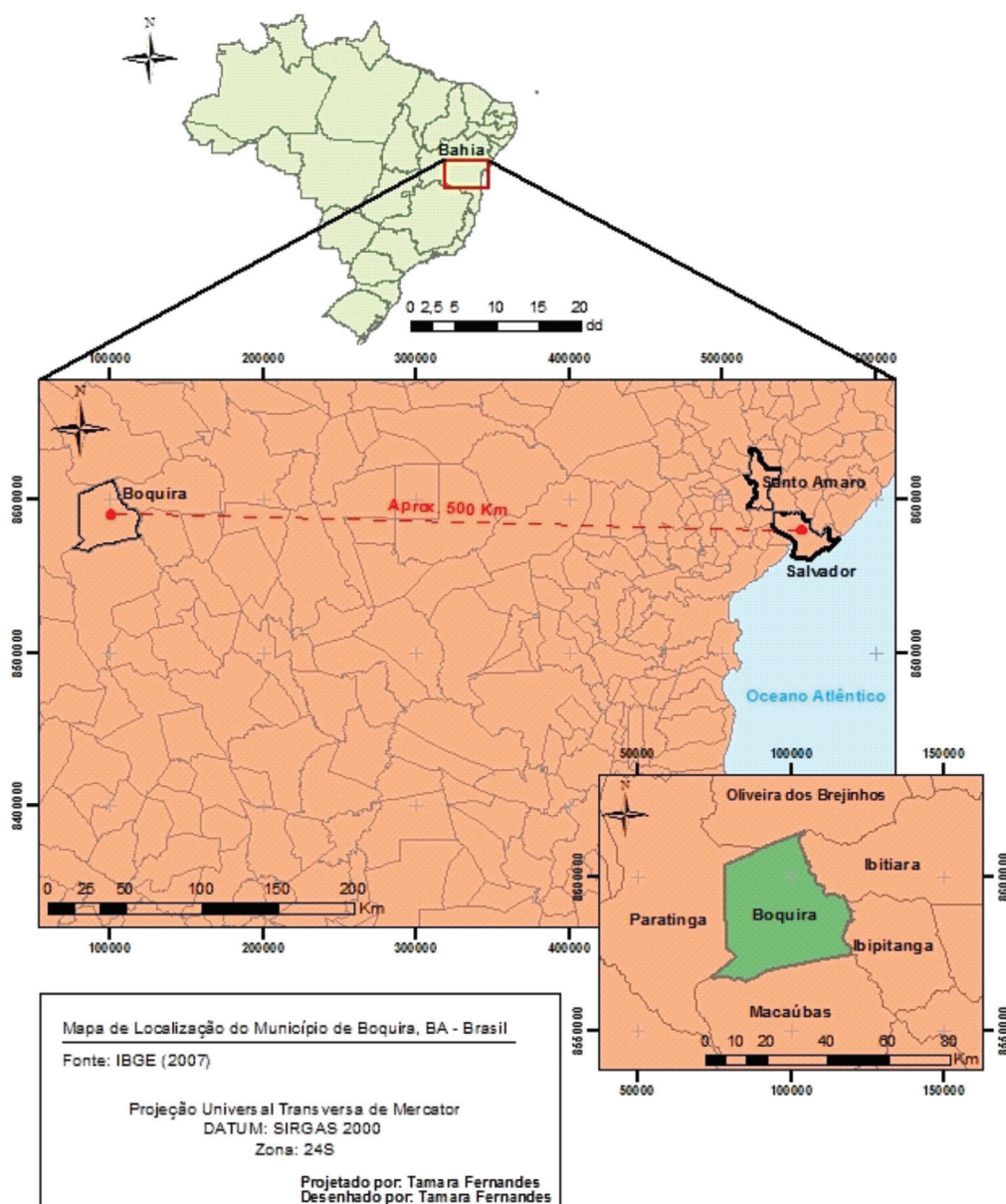


Figura 1 - Localização do município de Boquira, no estado da Bahia. (Fernandes, 2015)

que caracteriza como principal alternativa de emprego e renda. Os estabelecimentos agropecuários, além da criação de animais, produzem milho, feijão, mandioca e cana, que em geral são beneficiados originando farinha, tapioca, beiju, rapadura, bolos, biscoitos, etc. (SEI, 2011).

Os dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento apontam que 60% da população de Boquira está ligada ao tema da pobreza (PNUD, 2013).

O clima é subúmido a seco, com temperatura média anual de 23,8oC e pluviosidade anual de 894,8mm com período chuvoso de outubro a abril (Andrade et al, 2017).

A figura 2 mostra a localização da cidade de Boquira em relação às pilhas de estéril e à bacia de rejeito, que resultaram da extração e beneficiamento da mineração de Pb-Zn, das atividades de mineração de Pb-Zn, e cujo início e fechamento da mina foram, respectivamente, em 1959 e 1989. O processo de beneficiamento do minério produzia 83% de rejeito, e 17% de concentrado de chumbo e zinco, enviado para a metalurgia de chumbo em Santo Amaro, no Recôncavo Baiano, além do estéril, não quantificado,

e disponibilizado de forma inadequada durante o desenvolvimento das lavras a céu aberto e subterrânea. O estéril (fração rejeitada da concentração de minério é formada pelos minerais sem aproveitamento comercial ou industrial) e o rejeito (material descartado após a flotação do minério, no processo produtivo do concentrado) foram depositados sem critérios técnicos e se caracterizam como o principal passivo ambiental, em função dos riscos de contaminação à saúde humana. A bacia de rejeito (Figura 3) está localizada muito próxima aos bairros e sede municipal, como se observa na figura 4.

A bacia de rejeito também abriga uma área de descarte dos resíduos domésticos e hospitalares (Figura 5), onde alguns moradores das comunidades vizinhas e de Boquira recolhem o material para reciclagem.

Segundo Andrade et al (2017) o gestor municipal relatou que os riscos de contaminação oriundos dos processos de extração e beneficiamento do minério de Pb, que deram origem aos materiais da bacia de rejeito, podem causar problemas respiratórios na população que reside ao entorno da bacia através dos movimentos dos ventos.



Figura 2 - Disposição da bacia de rejeito no perímetro urbano da cidade de Boquira.



Figura 3 - Bacia de rejeito



Figura 4 - A bacia de rejeito e a proximidade de bairro residencial e da sede municipal.



Figura 5 - Área de descarte dos resíduos domésticos e hospitalares existente sobre a bacia de rejeito com os catadores de material reciclável.

MATERIAIS E MÉTODOS

Em 2013 e 2014 foram coletadas na área urbana de Boquira 19 amostras do material da bacia de rejeito em 3 (três) furos de trado em diferentes profundidades, 7 (sete) amostras de água utilizada para consumo humano, 59 (cinquenta e nove) amostras de sedimentos de rua (*street sediment*) e 109 (cento e nove) amostras de poeira no interior das residências (*dust indoor*).

1. Amostras de água utilizadas para consumo humano

Foram coletadas 7 (sete) amostras de água de poços (Figura 6), os quais são utilizados para distribuição para uso da população. As amostras foram filtradas em campo, com filtros de porosidade 0,45 μ m e acondicionadas em 2 (dois) tubos de polietileno de 50mL para análise de cátions e ânions. As amostras para análise dos cátions foram preservadas com ácido nítrico. Todas as amostras foram preservadas sob refrigeração até o momento da análise. Foram analisadas para 7 (sete) ânions (brometo, cloreto, fluoreto, nitrato, nitrito, fosfato e sulfato) por cromatografia iônica e para 28 (vinte e oito) cátions por ICP OES (espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente) no Centro Tecnológico de Análises – CETAN, em Vitória e no laboratório SGS GEOSOL, em Vespasiano (MG), respectivamente.



Figura 6 - Localização dos poços onde foram coletadas amostras de água para consumo humano

2. Amostras do material da bacia de rejeito

Foram coletadas 3 (três) furos em várias profundidades, com trado manual, no total de 19 (dezenove) amostras, além de 1 (uma) amostra de cor esbranquiçada e outra de cor cinzenta de materiais superficiais, provavelmente precipitação de sais (Figuras 7, 8 e 9).

As amostras foram analisadas por ICP-OES (espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente) e ICP-MS (espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente) para 53 (cinquenta e três) elementos no Centro Tecnológico de Análises – CETAN, em Vitória.

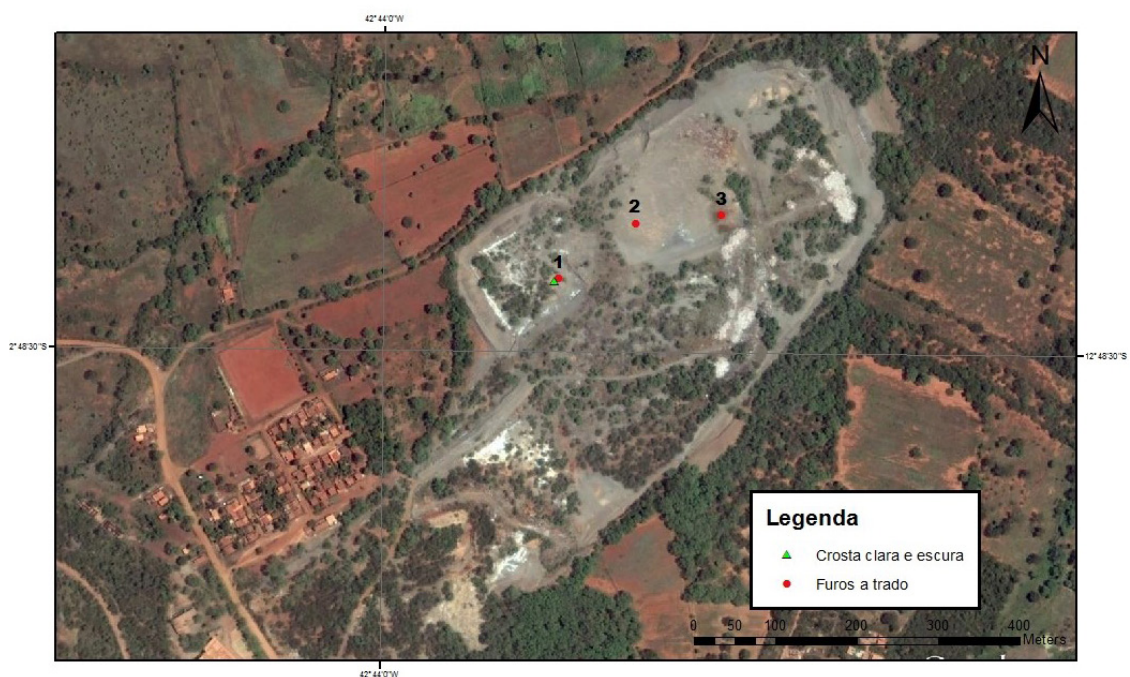


Figura 7 - Localização das estações de amostragem na bacia de rejeito



Figura 8 - Amostras coletadas do material de coloração esbranquiçada e cinzenta.



Figura 9 - Coleta de amostras do material da bacia de rejeito

3. Amostras de sedimentos de rua

Foram coletadas 59 (cinquenta e nove) amostras de sedimentos de rua, em diferentes pontos da cidade, em ruas pavimentadas e não pavimentadas (Figura 10). A coleta foi realizada com uso de pá de plástico, vassoura pequena, bacia e peneira de plástico (Figura11). Foram acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas.

As amostras foram analisadas por ICP-OES (espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente) e ICP-MS (espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente) para 53 (cinquenta e três) elementos químicos, na fração <80#, com abertura de Água Régia. As análises foram realizadas no Centro Tecnológico de Análises – CETAN, em Vitória.

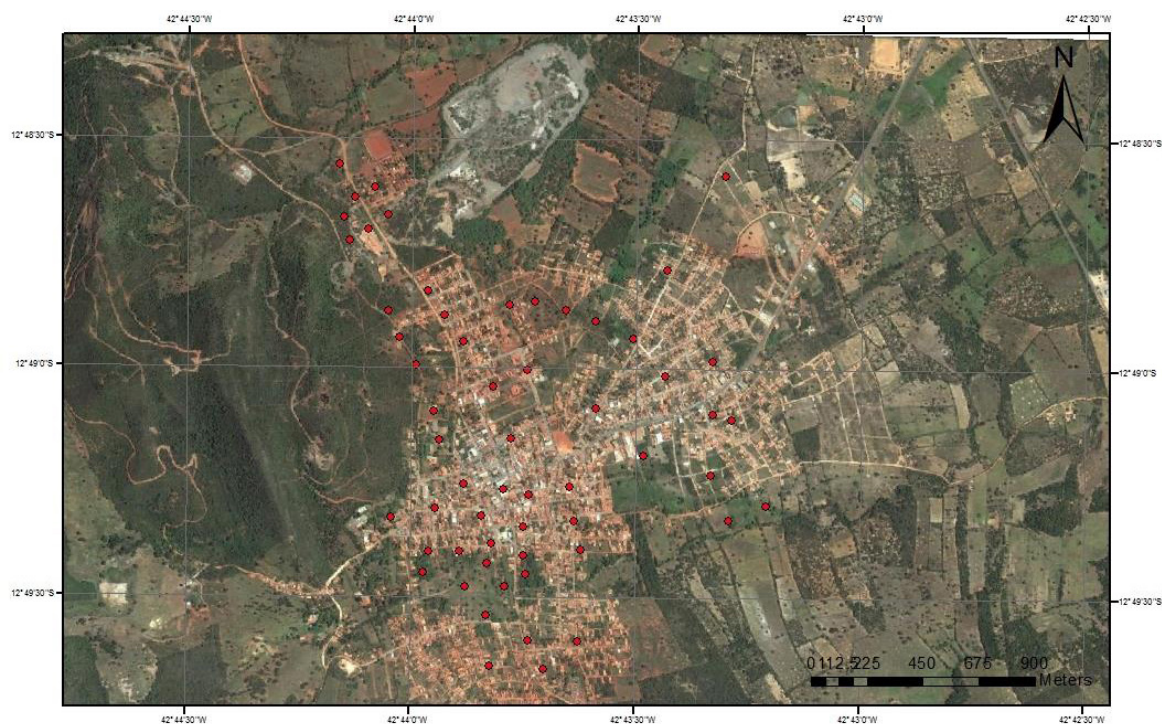


Figura 10 - Localização das estações de coleta das amostras de sedimentos de rua.



Figura 11 - Coleta de amostras de sedimentos de rua.

4. Amostras de poeiras no interior das residências

Foram coletadas 109 (cento e nove) amostras de poeiras coletadas no interior das residências, abrangendo residências escolhidas aleatoriamente, em toda área do centro urbano de Boquira e em quase todas as residências do antigo bairro operário (Figura 12). As amostras foram coletadas em locais onde se acumulam mais poeiras (caibros dos telhados, meias-paredes, em cima dos móveis, atrás dos quadros, etc.). Para a coleta utilizou-se pincéis e pá de plástico

e as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e lacrados (Figura 13). As amostras foram analisadas por ICP-OES (espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente) e ICP-MS (espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente) para 53 (cinquenta e três) elementos químicos, na fração <math><80\mu\text{m}</math>, no Centro Tecnológico de Análises – CETAN, em Vitória. Também foram aplicados questionários aos moradores da residência.

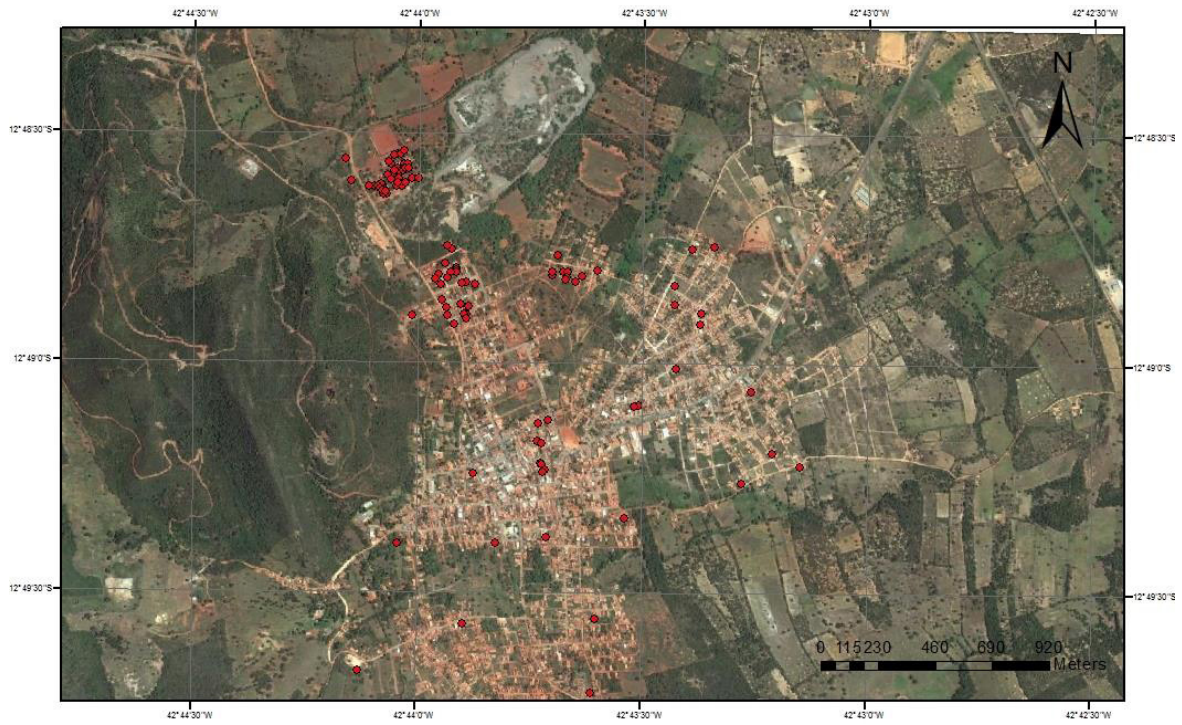


Figura 12 - Localização das residências onde houve coleta das amostras de poeiras.



Figura 13 - Coleta de amostras de poeira.

RESULTADOS OBTIDOS

Material da bacia de rejeito

A figura 14 ilustra a localização dos furos 1, 2 e 3 e das amostras dos materiais das crostas clara e escura coletados na bacia de rejeito, cujos resultados analíticos de alguns metais estão representados nos histogramas das figuras 16 (A e B), 17 (A e B), 18 (A e B) e 19 (A e B).

Os ventos são constantes na área da bacia de rejeito, provocando a ressuspensão do material fino ali depositado (Figura 15), podendo estar contribuindo para a composição dos sedimentos de rua e poeiras residenciais do bairro operário e centro urbano da cidade. A tabela 1 apresenta os resultados das análises químicas das amostras coletadas na bacia de rejeito em suas diferentes profundidades.



Figura 14 - Localização dos furos de trado e das crostas clara e escura.



Figura 15 - Material fino depositado na bacia de rejeito em ressuspensão durante os ventos constantes na região.

TABELA 1 – Resultados analíticos encontrados nas amostras coletadas na bacia de rejeito

AMOSTRA	PROFUNDIDADE	Ag (ppm)	As (ppm)	Ba (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppm)	P (ppm)	Pb (ppm)	Sb (ppm)	Sr (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	V (ppm)	Zn (ppm)
1	0	5,29	5,00	51,00	102,72	30,0	72,6	0,09	3124	22,6	612	>10000	4,49	26,5	4,00	9,34	30,00	4454
	0,5	3,28	3,00	99,00	72,97	27,0	55,2	0,03	3734	20,5	527	>10000	1,23	10,1	3,70	7,53	33,00	2765
	1	4,31	4,00	101,00	73,44	31,0	115,8	0,08	3135	26,4	395	>10000	3,53	11,0	10,20	11,13	39,00	4946
	1,5	5,34	2,00	22,00	91,58	18,0	101,3	0,07	2656	14,9	507	7945	3,80	16,9	11,20	43,45	35,00	4849
	2	5,53	2,00	13,00	281,01	17,0	135	0,23	2174	12,5	391	6439	3,47	17,2	2,70	10,34	29,00	>10000
	2,5	5,00	3,00	34,00	184,24	18,0	164,8	0,19	2741	15,1	604	7827	3,05	9,7	2,90	12,37	27,00	>10000
3	3,86	3,00	90,00	85,19	22,0	78,4	0,06	2854	18,9	579	>10000	3,42	8,9	4,90	12,11	41,00	5209	
Teor Médio		4,65	3,14	58,57	127,31	23,29	103,30	0,11	2917	18,7	516	7403	3,28	14,3	5,66	15,18	33,43	4445
2	0	8,93	5,00	69,00	95,29	38,00	109,40	0,16	2807	24,30	882	>10000	6,69	4,60	9,40	12,33	51,00	8614
	0,5	5,30	5,00	70,00	121,44	35,00	103,90	0,15	2643	22,20	675	>10000	6,67	7,00	8,80	12,22	44,00	>10000
	1	6,13	4,00	47,00	182,19	34,00	99,40	0,17	2491	19,00	723	>10000	6,74	7,80	6,50	13,13	43,00	>10000
	1,5	5,67	13,00	140,00	358,63	49,00	123,00	0,14	3023	40,60	670	>10000	5,04	7,00	5,50	12,99	39,00	>10000
Teor Médio	6,51	6,75	81,50	189,39	39,00	108,93	0,16	2741	26,53	738	>10000	6,29	6,60	7,55	12,67	44,25	8614	
3	0	6,49	6,00	175,00	194,93	133,00	204,20	0,12	3124	70,10	885,00	>10000	7,13	11,10	8,80	11,36	32,00	>10000
	0,5	7,19	7,00	243,00	151,49	100,00	508,80	0,14	3739	69,10	843,00	>10000	7,06	11,50	8,30	21,33	31,00	>10000
	1	7,63	6,00	196,00	142,26	114,00	337,60	0,20	3560	67,50	903,00	>10000	9,54	11,20	9,00	18,16	31,00	>10000
	1,5	8,71	7,00	174,00	195,66	113,00	294,50	0,27	3286	64,20	979,00	>10000	10,59	10,40	9,10	17,99	33,00	>10000
Teor Médio	7,51	6,50	197,00	171,09	115,00	336,28	0,18	3427	67,73	902,50	>10000	8,58	11,05	8,80	17,21	31,75	>10000	

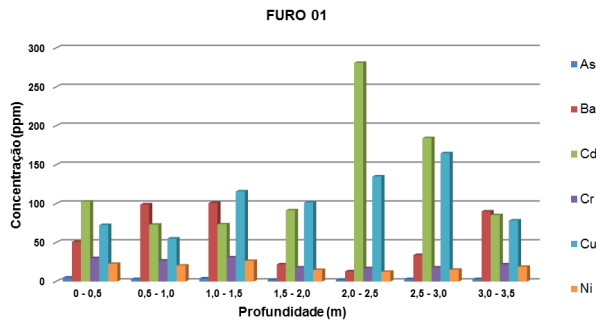


Figura 16a - Distribuição dos metais pesados de acordo com as profundidades do furo 1.

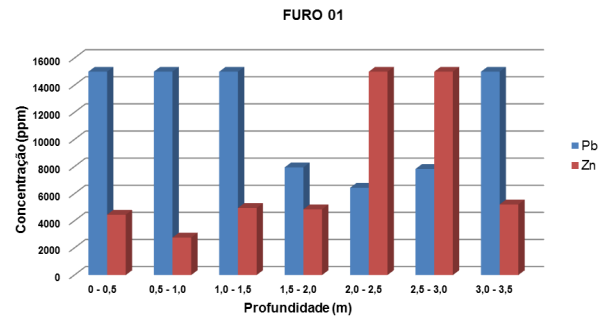


Figura 16b - Distribuição do Pb e Zn de acordo com as profundidades do furo 1.

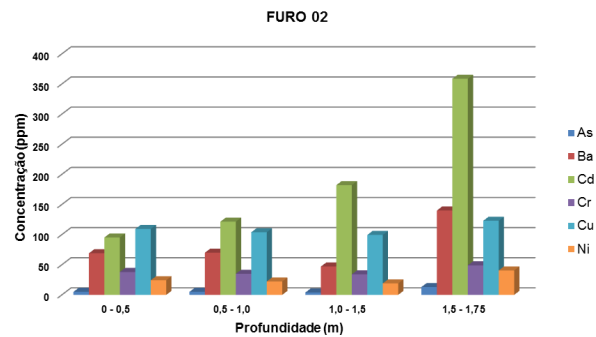


Figura 17a - Distribuição dos metais pesados de acordo com as profundidades do furo 2.

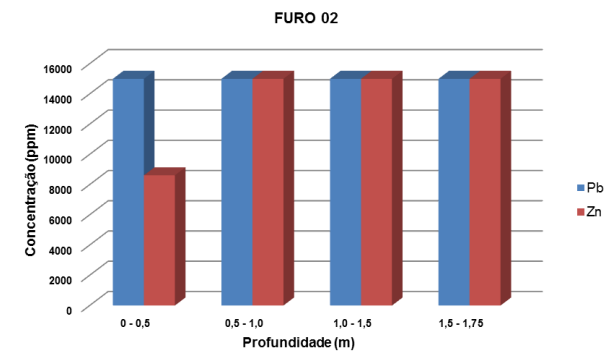


Figura 17b - Distribuição do Pb e Zn de acordo com as profundidades do furo 2.

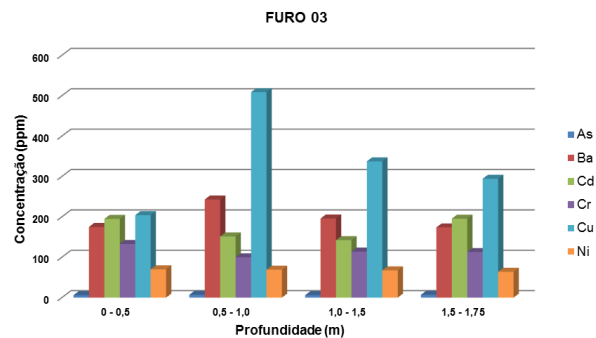


Figura 18a - Distribuição dos metais pesados de acordo com as profundidades do furo 3.

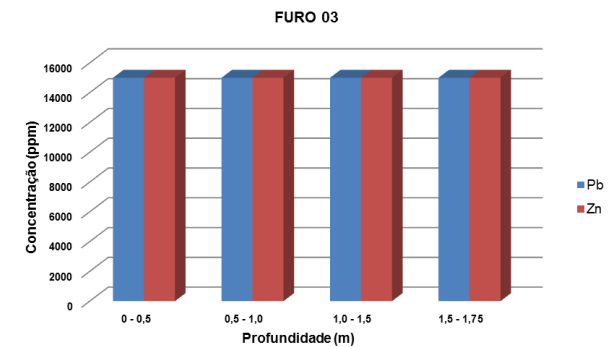


Figura 18b - Distribuição do Pb e Zn de acordo com as profundidades do furo 3.

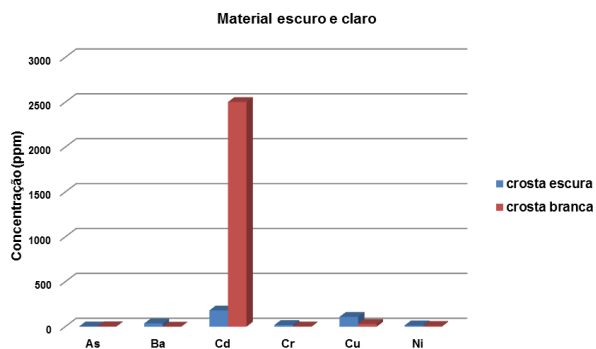


Figura 19a - Distribuição dos metais pesados nas amostras das crostas clara e escura.

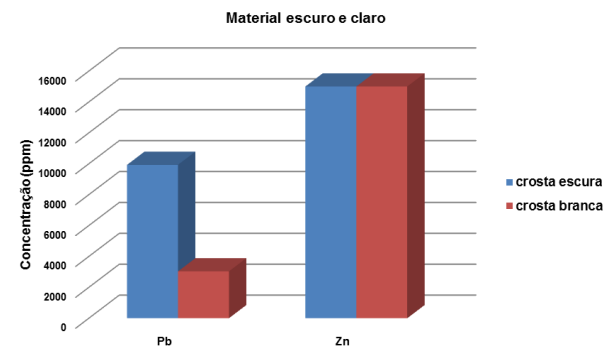


Figura 19b - Distribuição do Pb e Zn nas amostras das crostas cara e escura.

Esses resultados indicam que a distribuição e dispersão dos metais pesados na bacia de rejeito é bastante heterogênea, principalmente em relação às concentrações de bário, cádmio, chumbo e cobre, porém em relação aos teores de chumbo e zinco, observa-se que foram obtidos, na maioria das vezes, elevadas concentrações, acima de 10.000ppm.

As amostras do material da bacia de rejeito caracterizado como crostas esbranquiçadas e cinza, podendo indicar precipitação de sais (Figura 8) apresentaram concentrações elevadas para a maioria dos metais pesados, sendo que o chumbo e o zinco apresentaram teores acima de 10.000ppm.

Comparando-se os teores obtidos para os elementos bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel, prata e zinco nas amostras coletadas na bacia de rejeito, com os valores orientadores do CONAMA, utilizados por Bertolino et al (2015) verifica-se que estão extremamente elevados, caracterizando áreas contaminadas, podendo configurar sério risco à saúde pública e ao meio ambiente. O que corrobora com os resultados obtidos no estudo do DNPM (2006) e de Bertolino et al (2015). Esses últimos autores ainda ressaltam a ocorrência do mineral fibroso (Figura 20), lizardita, silicato hidratado de magnésio e ferro do grupo das serpentinas, que quando inalado também pode vir a implicar riscos à saúde, além dos minerais actinolita e cummintonita do grupo dos anfibólios.

2. Água utilizada para consumo humano

Na tabela 2 estão disponibilizadas as concentrações médias dos metais pesados nas amostras de água coletadas nos poços de água utilizados para consumo doméstico.

Os resultados analíticos das amostras de água indicam que podem ser consideradas próprias para utilização humana, estando quase que todos os elementos analisados em concentrações inferiores aos valores permitidos pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e CONAMA 396/2008 e pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde,

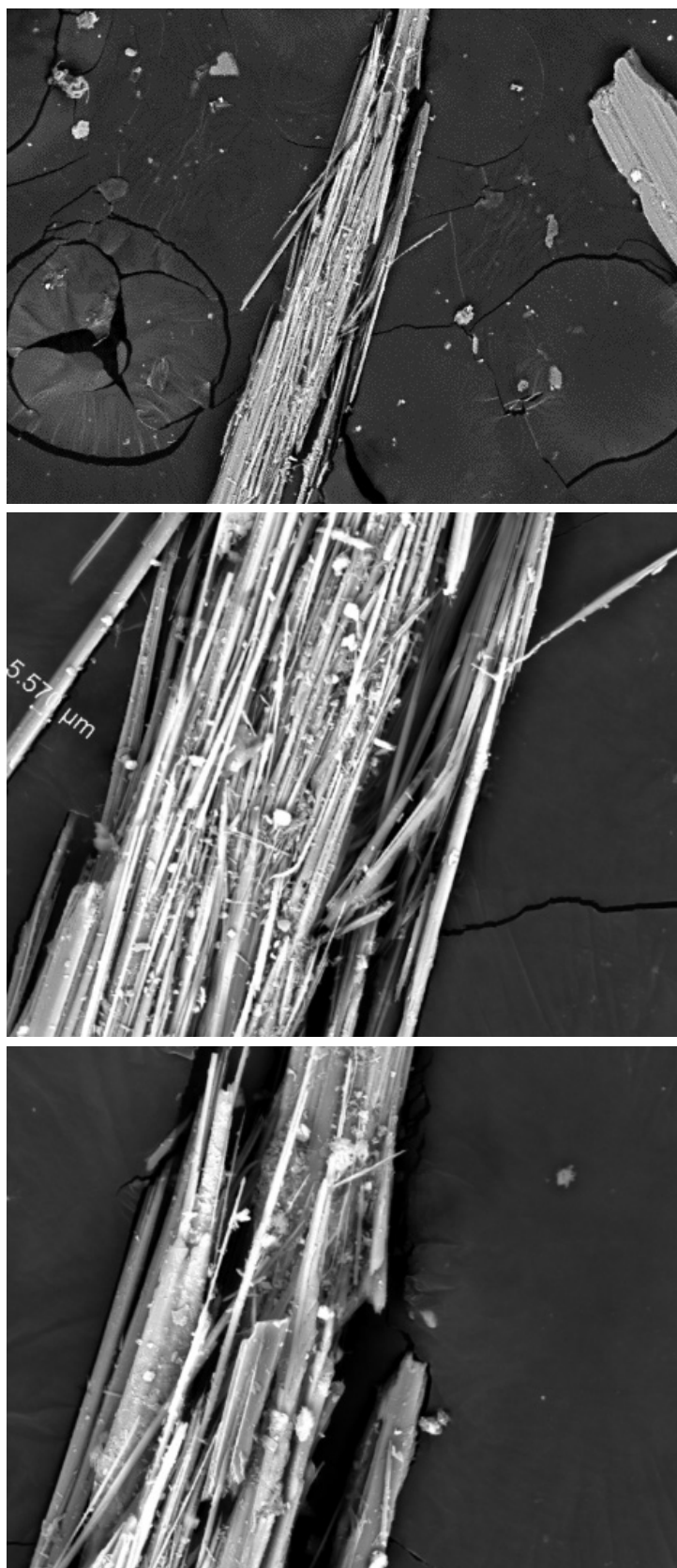


Figura 20 - Mineral fibroso (silicato hidratado de Mg) detectado por Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV, segundo Bertolini et al (2015)

TABELA 2 – Concentrações médias, em mg/L, dos cátions (metais pesados) e dos ânions nas amostras de água utilizadas para consumo humano em relação aos valores permitidos pelas legislações ambientais.

ELEMENTOS	MÉDIA DOS TEORES	CONAMA 357/2005	CONAMA 396/2008	PORTARIA MS 2.914/2011
Cátions				
Al	0,15	0,1	0,2	-
As	0,0015	0,01	0,01	0,01
Ba	0,6	0,7	0,7	0,7
Cd	< 0,01	0,001	0,005	0,005
Cr	0,002	0,05	0,05	0,05
Cu	0,003	0,009	2,0	2,0
Fe	5,68	0,3	0,3	-
Mn	0,23	0,1	0,1	-
Ni	0,01	0,025	0,02	0,07
Pb	< 0,002	0,01	0,01	0,01
Sb	0,001	0,005	0,005	0,005
Se	0,0036	0,01	0,01	0,01
V	0,018	0,1	0,05	-
Zn	0,079	0,18	5,0	-
Ânions				
Brometo	0,093	-	-	-
Cloreto	136,25	250	250	250
Fluoreto	0,038	1,4	1,5	1,5
Fosfato	0,068	-	-	-
Nitrato	47,51 (≈10,73 N)	10N	10N	10N
Nitrito	0,045 (≈0,199 N)	1N	1N	1N
Sulfato	39,14	250	250	250

com exceção do Fe que está bastante elevado em relação a essas legislações.

3. Sedimentos de rua (*street sediment*)

Dos resultados analíticos dos elementos analisados nas amostras de sedimentos de rua somente o Al, Ca, Fe, Mg, Na e Pb foram detectados acima dos limites de quantificação do equipamento analítico, indicando composição química das rochas e solos da região, como ainda esses elementos são encontrados em materiais de construção civil. O sumário estatístico dos resultados analíticos encontra-se na tabela 3. A Resolução CONAMA 420/2009, que dispõe valores orientadores para solos contaminados por atividades antrópicas, mostra que desses elementos, somente o Pb apresenta valor orientativo de prevenção – 72ppm, porém os teores obtidos nas amostras de sedimentos de rua em Boquira estão todos muito abaixo desse valor, variando de 0,1 a 1,2ppm.

TABELA 3 – Sumário estatístico dos elementos detectados nas amostras de sedimentos de rua

ELEMENTOS	VALOR MAX.	VALOR MIN.	MEDIANA
Al (%)	4,65	0,005	0,94
Ca (%)	23,10	0,005	0,83
Fe (%)	12,40	0,02	2,17
Mg (%)	4,52	0,005	0,44
Na (%)	3,73	0,005	0,005
Pb (ppm)	1,20	0,10	0,10

A figura 21 representa o mapa da distribuição das concentrações de chumbo nas estações de coleta de sedimentos de rua, mostrando que os valores mais elevados estão localizados na antiga vila operária, muito próxima à bacia de rejeito.

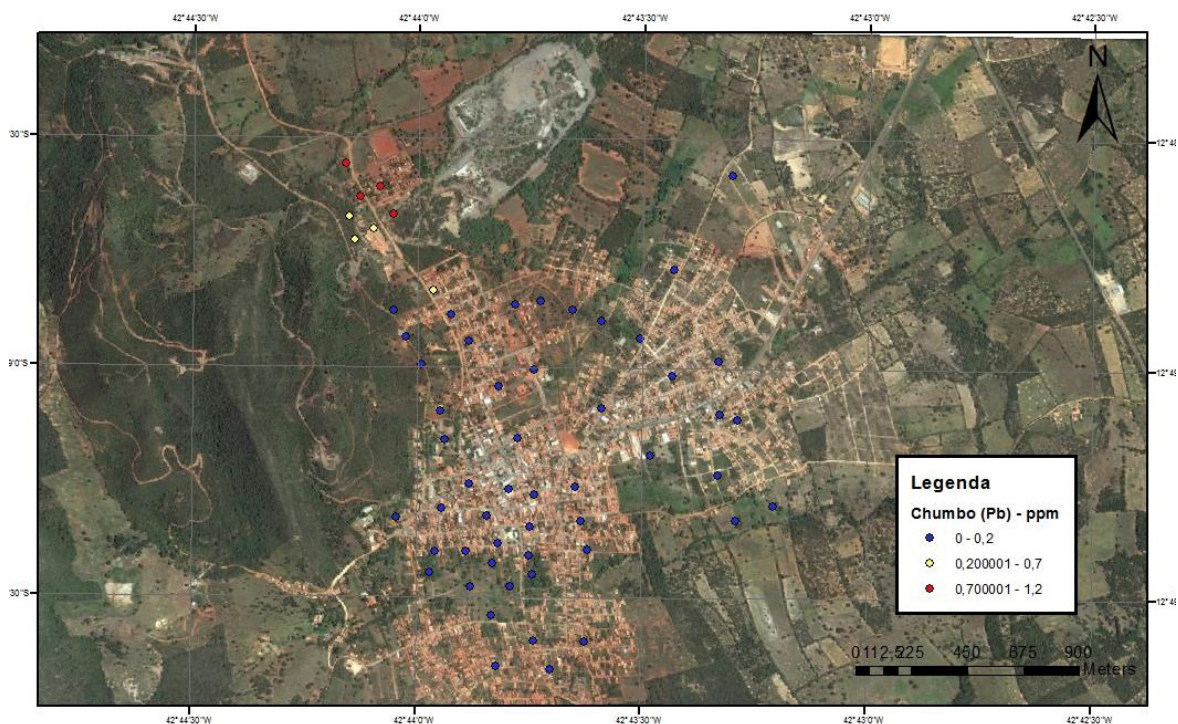


Figura 21 - Distribuição dos teores de chumbo nas estações de amostragem dos sedimentos de rua em Boquira.

4. Poeiras do interior das residências (*dust indoor*)

A tabela 4 dispõe o sumário estatístico dos resultados dos elementos que foram detectados acima do limite de quantificação do método analítico nas amostras de poeiras coletadas dentro das residências em Boquira. Não existe legislação brasileira que determine valores orientativos para esse tipo de material em relação à saúde humana. Porém, observando-se a tabela, os elementos considerados tóxicos ao ser humano mostram teores bastante elevados, como o chumbo, cobre e manganês.

Nas figuras 22 a 31 estão disponibilizados os mapas de dispersão dos elementos Al, Ba, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sr, V e Zn, respectivamente, nas amostras de poeiras residenciais. Esses elementos são considerados perigosos à saúde humana, especialmente o Ba, Cr, Mn, Ni e Pb, que estão dispersos por toda área urbana de Boquira, sendo que os teores mais elevados do Mn e o Pb se concentram na antiga vila operária, próximo a bacia de rejeito.

TABELA 4 - Sumário estatístico dos elementos detectados nas amostras de poeiras residenciais

ELEMENTOS	VALOR MAX.	VALOR MIN.	MEDIANA
Al (%)	4,1	0,8	2,3
As (ppm)	170	0,5	0,5
Ba (ppm)	4,1	0,8	2,3
Bi (ppm)	156	0,025	0,025
Cd (ppm)	95	0,005	0,005
Ca (%)	95	0,7	2,5
Pb (ppm)	9.020	0,1	326
Co (ppm)	28	0,05	8
Cu (ppm)	3.710	0,25	42,5
Cr (ppm)	91	9	39
S (%)	0,4	0,005	0,005
Sr (ppm)	755	36	91
Fe (%)	11	0,6	3,85
P (ppm)	2.770	26	788,5
Li (ppm)	6	0,5	0,5
Mg (%)	5.790	0,1	0,6
Mn (ppm)	4.350	99	583
Mo (ppm)	11	0,025	0,025
Ni (ppm)	41	0,25	12
K (%)	1.340	0,1	0,5
Na (%)	1.230	0,005	0,1
V (ppm)	108	0,5	50,5
Zn (ppm)	5.790	0,5	212,5

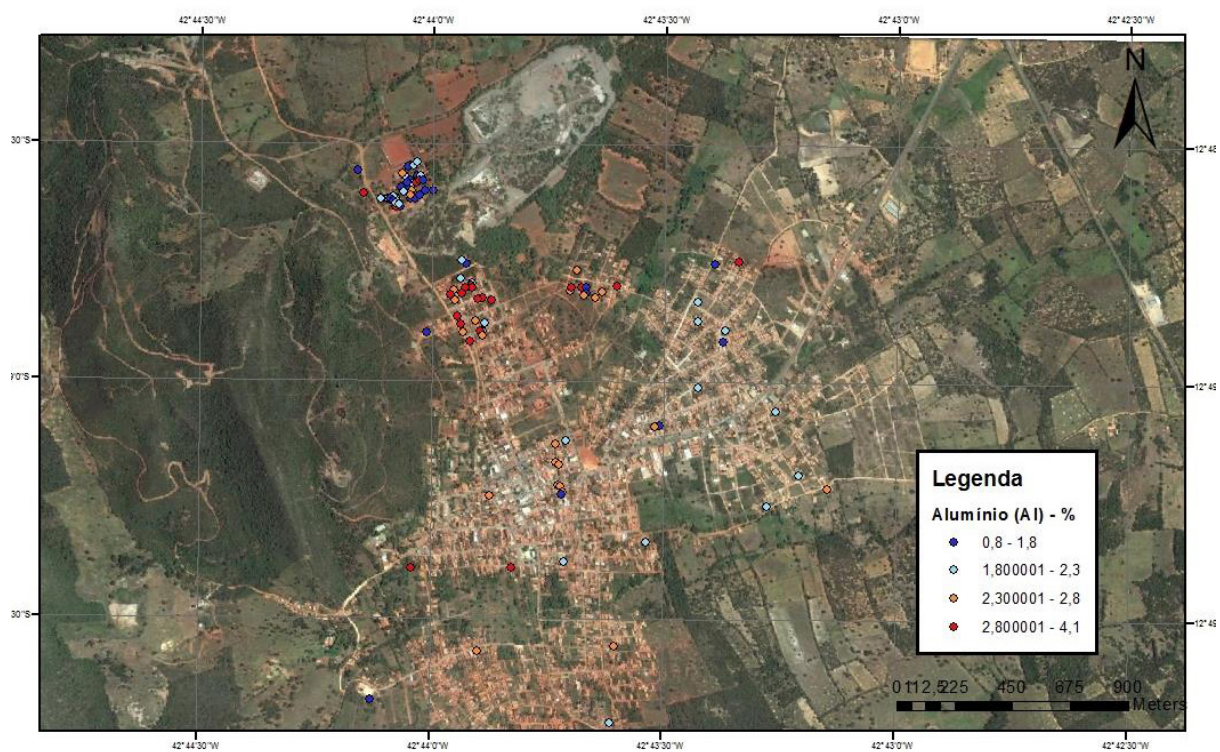


Figura 22 - Distribuição dos teores de alumínio (Al) nas estações de amostragem das poeiras residenciais.

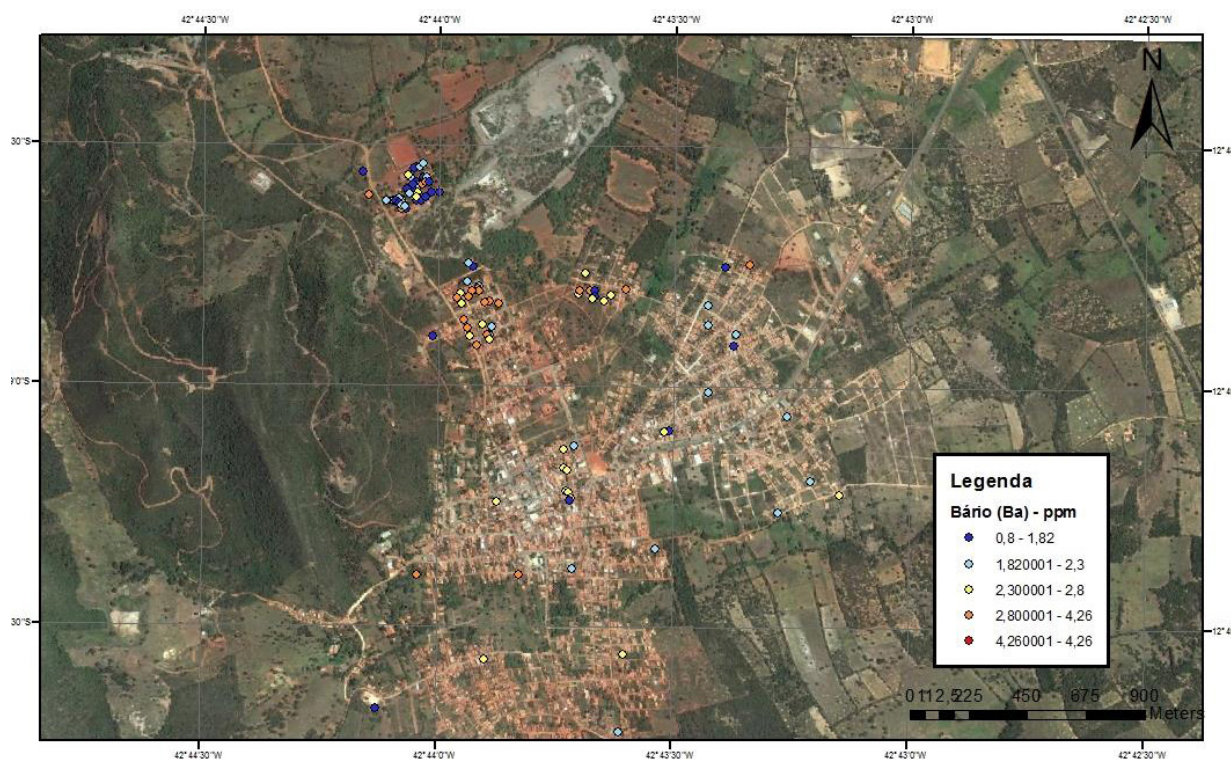


Figura 23 - Distribuição dos teores de bário (Ba) nas estações de amostragem das poeiras residenciais.

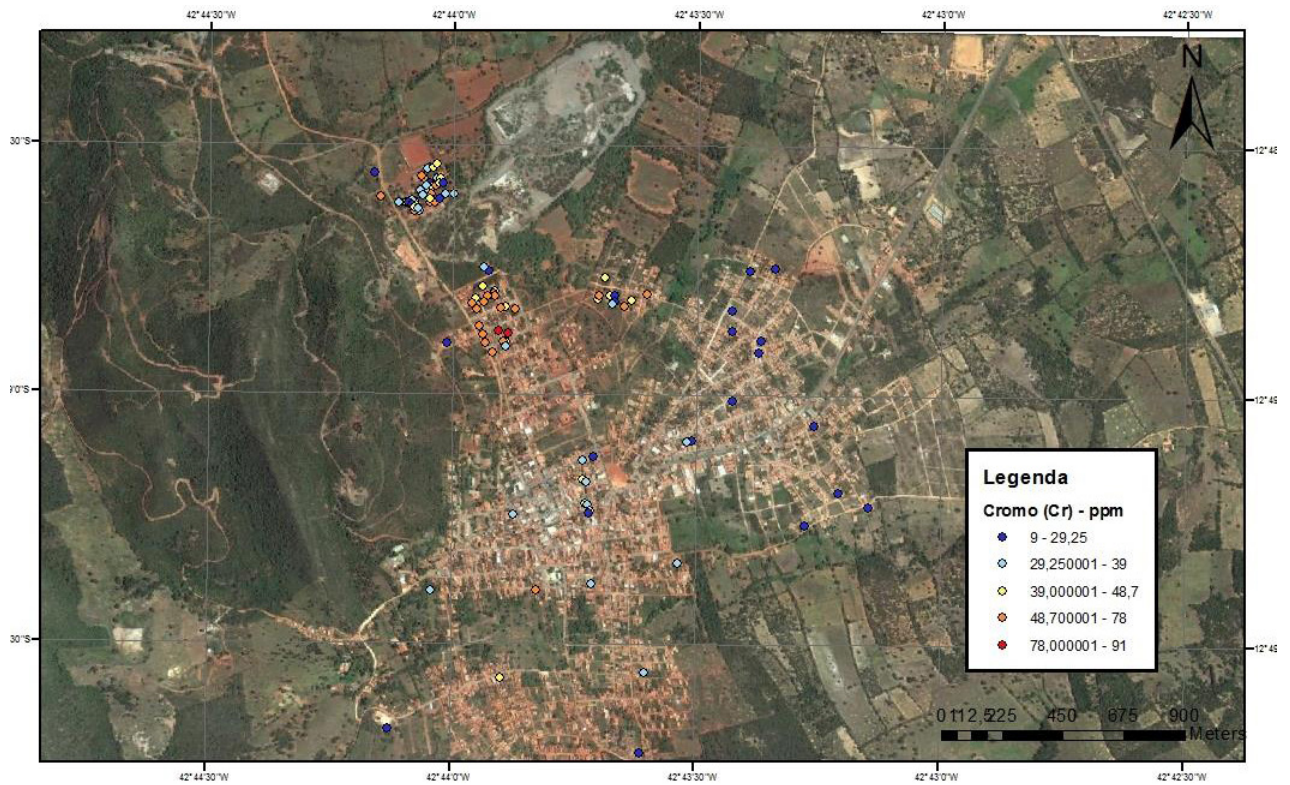


Figura 24 - Distribuição dos teores de cromo (Cr) nas estações de amostragem das poeiras residenciais.

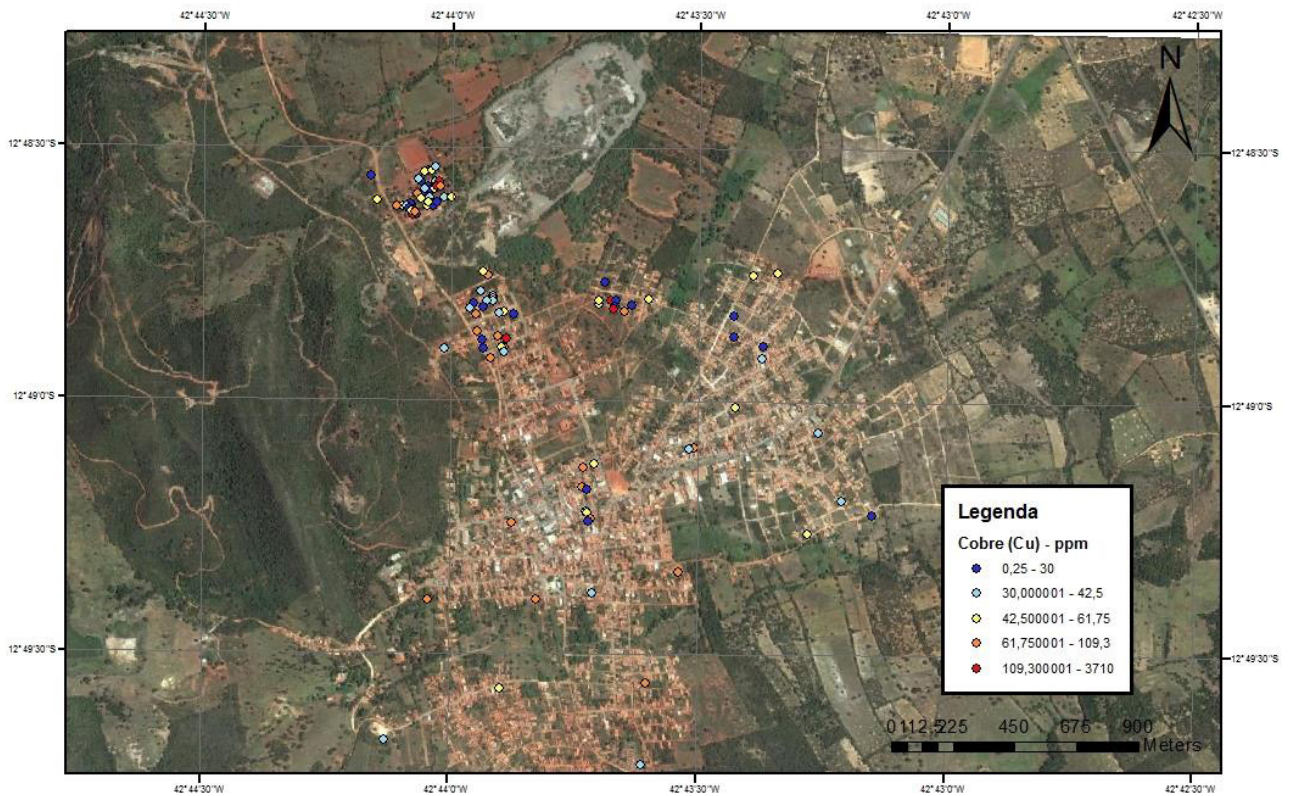


Figura 25 - Distribuição dos teores de cobre (Cu) nas estações de amostragem das poeiras residenciais.

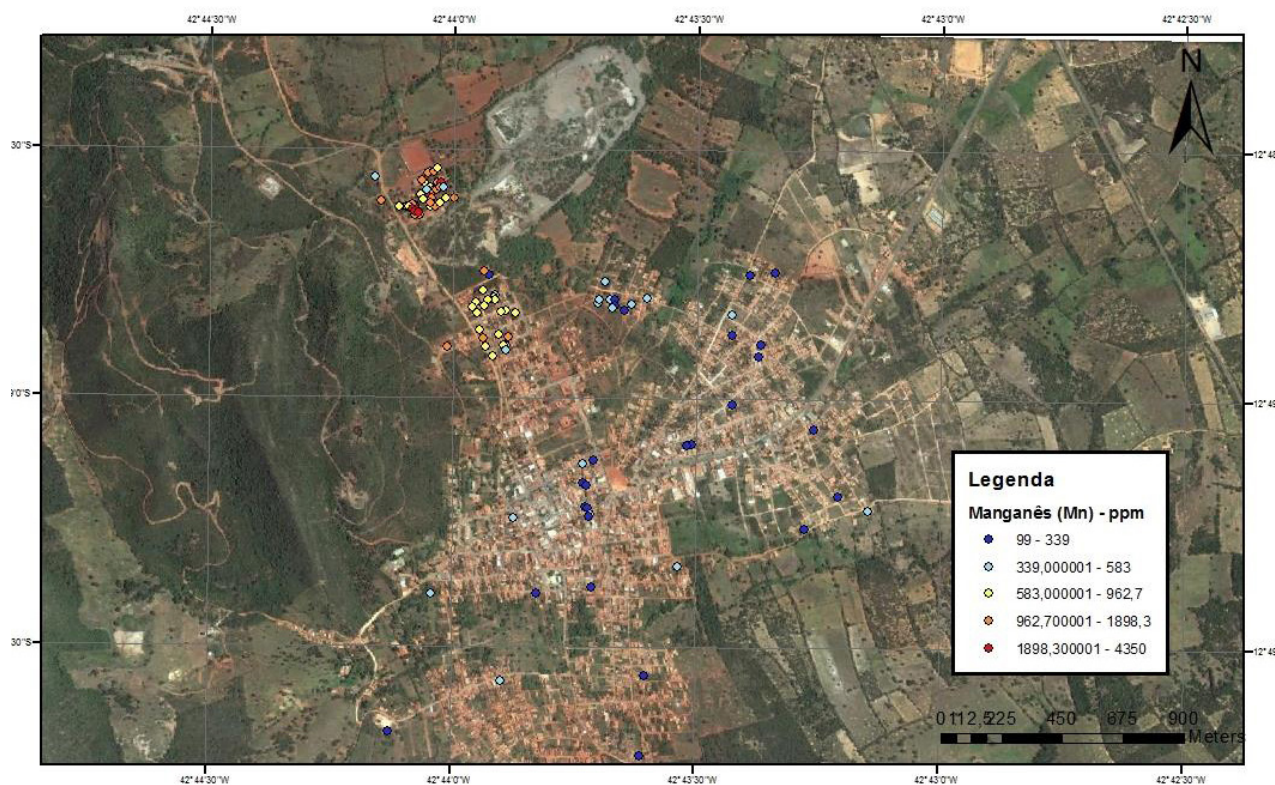


Figura 26 - Distribuição dos teores de manganês (Mn) nas estações de amostragem das poeiras residenciais.

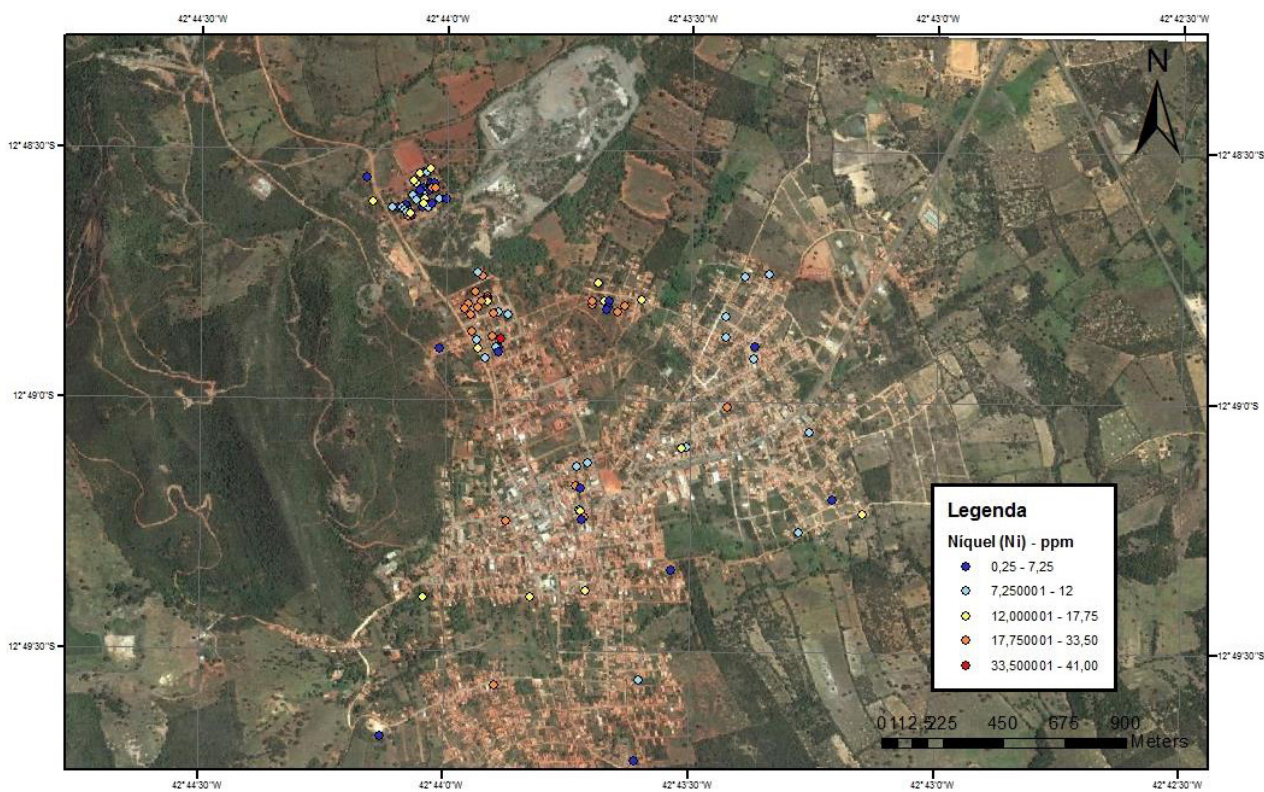


Figura 27 - Distribuição dos teores de níquel (Ni) nas estações de amostragem das poeiras residenciais.

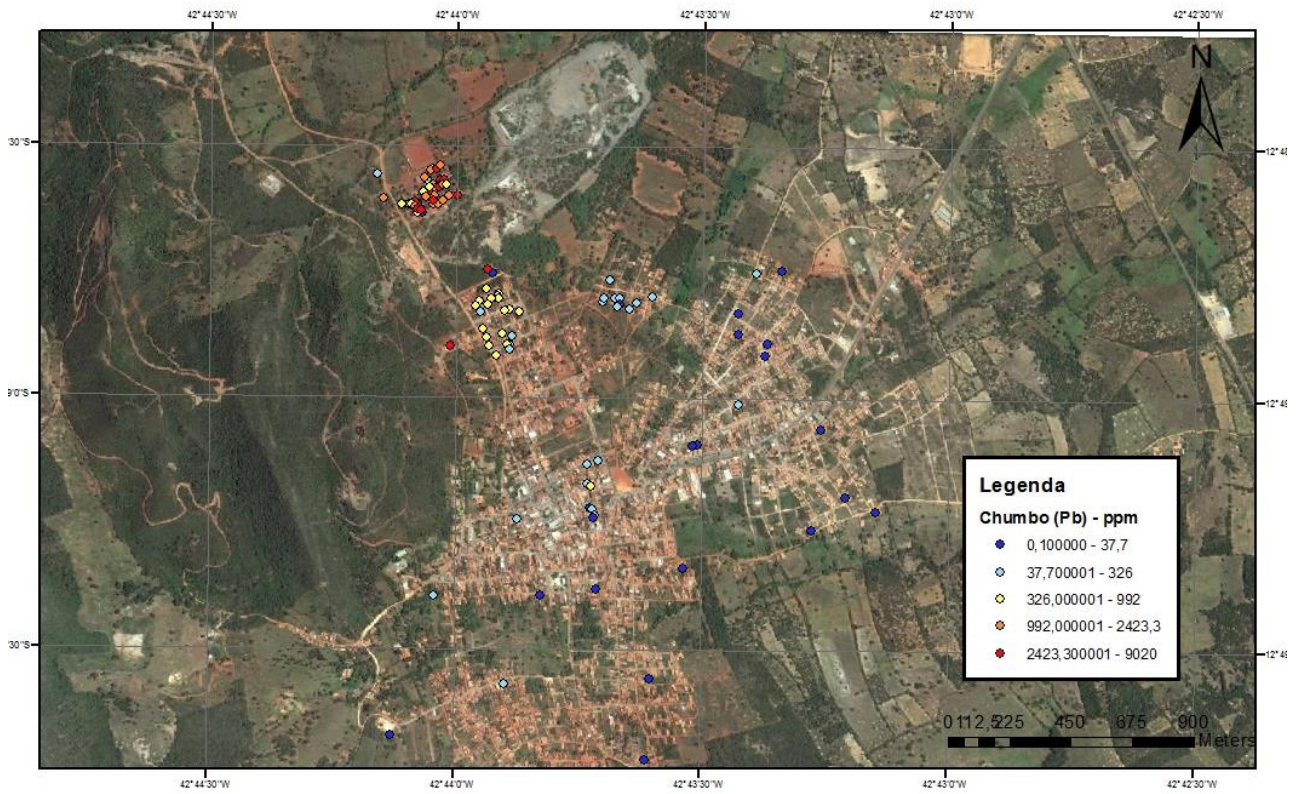


Figura 28- Distribuição dos teores de chumbo (Pb) nas estações de amostragem das poeiras residenciais.

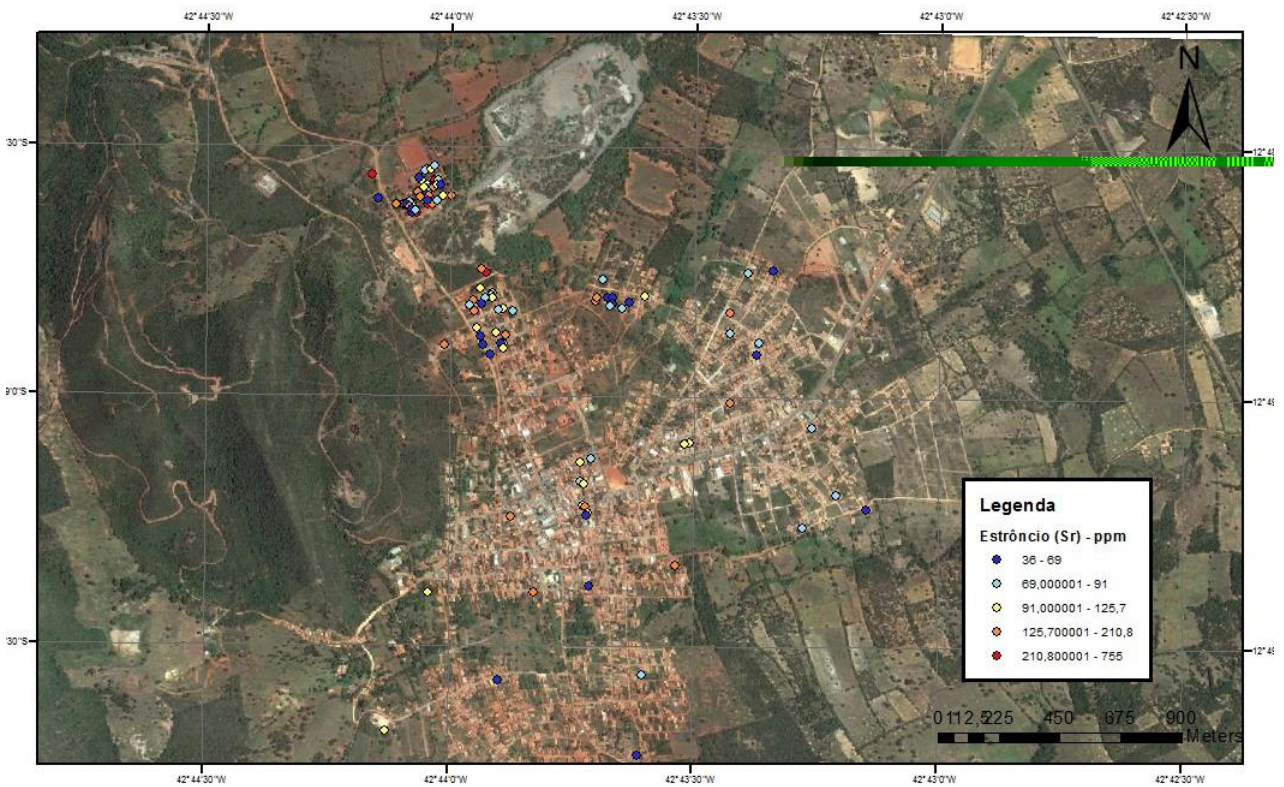


Figura 29 - Distribuição dos teores de estrôncio (Sr) nas estações de amostragem das poeiras residenciais.

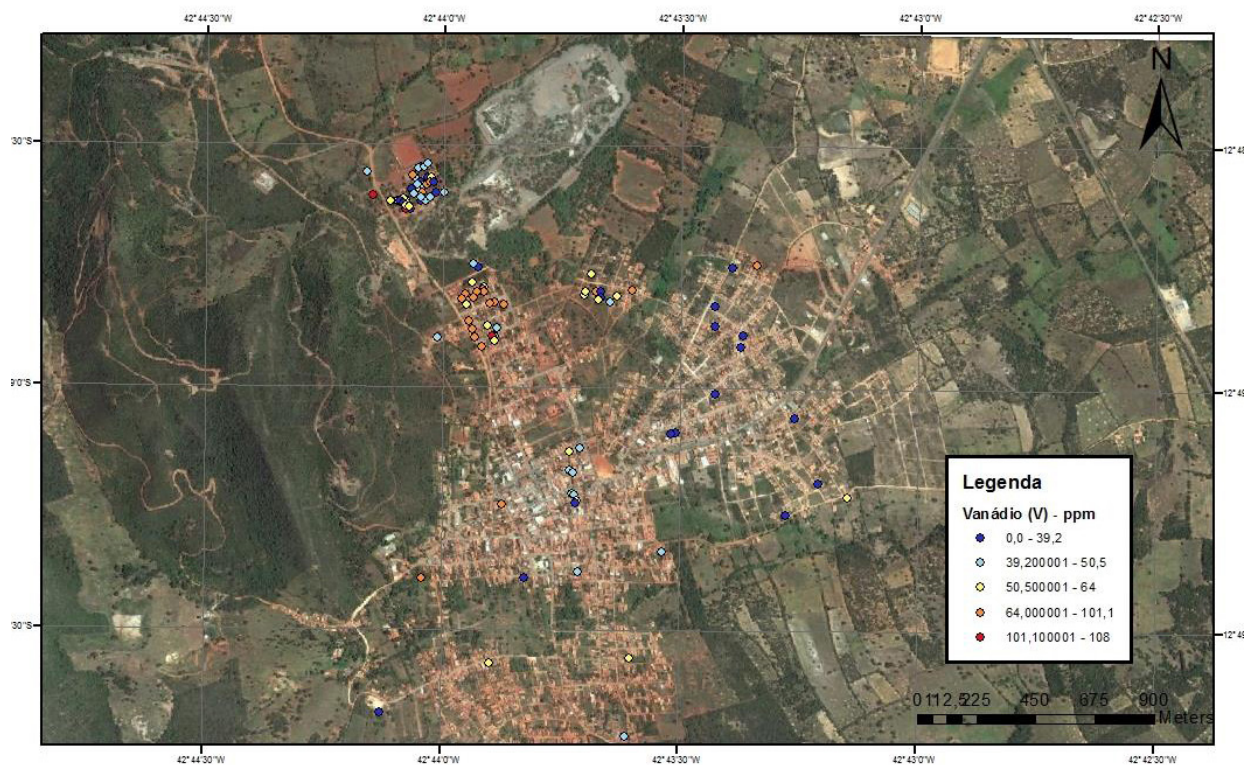


Figura 30 - Distribuição dos teores de vanádio (V) nas estações de amostragem das poeiras residenciais.

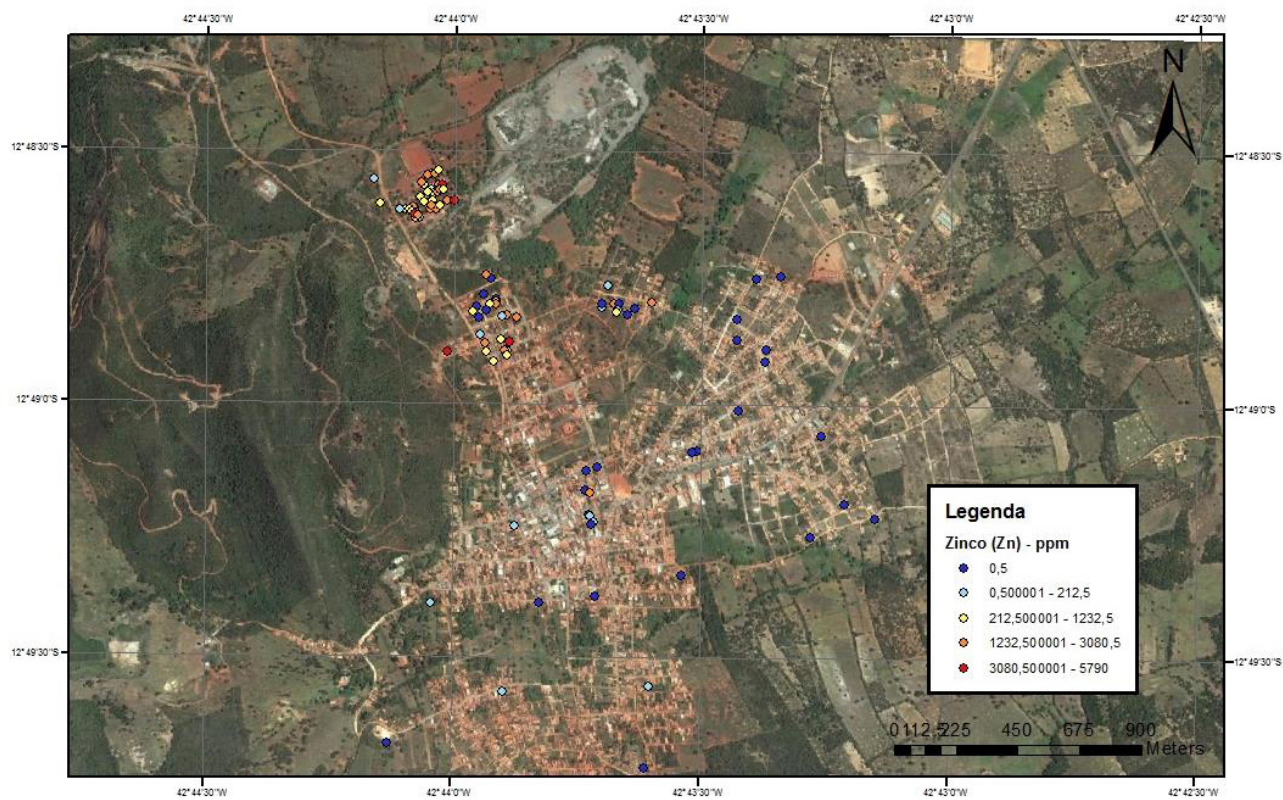


Figura 31 - Distribuição dos teores de zinco (Zn) nas estações de amostragem das poeiras residenciais.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Os resultados obtidos nesse estudo indicam que as amostras coletadas em diferentes materiais, especialmente nas amostras coletadas na bacia de rejeito e nas de poeira coletadas dentro das residências apresentam consideráveis teores de metais pesados, especialmente de chumbo, o que pode ser interpretado como um motivo de preocupação devido ao potencial risco à saúde da população.

Também, é preocupante os resultados obtidos no estudo de Bertolino et al. (2015) onde foi observado a ocorrência de minerais, como a lizardita, cummintonita e actinolita, com uma morfologia semelhante a fibras de asbestos no material da bacia de rejeito, o que pode implicar em risco à saúde da população quando sujeita a inalação de tais minerais.

Porém, é necessário aprofundar as pesquisas, com estudo de biodisponibilidade, com ensaios de especiação dos metais considerados perigosos à saúde

humana, nas amostras do material da bacia de rejeito e das poeiras, como ainda estudos da dispersão do material da bacia de rejeito em relação aos bairros mais próximos e ao centro da cidade de Boquira, instalando alguns equipamentos (amostradores de grande volume) para determinação da concentração de material particulado em suspensão e a caracterização química e física desse material, para avaliar a qualidade do ar na cidade de Boquira.

Esses estudos se tornam importantes para subsidiar a avaliação da qualidade de vida da população de Boquira, especialmente em relação à saúde.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a prefeitura da cidade de Boquira e aos moradores que abriram suas casas e permitiram a coleta das amostras de poeira. Somos gratos ainda a turma de alunos do curso de geologia da UFBA que nos ajudaram na etapa de coleta das amostras de sedimentos de rua.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, José Ângelo Sebastião Araújo dos; Sanchez, Luis Enrique. Plano de gestão ambiental para sítios contaminados com resíduos industriais: o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação - BA. *Bahia Análise & Dados*, Salvador, v. 10, n. 4, p. 306-309, mar. 2001. Disponível em: <http://jangello.unifacs.br/downloads/Projeto_Purifica.pdf>. Acesso em: 23 set. 2016.

ANDRADE, Álvaro Antônio Xavier de et al. Riscos e incertezas: a realidade pós-extração do minério de chumbo em Boquira, BA. *Interações*, Campo Grande, v. 18, n. 1, p. 103-117, jan./mar. 2017.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/inter/v18n1/1518-7012-inter-18-01-0103.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2016.

ASSUNPÇÃO, Henrique César Pereira et al. Síntese dos aspectos geoquímicos da bacia de rejeito da mineração de chumbo em Boquira, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 15., 19-22 out. 2015, Brasília. Anais. Rio de Janeiro: SBGq, 2016. Disponível em: <http://www.sbgq.org.br/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=1991:sintese-dos-aspectos-geoquimicos-da-bacia-de-rejeito-da-mineracao-de-chumbo-em-boquira-ba&Itemid=180>. Acesso em: 13 set. 2016.

ATLAS do Desenvolvimento Humano no Brasil. [S.l.]: PNUD, 2013. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: 16 maio 2016.

BERTOLINO, L. C.; ALVES, F. E. A.; FERNANDES, T. G. Caracterização mineralógica de amostras do rejeito da antiga mineração de chumbo em Boquira, Bahia. In: ENCONTRO DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 26., 18-22 out. 2015, Poços de Caldas, MG. [Anais]. [S.l.:s.n.], 2015. p. 382-389.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2012. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2015/maio/25/Portaria-MS-no-2.914-12-12-2011.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2014.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução 357/2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2014.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução 396/2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_396.pdf>. Acesso em: 10 maio 2014.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução 420/2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res42009.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2014.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Risk Analysis to Support Standards for Lead in Paint, Dust and Soil. Ohio: [s.n.], June 1998. v. 1. Disponível em: <<https://www.epa.gov/lead/risk-analysis-support-standards-lead-paint-dust-and-soil-volume-i-chapters-1-7-and-appendix-epa>>. Acesso em: 3 jun. 2010.

ESTATÍSTICAS dos Municípios Baianos: Bacia do Paramirim. Salvador: SEI, 2011. v. 19. Disponível em: <http://www.zee.ba.gov.br/zee/wp-content/uploads/2013/10/EstatisticaMunicipal/est_munba_2011_bacia%20paramirim.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2016.

FERNANDES, Tamara Grisolia. Determinação da Contaminação por chumbo em Boquira (BA) em decorrência da extração mineral. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

IBGE. Bahia: Boquira: infográficos: evolução populacional e pirâmide etária. Rio de Janeiro: IBGE, [201-]. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/77CM>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

SANTOS, Pedro Henrique Ramos dos. Avaliação preliminar dos impactos ambientais da mineração de Pb-Zn de Boquira, Bahia. 2014. 69 f. Trabalho de Conclusão

XIN HU et al. Bioaccessibility and health risk of arsenic, Mercury and other metals in urban street dusts from a mega-city Nanjing, China. 2011. *Environmental Pollution* 159, 1215-1221.



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL