

**AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA AMBIENTAL DO GARIMPO AREINHA: ESTUDO DA
CONCENTRAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS E OS DANOS À
SAÚDE HUMANA**

**ENVIRONMENTAL GEOCHEMICAL EVALUATION OF THE AREINHA GARIMPO: STUDY OF THE
CONCENTRATION AND DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SEDIMENTS AND DAMAGE TO
HUMAN HEALTH**

Amanda Dias Araújo

Pós-Graduada do Programa Interdisciplinar em Saúde, Sociedade e Ambiente
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
a-dias@live.com

Mariana de Oliveira Freitas

Pós-Graduada do Programa Interdisciplinar em Saúde, Sociedade e Ambiente
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
mariana.freitas.ufvjm@gmail.com

Lúcio do Carmo Moura

Prof. Dr. Departamento de Geografia
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
luciomouratim@gmail.com

Hernando Baggio Filho

Prof. Dr. Departamento de Geografia
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
hernandobaggio@yahoo.com.br

Rosana Passos Cambraia

Prof^a. Dr. Faculdade de Ciências Básicas e da Saúde
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
rosacambraia@gmail.com

RESUMO

O garimpo denominado Areinha está inserido na bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, cujas águas drenam áreas de garimpos que influenciam diretamente na qualidade do recurso hídrico. A área de pesquisa possui uma extensão de aproximadamente 9 km, área que está sob os cuidados da COOPERGADI. A pesquisa analisa os parâmetros para os metais Cu, Ni, Pb e Zn, analisando a concentração e a posterior comparação com a legislação do CONAMA 344/2004, visando inferir um alerta sob os riscos à saúde que da exposição direta a esses metais pode causar na população. Foram coletados 13 pontos, analisados sobre a técnica da espectrometria de absorção atômica por chama (FAAS). Para o Cu, o Ponto 3 Extra, ultrapassa o Nível 1, e o Ponto 1 Extra, excede do Nível 2. Para o Ni, o Ponto 3 Extra, ultrapassa o Nível 1. Para o Pb, seis pontos estão entre o Nível 1 (35,0 mg/kg) e o Nível 2 (91,3 mg/kg), e um ponto ultrapassa o Nível 2. Para o Zn nenhum dos treze pontos violou a legislação vigente. A modificação nas atividades de garimpo, de manuais para mecanizadas, intensificou o impacto ambiental negativo nessa região, devido a necessidade de removerem grandes quantidades de sedimentos para a extração do ouro e diamante.

Palavras chave: Garimpo. Metais pesados. Rio Jequitinhonha. Sedimentos.

Recebido em: 21/09/2017

Aceito para publicação em: 22/11/2017

ABSTRACT

The garimpo called Areinha is inserted in the catchment area of the Jequitinhonha river, whose waters drain garimpo areas that directly influence the quality of the water resource. The research area has an extension of approximately 9 km, an area that is under the care of COOPERGADI. The research analyzes the parameters for metals Cu, Ni, Pb and Zn, analyzing the concentration and the subsequent comparison with the legislation of CONAMA 344/2004, in order to infer an alert under the health risks that direct exposure to these metals can cause in the population. A total of 13 points were collected, analyzed on the technique of flame atomic absorption spectrometry (FAAS). For the Cu, Extra Point 3, exceeds Level 1, and Extra Point 1 exceeds Level 2. For Ni, Extra Point 3 exceeds Level 1. For Pb, six points are between Level 1 (35.0 mg/kg) and Level 2 (91.3 mg/kg), and one point exceeds Level 2. For Zn none of the thirteen points violated the current legislation. The change in garimpo activities from manuals to mechanized intensified the negative environmental impact in this region due to the need to remove large amounts of sediment for the extraction of gold and diamond.

Key works: Garimpo. Heavy Metals. Jequitinhonha River. Sediment.

INTRODUÇÃO

Intervenções antrópicas no meio ambiente causam alterações significativas, e os efeitos da degradação dos recursos naturais muitas vezes implica no surgimento de fatores ambientais de risco (SOUSA, 2014). A análise desses impactos ou modificações naturais são discutidos nas diversas esferas da ciência, apontando a necessidade de uma interação entre especialistas em áreas distintas que foquem nos prejuízos ao ambiente natural, mas também considerem os efeitos na saúde animal e humana dos seres relacionados a este ambiente. Tibiriçá (2006) aponta a multidisciplinaridade e a interdisciplinaridade como solução para se discutirem os fatores alheios à geografia, o que levou ao crescente interesse pelas áreas da Geologia Média e a Geografia da Saúde. Essas duas ciências colaboram para a compreensão de um impacto ambiental inter-relacionando os ambientes Físico e Social.

O Ambiente Social engloba as intervenções antrópicas, como a própria urbanização, os desmatamentos, a agricultura, a pecuária, as atividades industriais e de exploração mineral, entre outras. Por sua vez, o Ambiente Físico é relacionado ao relevo, à composição das rochas, ao clima, à vegetação e à hidrografia.

Esse estudo interdisciplinar é importante pelo fato de muitas doenças serem relacionadas à qualidade do ambiente ao qual uma população está exposta. Os agentes nocivos presentes no ar, água, solo e alimentos são os maiores causadores de doenças graves e mortes pelo mundo, sendo que boa parte delas poderia ser prevenida com a manutenção da boa qualidade ambiental.

No Brasil, existem leis que regularizam a interação da sociedade com o meio ambiente, e explicita a relação entre a saúde humana e o meio ambiente, como no art. 3º da Lei Federal 8.080/90², ao definir os fatores que influenciam nos níveis de saúde de uma população:

a saúde tem como fatores determinantes e condicionantes, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais; os níveis de saúde da população expressam a organização social e econômica do país.

A Geografia da Saúde pode ser definida como o campo de estudo geográfico que engloba a análise da saúde ambiental, onde se discute a relação entre os problemas resultantes das alterações do meio ambiente e os efeitos nocivos à saúde coletiva (TIBIRIÇÁ, 2006; ALIEVI e PINESE, 2010; SANTOS, 2010). Portanto, o objetivo central da Geografia da Saúde é a compreensão do papel dos fatores ambientais no aparecimento e desenvolvimento de doenças no espaço geográfico, sendo principais os fatores biológicos, físicos, químicos, psicológicos e acidentes causados ou não pela resposta à ação antrópica sobre o espaço geográfico (ALIEVI e PINESE, 2010; DUARTE, 2014), focando não no enfermo em si, mas nas enfermidades e sua relação com a situação econômica, social e ambiental

² Lei 8.080, de 19 de setembro de 1990. Publicada no Diário Oficial da União em 20/9/1990.

em que o indivíduo está inserido (BARCELLOS e MACHADO, 1998; RIBEIRO, 2004; SANTOS, 2010). Isto é, a Geografia da Saúde exerce papel crucial no estudo dos efeitos promovidos pelo meio externo na saúde e bem-estar de uma sociedade, bem como a espacialização das doenças e, no que tange este trabalho, a espacialização da contaminação dos sedimentos por metais pesados.

A partir desse contexto de degradação do ambiente surge a necessidade de se explorarem áreas de contaminação por metais pesados, a fim de se explorar a interação entre os conhecimentos geográficos e médicos, evidenciando a importância no surgimento e distribuição de determinadas doenças relacionadas à exploração mineral (LACAZ, 2003 *apud* ARAÚJO, 2006).

Os metais pesados são manipulados pelo homem há milhares de anos, e há muito se conhecem seus impactos negativos à saúde humana. Avanços nos setores agrícola, industrial e de mineração contribuíram abundantemente para a contaminação dos solos e dos recursos hídricos por metais pesados (SHOKR *et al.*, 2016). No entanto, a presença dos metais pesados no ecossistema não é devida apenas às atividades antropogênicas, mas, em alguns tipos de solo, esses elementos são oriundos do seu processo de formação (intemperismo das rochas e solos), por estarem presentes no material parental, constituindo fonte primária de metais pesados (BAGGIO, 2008). Dessa forma, desenvolveu-se em torno da contaminação por metais pesados um particular interesse no âmbito das pesquisas em geoquímica ambiental.

A atividade de mineração causa uma desfiguração no terreno e intensa alteração da paisagem, ocasionando impactos topográficos, vegetativos e hídricos na área de influência direta do empreendimento de extração mineral (RIBEIRO *et al.*, 2006). Essa alteração do ambiente natural pelas atividades de mineração tem como consequência a liberação de metais para o ambiente. O processo de exploração mineral, quando feito de forma desordenada e com baixo controle tecnológico, provoca grande impacto nas áreas de extração:

A atividade de extração do garimpo no estado de Minas Gerais é considerada um problema ambiental de grande relevância, pois, apesar de os impactos causados serem pontuais, na sua maioria, eles são intensivos e alteram negativamente o ambiente através de diversas formas de impactos e, quando as técnicas utilizadas são artesanais, expõem os garimpeiros ao contato direto com os rejeitos e reagentes da mineração, o que pode causar danos à sua saúde (ARAÚJO, 2015).

Os rejeitos gerados pelas atividades de mineração são despejados nos cursos d'água por meio do escoamento superficial, descarga de esgotos, efluentes industriais e das atividades de mineração e de garimpo alterando a sua qualidade ambiental (RIBEIRO, 2010; SHOKR *et al.*, 2016; DUARTE, 2014). Os cursos d'água, por sua vez, desaguam nos rios, lagos ou reservatórios que fornecem a água potável contaminada com metais pesados para a população a jusante.

Os rios, quando possuem águas e sedimentos contaminados, podem passar a ter funções negativas, como apontado por Holder (2008, p. 220):

- a) impactos sobre a saúde humana ocorrendo pela ingestão de peixes contaminados, pela ingestão da água ou mesmo pela travessia e atividades de natação;
- b) impactos ecológicos diretos sobre a vida silvestre e espécies aquáticas;
- c) prejuízos à pesca recreativa ou profissional;
- d) custos elevados de tratamento de água potável; além
- e) da perda de práticas culturais de populações tradicionais e indígenas, que geralmente, desenvolvem suas atividades próximas ao leito dos rios.

Segundo Lemes (2001) e Ribeiro (2010), a qualidade das águas é representada por variáveis ligadas às características naturais, como a geologia do terreno e a cobertura vegetal, e, principalmente, ao uso e ocupação adequados do solo na bacia hidrográfica, sendo que a noção de qualidade, na maioria das vezes, está relacionada apenas às características organolépticas, como sabor, odor e cor; fatores estes que estão conectados apenas à sensibilidade humana, podendo muitas vezes não revelar a real situação da qualidade das águas. Assim, no âmbito legal, os rios são classificados quanto ao uso que se dá para suas águas e a qualidade que deve ser mantida em função desse uso, sendo as reservas ecológicas e as destinadas ao abastecimento público os alvos de maiores exigências (LEMES, 2001).

Esta pesquisa tem como fundamentação a medida dos níveis de metais pesados presentes no garimpo Areinha, trecho do Rio Jequitinhonha, o que é imprescindível para determinação das fontes desses metais, além de seus usos e dos seus efeitos tóxicos, servindo de alerta aos trabalhadores e moradores diretamente ligados à bacia sobre os impactos à saúde humana com o intuito de investigar os efeitos nocivos à sua qualidade de vida, comparando os resultados encontrados com os padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), N° 344 de 25 de março de 2004.

SEDIMENTOS E METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS

Sedimentos de fundo são compostos por materiais sólidos insolúveis e desagregados, originados da alteração das rochas e solos e assentados pela ação da gravidade. Os sedimentos da rede hidrográfica tornaram-se assunto de interesse para as investigações ambientais devido à presença de contaminantes em meio às partículas dos sedimentos, muitas vezes por intervenções antrópicas na região.

Dessa forma, os sedimentos são tomados como os destinos finais de fixação de fontes poluidoras, sobretudo os metais pesados, que são fixados nas partículas dos sedimentos de fundo, permanecendo sem solubilizar e que podem ser liberados para o curso d'água quando ocorre alguma alteração ambiental, como variações de pH, de salinidade e outros (LEMES, 2001, BAIRD, 2002, p. 447). E a grande importância de se analisarem os sedimentos para detecção dos teores de metais pesados está na capacidade físico-química dos sedimentos de acumular nas bacias de drenagem esses elementos por processos de precipitação, assimilação biológica e, principalmente, adsorção (TRINDADE, 2010; LIMA, 2008).

Dito isso, toma-se a análise dos sedimentos como fator fundamental para preservação e monitoramento da qualidade, avaliação da poluição e gerenciamento global dos recursos hídricos, pois se comportam como destino de muitos elementos químicos solúveis ou insolúveis, sobretudo os metais pesados, refletindo a qualidade do sistema aquático (LEMES, 2001, BAIRD, 2002, p. 447). Tornam-se assim, os sedimentos, uma maneira mais realista de se analisar o problema de contaminação por metais pesados em água, pois esta indica a presença do metal apenas no momento da coleta, enquanto o sedimento reflete a situação cronológica da situação ambiental no local da coleta (Andrade & Alves, 2006 *apud* Baggio 2008).

METAIS E SAÚDE HUMANA

Elementos químicos com densidade superior a 5 g/cm³ são denominados metais pesados. Dependendo de seu teor nos compartimentos disponíveis aos seres humanos (solo, água e ar), os metais pesados podem causar muitos danos à saúde humana em função de sua toxicidade (BAGGIO, 2008; RIBEIRO, 2010; ARAÚJO e SOUZA, 2012), já que podem causar desestabilidade nos ecossistemas, podendo alterar o DNA dos mamíferos levando a efeitos tóxicos agudos (STEINKELLNER *et al.*, 1998).

Os metais pesados constituem a principal preocupação da sociedade em função dos seus efeitos ao ambiente e à saúde humana, pois, não sendo biodegradáveis, são maléficos quando a capacidade de absorção no organismo e recuperação no ambiente forem maiores que a concentração permitida (ARAÚJO, 2006). A presença dos metais pesados no ambiente não se dá apenas como um impacto ambiental negativo, pois vários processos fisiológicos e bioquímicos no organismo de plantas e animais dependem da presença desses metais ditos essenciais, como é o caso de alguns elementos que participam das reações enzimáticas como ativadores (TRINDADE, 2010). Entretanto, quando esses elementos químicos essenciais à manutenção e ao equilíbrio da saúde, estiverem acima dos níveis seguros, há grande probabilidade de se tornarem nocivos ao ambiente, comprometendo o bem-estar dos organismos (DUARTE, 2014).

Segundo Lemes (2001), "toxicidade é a propriedade dos agentes tóxicos de promoverem efeitos nocivos às estruturas biológicas, através de interações físico-químicas". Há várias formas de exposição de um organismo a agentes tóxicos no meio ambiente em geral, seja pela presença no alimento ou na água. Para os metais pesados existe um potencial tóxico mínimo, haja vista que, durante a evolução da vida, os animais e as plantas desenvolveram certa resistência. Como, por exemplo, no caso do alumínio (Al), do ferro (Fe) e do manganês (Mn) que apresentam pouca

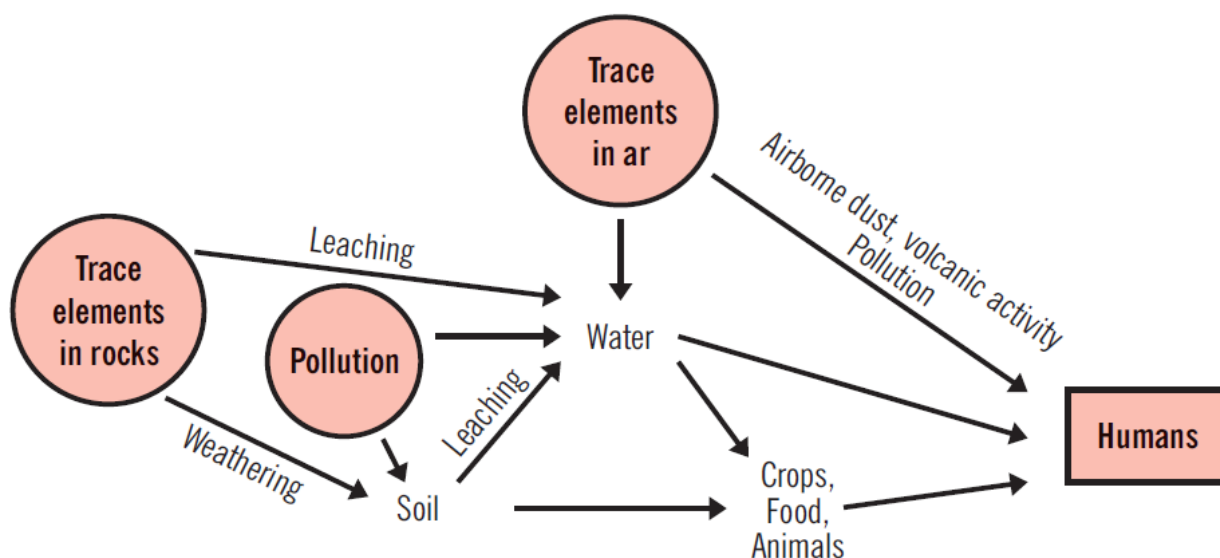
toxicidade em indivíduos normais, mas outros metais menos abundantes, como chumbo (Pb) e mercúrio (Hg), apresentam alta toxicidade.

Os metais são classificados em duas categorias: essenciais e não-essenciais. Os metais essenciais incluem cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), níquel (Ni), ferro (Fe) e outros, e são também chamados de micronutrientes ou oligonutrientes por serem necessários ao corpo humano em quantidades extremamente pequenas. Estes metais têm grande importância como reguladores em vários processos biológicos (SALEM *et al.*, 2000; TRINDADE, 2010; SARWAR *et al.*, 2016), e também integram moléculas importantes para o organismo, como o ferro na hemoglobina. Entretanto, em altos níveis mesmo os essenciais são prejudiciais à saúde humana.

Os metais ditos não-essenciais oferecem grandes riscos aos processos biológicos por substituírem os metais essenciais nas estruturas das biomoléculas (SARWAR *et al.*, 2010), o que causa alteração ou inibição do funcionamento destas, além de causarem sérios danos à membrana e outras organelas celulares (SARWAR *et al.*, 2016). Portanto, os efeitos nocivos dos metais pesados aos organismos se dão tanto em altas concentrações quanto em deficiências alimentares (TRINDADE, 2010).

A contaminação por metais pesados se dá, principalmente através da ingestão de água contaminada ou de peixes e outros animais que sofreram bioacumulação desses metais, e da inalação de ar contaminado com fumaça industrial, como pode ser visto na Figura 1. A toxicidade dos metais está relacionada à dose ou tempo de exposição, além das características do elemento e da forma de absorção (LEMES, 2001).

Figura 1 - Caminhos pelos quais elementos traços entram no corpo humano



Fonte: SELINUS, 2004.

Muitos são os riscos que alguns metais pesados oferecem à saúde das pessoas, a seguir estão expostos os efeitos dos metais que foram mensurados neste trabalho, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Relação dos metais e os riscos à saúde humana

Elemento	Origem	Toxicidade
Chumbo (Pb)	Ligado à contaminação por efluentes industriais ou de minas (LEMES, 2001). Pode entrar no corpo humano por inalação de poeira contaminada ou de gases residuais da gasolina e também por ingestão de alimentos que contenham esse metal, principalmente peixes de águas contaminadas.	Falhas renais, além de doenças cardiovasculares (hipertensão) e neurológicas permanentes, como perda de memória de curto prazo, problemas de coordenação, concentração (hiperatividade) e de audição, dores de cabeça, crescimento lento, problemas reprodutivos e digestivos, dores musculares e articulares, podendo levar à morte ou danos permanentes ao sistema nervoso central (SALEM et al., 2000; LEMES, 2001; SHOKR et al., 2016).
Cobre (Cu)	Decorrentes de sua utilização como algicida, do lançamento de despejos industriais e do desgaste de canalização de cobre (LEMES, 2001)	Anemia crônica, dor abdominal, vômitos, dor de cabeça, náuseas, irritação intestinal e diarreia, além de danos graves aos rins, cirrose hepática (SALEM et al., 2000; SHOKR et al., 2016) e Doença de Wilson (LEMES, 2001; SELINUS, 2004).
Níquel (Ni)	Contaminação por efluentes industriais ou minas, além da corrosão de canalizações que contenham este metal (LEMES, 2001).	É imunotóxico, neurotóxico, genotóxico, hepatotóxico e está relacionado à rápida queda de cabelo (SALEM et al., 2000; LEMES, 2001). A inalação e(ou) ingestão pode causar câncer de pulmão, garganta e estômago.
Cromo (Cr)	Raramente encontrado em águas não poluídas, derivado do lançamento de despejos de curtumes e de indústrias que utilizam processos de cromagem de metais, galvanoplastias, indústria de corantes, explosivos, cerâmica, vidro, papel, etc. (LEMES, 2001).	Rápida queda de cabelo, problemas dermatológicos e pulmonares. Exposição prolongada a altos níveis de cromo também pode causar danos aos rins e ao fígado, bem como provocar danos aos tecidos circulatório e nervoso (SALEM et al., 2000; SELINUS, 2004) e, quando inspirado, pode ser carcinogênico (LEMES, 2001).
Zinco (Zn)	Contaminação por despejo indevido de efluentes industriais e de mineração.	Pode causar fadiga, tontura (HESS e SCHMID, 2002 apud SARWAR et al., 2016), febre e diarreia (SELINUS, 2004), além de causar irritações à pele e estar ligado ao câncer de pulmão em áreas de emissões industriais (MINEROPAR, 2001).

Elaboração: ARAÚJO, 2017.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A intensificação do processo de exploração dos recursos naturais, tem aumentado a pressão sobre as bacias hidrográficas, elevando, assim os índices de contaminação. A gestão ineficaz desses recursos, associada ao aumento intensivo do uso da água, diminui a qualidade e disponibilidade desses recursos.

A bacia hidrográfica sendo utilizada como unidade básica de planejamento tem sido adotada em estudos socioeconômicos e ambientais, já que essa abordagem pode ser aplicada no planejamento e possibilidade de expansão econômica de uma determinada região. Espíndula (2000) *apud* Pinto (2010), afirma que:

[...] a bacia hidrográfica tem sido adotada como unidade físico-territorial básica para o planejamento e a gestão de recursos naturais, principalmente hídricos. Sendo a água de um manancial o resultado da drenagem de sua bacia, sua qualidade e, portanto, suas características físicas, químicas, biológicas e ecológicas encontram-se sempre na dependência direta das ações (uso e ocupação) que se realizam no solo dessa bacia.

Sendo assim, a bacia hidrográfica acaba tornando-se uma excelente unidade de estudo e planejamento, voltada para a questão da qualidade ambiental e sustentabilidade do sistema. Os projetos de uso, sustentabilidade e proteção dos recursos hídricos devem ser voltados para questões amplas, já que, a interação desse sistema perpassa em questões éticas, culturais e econômicas (PINTO, 2010).

No estado de Minas Gerais, dá-se à expansão bandeirante do final do século XVII muita relevância, devido à grande quantidade de ouro e diamante na região. O município de Diamantina, inicialmente conhecido como Arraial do Tijuco, surgiu nesse contexto de expansão e exploração intensa,

mantendo por mais de três séculos a exploração mineral nos alúvios, com rápido e desordenado aumento populacional (PEREIRA, 2005, p. 245).

Com a descoberta oficial do diamante no ano de 1729, atribuída a Bernardo da Fonseca Lobo, as atividades de garimpo se intensificaram na região de Diamantina (OLIVEIRA e VIEIRA, 2012). No século XIX, a região da antiga Demarcação Diamantina era movimentada pelos intensos serviços de lavra e pela exploração diamantífera, sendo os garimpeiros os responsáveis pelos achados de diamante, rapidamente tomados pelos grandes mineradores (MARTINS, 2012).

Diamantina possuía, entre as décadas de 1860 e 1870, o registro das principais áreas de mineração da região que englobavam: Rio Pardo Pequeno, Caldeirões, Jequitinhonha, Córrego do Quilombo, Bambá, Serrinha, Datas, Riacho das Varas, Rio das Pedras e Caeté-mirim. Sendo o distrito de Mendanha, situado a cerca de 30 quilômetros de Diamantina às margens do Rio Jequitinhonha, um dos principais centros de mineração da região (MARTINS, 2012).

A atividade de extração dos garimpos no estado de Minas Gerais é considerada problema ambiental de grande relevância, pois as técnicas utilizadas expõem os garimpeiros ao contato direto com os rejeitos e possíveis reagentes utilizados nos processos de extração, podendo causar problemas à saúde dos trabalhadores e da população envolvidos no processo, além dos prejuízos para a fauna e flora exposta na região.

Características físicas

A geologia da Serra do Espinhaço pode ser caracterizada com a predominância absoluta de quartzitos, que compõem uma cobertura rígida, mas com a presença de fraturas e cisalhamentos em toda a sua extensão:

As formas de relevo resultantes de sua esculturação pela dissecação fluvial são representadas, majoritariamente, por cristas, escarpas e vales profundos adaptados às direções tectônicas estruturais. Ressalta-se que a evolução geomorfológica da Serra do Espinhaço foi condicionada pelos fatores estruturais, morfoestruturais, morfotectônicos e paleoclimáticos. As superfícies de aplainamento paleogênicas encontram-se representadas pelos planaltos com alinhamentos de cristas e com monadnocks quartzíticos (SAADI, 1995 *apud* BAGGIO, 2012).

Na área de pesquisa, a maior parte da vegetação original (mata ciliar/galeria) foi suprimida, expondo os terraços e os processos de erosão acelerados. O clima é classificado como CWb Tropical de Altitude, com invernos secos e chuvas no verão. O regime térmico é caracterizado por temperaturas médias mensais: janeiro em torno de 24°C a 23°C, junho e julho 18°C a 17°C, a média pluviométrica anual é de 1304 mm.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método utilizado para executar a pesquisa caracterizou-se pela abordagem de caráter qualitativa e quantitativa. O planejamento da pesquisa para a área da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha envolveu procedimentos aplicados em metodologias para identificação de metais pesados nos sedimentos. Com o objetivo de nortear a pesquisa, algumas atividades são de suma importância o desenvolvimento do projeto, entre as quais estão divididas entre três etapas principais: 1ª etapa com o planejamento da pesquisa, delimitação da área de estudo e elaboração do mapa de localização; a 2ª etapa envolveu a campanha de campo e os procedimentos de coleta e conservação das amostras; já a 3ª etapa, desenvolveu-se a análise geoquímica dos sedimentos, abertura química por digestão, leitura dos metais com espectrometria de absorção atômica por chama, tabulação de dados e análise estatística.

Para o desenvolvimento da pesquisa, houve colaboração de membros e técnicos da Cooperativa Regional de Garimpeiros de Diamantina (COOPERGADI), que proporcionaram apoio técnico, descrição e apresentação da área de garimpo. O deslocamento para as campanhas de campo foi financiado pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Para as análises das amostras coletadas em campo contou-se com o apoio do Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGA), no Centro de Geociências (CeGeo), onde as amostras foram secadas e peneiradas. No Laboratório de Processos e Tecnologia Ambiental do Instituto de Ciência e

Tecnologia (ICT), foram realizadas a abertura química por digestão das amostras de sedimento, e as leituras das amostras no espectrômetro de absorção atômica em chama (*Flame Atomic Absorption Spectrometry - FAAS*), foram realizadas no Laboratório Integrado de Pesquisa Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (LIPEMVALE), todos pertencentes a UFVJM.

Primeira Etapa: Planejamento da Pesquisa

Na primeira fase da pesquisa foram realizados os levantamentos bibliográficos, cartográficos, e estudos sobre contaminação com metais pesados em sedimentos e os possíveis riscos à saúde humana. A revisão bibliográfica sobre os aspectos da saúde influenciados pelo ambiente físico foi abordada nessa fase de pesquisa, com o objetivo final de dar suporte à discussão sobre os resultados que seriam obtidos no estudo.

Os pontos de coleta seguiram a orientação de Baggio (2008) onde as técnicas a serem utilizadas para escolha dos pontos devem observar e considerar o eixo principal de drenagem do rio, abordando as variações na paisagem que possam refletir nos diferentes tipos de unidades litológicas e materiais de origem, os compartimentos geomórficos com suas variações topográficas e as diferentes formações vegetacionais, além do tipo, uso e ocupação do solo.

Delimitação da área de estudo

A área para coleta das amostras, foi delimitada em parceria com a COOPERGADI, e se restringiu à jurisdição da cooperativa e em fase de licenciamento ambiental. A área está registrada no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), sob o registro 830663/2013 para fins de licenciamento ambiental, que se encontra nas fases de tramitação legal.

A área registrada possui 9 km de extensão, e os pontos de coleta estão inseridos no interior da poligonal distribuídos ao longo do canal fluvial, nas entradas de pequenos afluentes e nas bacias de retenção, totalizando 13 pontos de coletas (Tabela 2). Todos os pontos amostrados foram georreferenciados com o *Global Position System (GPSmap 76csx)* da marca Garmin.

Tabela 2 - Relação dos pontos de amostragem

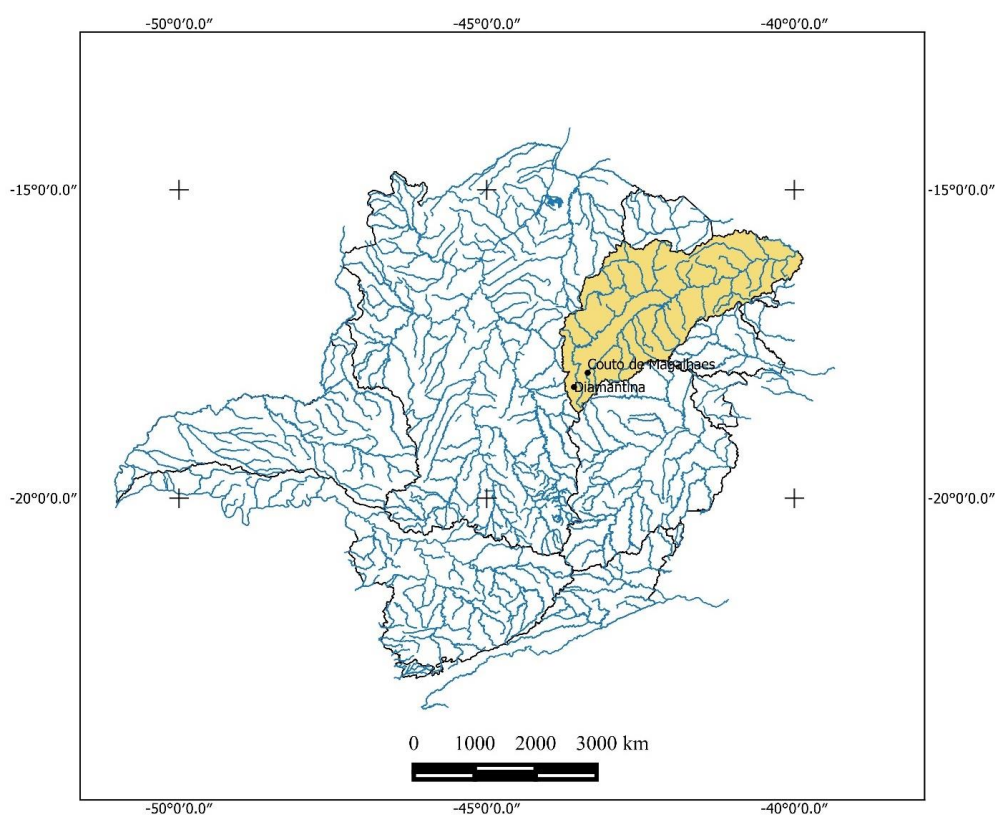
Pontos de amostragem no rio Jequitinhonha				
Pontos	X-UTM	Y-UTM	Altitude (m)	Comentário
Ponto 1	8020353	657452	655	Trecho do rio Jequitinhonha e final da poligonal da COOPERGADI.
Ponto 1 Extra	8020325	657438	653	Bacia de retenção.
Ponto 2	8024047	660226	655	Trecho do rio Jequitinhonha.
Ponto 2 Extra	8018662	654113	658	Trecho com matéria inorgânica.
Ponto 3	8017637	656944	658	Trecho do rio Jequitinhonha.
Ponto 3 Extra	8017893	656832	663	Bacia de retenção.
Ponto 4	8015170	657405	665	Trecho do rio Jequitinhonha, próxima a sede da COOPERGADI.
Ponto 5	8019134	658763	652	Afluente do rio Jequitinhonha.
Ponto 6	8019340	658738	652	Trecho do rio Jequitinhonha.
Ponto 7	8014890	656670	637	Trecho do rio Jequitinhonha.
Ponto 7 Extra	8014135	656932	637	Bacia de retenção.
Ponto 8	8013767	656560	653	Trecho do rio Jequitinhonha e início da poligonal da COOPERGADI.
Ponto 9	7996733	656263	667	Proximidade com o posto de gasolina do distrito de Mendanha.

Elaboração: ARAÚJO, 2017.

Elaboração do mapa de localização

A base cartográfica e os aspectos topomórficos regionais derivaram do estudo das cartas topográficas CURIMATAÍ Folha SE-23-X-C-VI e CARBONITA Folha SE-X-D-IV, ambas com escala de 1:100.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), impressão 1977 e Datum Córrego Alegre. Foi elaborado um mapa de localização (Mapa 1) da bacia do rio Jequitinhonha, foram necessárias bases de dados disponíveis em sites como o Instituto Pristino, onde localizamos as bases das bacias hidrográficas federais e sedes municipais. A base da rede hidrográfica do estado de Minas Gerais, foi retirada do site da Agência Nacional de Águas (ANA), e a delimitação da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, é proveniente do Instituto de Geoinformação e Tecnologia (IGTEC), os dados foram trabalhados no software QGis 2.18.

Mapa 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha



Bases de dados: Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto de Geoinformação e Tecnologia (IGTEC) e Instituto Pristino (<http://www.institutopristino.org.br/>). Datum: SIRGAS 2000
Elaboração: Amanda Dias, Lúcio Moura e Mariana Freitas (UFVJM), 2016.

Legenda

- Sedes Municipais
- Redes de Drenagem
- Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha
- Bacias Hidrográficas Federais de Minas Gerais

Segunda Etapa: Campanha de Campo e Coleta das Amostras

Na área ambiental, os trabalhos de campo são fundamentais para os desenvolvimentos das pesquisas na medida em que possibilita a identificação dos pontos de coleta, nesta pesquisa, a pesquisa de campo foi essencial para conhecimento da área da poligonal da COOPERGADI, além de pessoas e os diversos compartimentos ambientais envolvidos. Na segunda etapa foram realizadas as campanhas de campo e as coletas das amostras e a preparação do material coletado para as

análises. A amostragem se deu em um campanha (março de 2016), para avaliar os metais chumbo (Pb), cobre (Cu), níquel (Ni) e zinco (Zn).

Procedimento de coleta e conservação das amostras

Em campo procedeu-se a coleta das amostras de sedimentos, em média de 1 kg em cada ponto, coletados manualmente por um coletor de aço inox com a distância de 30 cm da margem direta. O material foi identificado, acondicionado em sacos plásticos, conservado em caixa térmica com gelo, em campo e, posteriormente, em geladeira, à temperatura de 4°C.

Tratamento, secagem das amostras e análise granulométrica

No LGA, foram realizados procedimentos de quantificação analítica. Os sedimentos foram submetidos à decantação e posterior separação da água, sendo esta filtrada em filtros de nitrato de celulose 45 µm e descartada, evitando a perda de material sólido. Após esse processo as amostras foram colocadas em tabuleiros plásticos descontaminados e expostas sob a bancada, com o objetivo de os sedimentos secarem em temperatura ambiente e a sombra, para não haver perdas de metais por volatilização. A desagregação e homogeneização das amostras foi realizada por meio do uso do almofariz. O material de porcelana desse utensílio não desagrega, e preserva a integridade da composição das amostras, nessa fase retira-se restos de raízes, folhas e cascalhos que podem estar contidos nas amostras do material.

Para a quantificação dos metais em sedimentos, a utilização da fração mais fina (<0,177 mm) é destacada, devido à relação da área específica dos sedimentos com a capacidade de adsorver os metais pesados (TRINDADE, 2010). Os procedimentos da separação granulométrica consiste na pesagem de 500 g da amostra e separação mecânica por 30 minutos, com a utilização de um agitador de peneiras para análise granulométrica (da marca ABMA 0800), e seis peneiras nas malhas 20 mesh (850 µm) até 80 mesh (180 µm).

Terceira Etapa: Geoquímica Analítica dos Sedimentos

A terceira etapa da pesquisa englobou a fase analítica realizada nos laboratórios de Processos e Tecnologia Ambiental e LIPEMVALE, bem como o tratamento estatístico dos dados geoquímicos.

Abertura química por digestão

Os procedimentos analíticos para a determinação da concentração de metais pesados em sedimentos através de espectrometria de absorção atômica em chama necessitam de digestão prévia das amostras. No presente trabalho foi adotado o método de digestão ácida utilizando de um bloco digestor inserido em uma capela de exaustão de gases, devido a eficiência na expulsão dos gases gerados durante o aquecimento do material.

Depois de obter as amostras peneiradas, pesou-se as amostras em uma balança analítica da marca Shimadzy (modelo AUY220) a quantidade de 0,05 g da fração mais fina (80 mesh – 180 µm) das amostras, juntamente com 3 ml de ácido nítrico (HNO₃) e 9 ml de ácido clorídrico (HCl), foram transferidos para tubos e levados à digestão ácida em bloco digestor, com monitoramento de temperatura. O aquecimento do bloco digestor deve ser feito de forma gradual por 20 minutos (tempo de rampa) e estabilização da temperatura até 180° C, até a digestão da amostra.

Leitura dos metais por espectrometria de absorção atômica em chama

Após a abertura química as amostras foram lavadas ao laboratório LIPEMVALE para serem lidas no espectrômetro de absorção atômica em chama (FAAS) da marca VARIAN, modelo SPECTRAA 55B. Neste local foram lidas as determinações das concentrações de chumbo (Pb), cobre (Cu), níquel (Ni) e zinco (Zn) nas amostras de sedimentos coletadas. Este tipo de análise é bastante utilizada na construção de diagnósticos ambientais baseados na investigação dos teores de metais pesados em solos e sedimentos. Apresenta-se de acordo com o que determina a CONAMA n° 344/2004, que será

a instrução normativa orientadora presente nessa pesquisa, já que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras.

Tabulação de dados e análise estatística

Os resultados encontrados foram tabulados em programa *Excel*. Neste programa também foram realizadas as médias e desvio padrão.

Resultados e Discussão

A Tabela 3 agrega os resultados das análises realizadas nas amostras de sedimento de corrente na área do garimpo Areinha. Os valores deste trabalho apresentam os elementos selecionados Cu, Ni, Pb e Zn, que foram comparadas com a Resolução CONAMA 344/04, levando em consideração a classificação de acordo com critérios de qualidade a partir de dois níveis limite (itens I e II, Art. 3º). Nível 1: valor abaixo do definido apresenta baixa probabilidade de efeitos nocivos à biota; e Nível 2: acima deste valor prevêm-se prováveis efeitos nocivos à biota.

Tabela 3 - Concentração dos metais Cu, Ni, Pb e Zn nos sedimentos

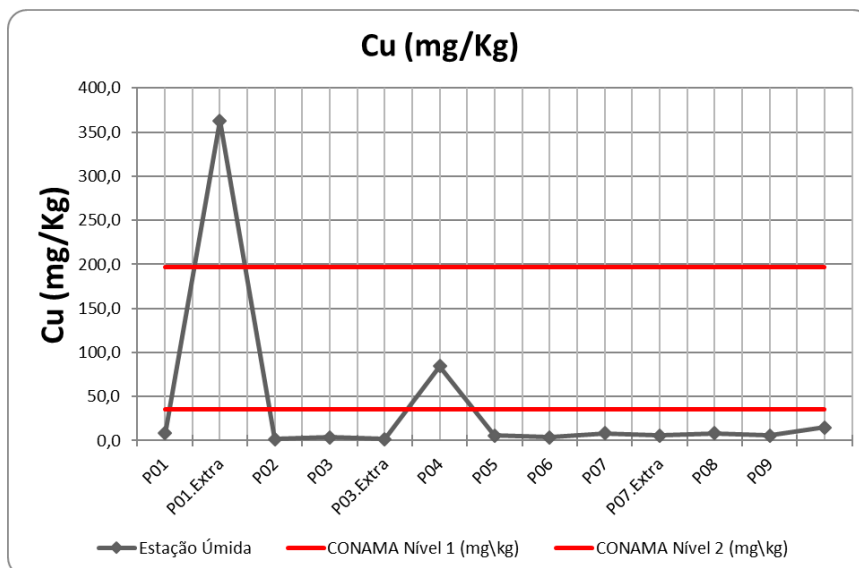
Determinação dos valores de metais nos sedimentos				
Pontos	Cu (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Ponto 1	8,072	7,609	22,222	8,808
Ponto 1 Extra	362,780	13,043	34,586	15,284
Ponto 2	1,794	7,609	53,086	1,036
Ponto 2 Extra	3,587	7,609	65,432	25,647
Ponto 3	1,794	7,609	90,123	4,404
Ponto 3 Extra	84,305	18,478	114,815	73,575
Ponto 4	5,830	7,609	16,049	0,518
Ponto 5	3,587	0,000	90,123	1,036
Ponto 6	8,072	3,805	65,432	1,036
Ponto 7	5,830	0,000	46,914	10,103
Ponto 7 Extra	8,072	0,000	16,049	3,626
Ponto 8	5,830	0,000	9,877	6,217
Ponto 9	14,798	7,609	22,222	25,647
CONAMA Nível 1 (mg/kg)	35,700	18,000	35,000	123,000
CONAMA Nível 2 (mg/kg)	197,000	35,900	91,300	315,000
Média	39,565	6,229	49,764	13,611
Desvio Padrão	99,500	5,500	33,700	20,000

Elaboração: ARAÚJO, 2017.

Para o cobre (Cu), o Gráfico 1 apresenta a concentração para os treze pontos amostrados. Os valores obtidos foram: mínimo de 1,794 mg/kg e máximo de 362,780 mg/kg. Os valores observados apontam, o Ponto 3 Extra, ultrapassando o Nível 1 estabelecido pela legislação, e o Ponto 1 Extra, excedendo o limite do Nível 2 do CONAMA. Os pontos citados acima localizam-se em bacias de retenção de rejeitos, localizadas ao lado do segmento do curso do rio Jequitinhonha. Essas bacias

são consideradas frágeis, já que qualquer enchente no leito do rio, pode ocasionar o rompimento da mesma, e a distribuição desse material no curso d'água.

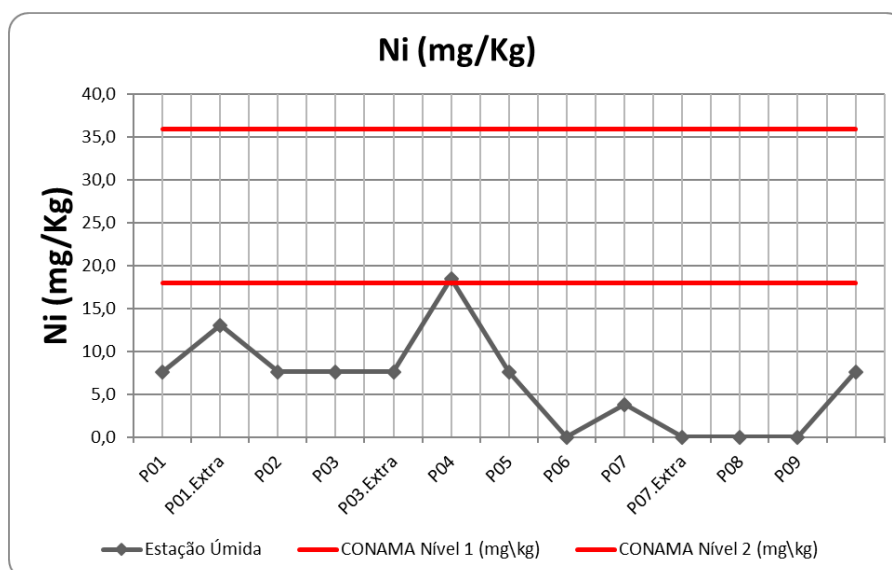
Gráfico 1 - Níveis de Cobre (Cu) nos pontos amostrados



Elaboração: ARAÚJO, 2017.

A observação dos valores de níquel (Ni) (Gráfico 2) dos treze pontos amostrados indica que o valor obtido foi o mínimo de 0,000 mg/kg, e máximo de 18,478 mg/kg. Os valores observados apontam, o Ponto 3 Extra, ultrapassando o Nível 1 estabelecido pela legislação, que preconiza que este valor apresenta baixa probabilidade de efeitos nocivos à biota. Nessa área localiza-se uma bacia de retenção de rejeitos, o que ocasiona a deposição de sedimentos ao logo do tempo, aumentando, assim, esse valor. Apesar de apenas um dos treze pontos amostrados violar os valores orientadores para níquel, esses deverão ser observados com atenção, uma vez que se localizam em áreas ambientalmente vulneráveis.

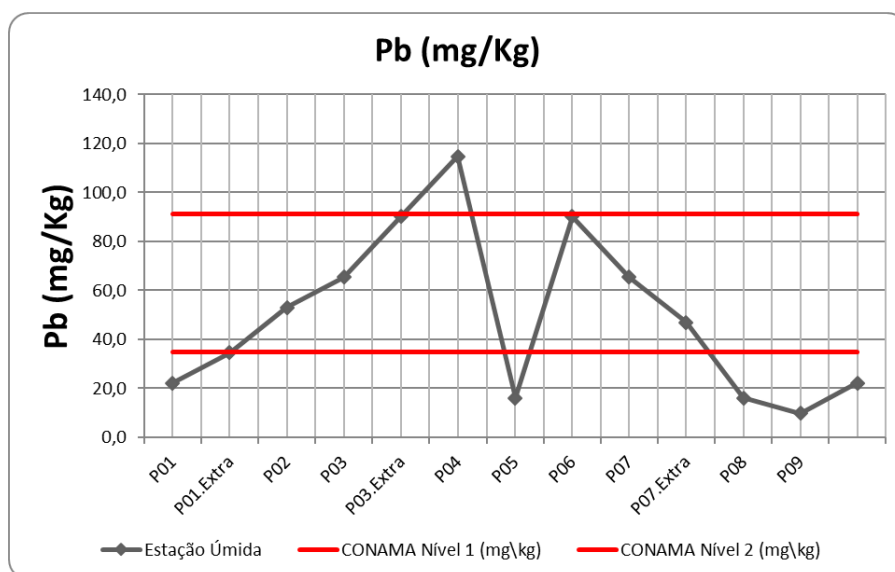
Gráfico 2 - Níveis de Níquel (Ni) nos pontos amostrados



Elaboração: ARAÚJO, 2017.

Os valores encontrados nos treze pontos para chumbo (Pb), percebe-se que a concentração dos teores totais desse metal foi a mínima de 9,877 mg/kg e a máxima de 114,815 mg/kg, representados no Gráfico 3. Comparando os valores obtidos com os níveis de referência estabelecidos pelo CONAMA 344/04, percebe-se que seis pontos estão entre o Nível 1 (35,0 mg/kg) e o Nível 2 (91,3 mg/kg), e um ponto ultrapassa o Nível 2. Os seis pontos que estão acima do Nível 1, que apresenta baixa probabilidade de efeitos nocivos à biota, devem ser observados, já que foram encontrados em bacias de retenção e no trecho do rio Jequitinhonha. O Ponto 3 Extra, que está acima do valor, apresentando efeitos nocivos prováveis à biota, deve ser monitorado.

Gráfico 3 - Níveis de Chumbo (Pb) nos pontos amostrados



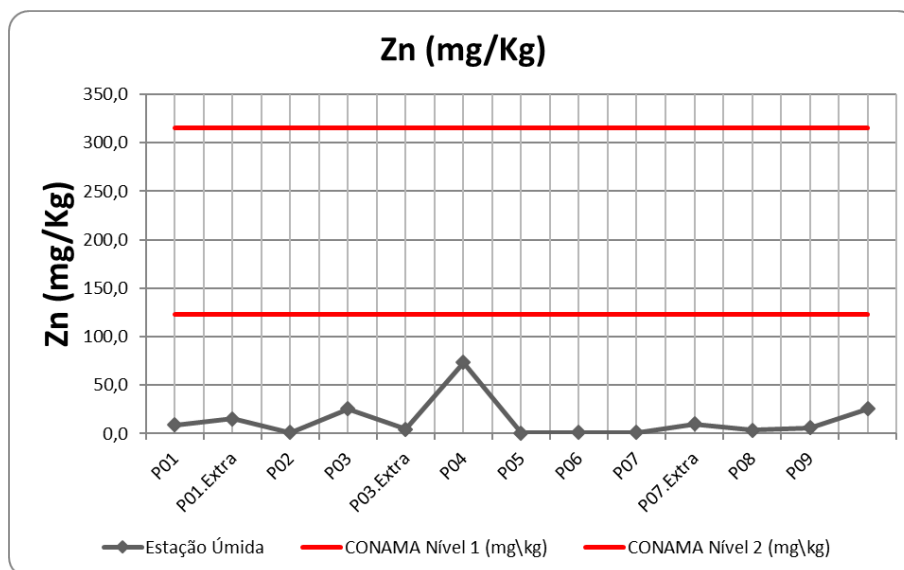
Elaboração: ARAÚJO, 2017.

O Gráfico 4 apresenta a concentração dos teores totais de zinco (Zn) nos treze pontos amostrados. Os valores obtidos apresentam o mínimo de 0,518 mg/kg e máximo de 73,575 mg/kg. Nenhum dos treze pontos amostrados violou os valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04. O Ponto 3 Extra, que apresenta a maior concentração de zinco, está localizado em uma bacia de retenção. Apesar dos teores totais de zinco se encontrarem abaixo do valor orientador para sedimentos, todos os pontos amostrados deverão ser monitorados.

Sendo assim, a avaliação geral dos metais pesados analisados nos sedimentos de corrente do trecho do garimpo Areinha, e os dados apresentados revelaram que alguns dos metais analisados tiveram concentrações altas em alguns pontos e baixas noutros. Alguns pontos apresentaram valores não detectados, o que não significa que estes elementos não estejam presentes, mas que sua concentração está abaixo do limite de detecção do aparelho utilizado.

Os pontos com as mais altas concentrações estão localizados nas áreas de influência direta da área de garimpo. Esses locais recebem diretamente os resíduos gerados e descartados durante o processo de exploração do ouro e diamante, e acabam sendo depositados em cavas, ou logo, são transportados pelas águas pluviais em direção aos cursos d'água. Os pontos em que as concentrações dos metais são mais altas localizam-se a partir do segmento médio e baixo curso do trecho do rio.

Gráfico 4 - Níveis de Zinco (Zn) nos pontos amostrados



Elaboração: ARAÚJO, 2017.

Os resultados obtidos confirmaram a presença de metais pesados e(ou) traços desses elementos nos sedimentos. Conclui-se então que a presença desses metais no compartimento sedimento possui uma forte contribuição da exploração mineral na área ao longo de anos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os países em desenvolvimento, sobretudo o Brasil por possuir de uma das maiores bacias hidrográficas do planeta, devem cuidar dos recursos hídricos em escala federal, de modo a garantir o abastecimento e a qualidade da água para o futuro próximo. No entanto, pouco se sabe sobre a qualidade das águas brasileiras, seja por desconhecimento por parte dos órgãos ambientais municipais, estaduais e federais ou por falta de incentivos para pesquisas voltadas para análise geoquímica ambiental.

Dados os resultados deste trabalho quanto aos teores de metais pesados encontrados nos sedimentos, espera-se somar a comunidade científica mais informações sobre a qualidade da bacia do Rio Jequitinhonha e a influência das ações antrópicas na região, sobretudo as relacionadas ao garimpo. Ficou evidente o potencial de risco à saúde das populações à jusante e, embora os teores de metais pesados foram relativamente baixos, deve-se prestar atenção às atividades na região.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Saúde, Sociedade e Ambiente (SaSA), a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Fundação Diamantinense de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FUNDAEPE) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

REFERÊNCIAS

ALIEVI, A. A.; PINESE, J. P. P. **Aproximações entre Geografia da Saúde e Saúde Ambiental: O papel dos recursos hídricos nos agravos à Saúde Coletiva.** Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. Porto Alegre, jul. 2010. p. 1-9.

ARAÚJO, A.D. **Impactos ambientais negativos do garimpo Areinha: abordagem histórica e perspectivas futuras**. 2015. Artigo (Licenciatura em Geografia). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina. Minas Gerais. 14 p.

ARAÚJO, J. A.; SOUZA, R. F. Aporte antropogênico de metais pesados em sedimentos de corrente de áreas de lixão, urbanizadas e agrícola, em Parelhas-RN, região semiárida do Brasil. **Revista Geografia**. v. 21, n. 3.p. 5-22, 2012.

ARAÚJO, P. R. **Interação hidrogeoquímica e geografia da saúde na bacia hidrográfica do ribeirão Lindóia, Zona Norte de Londrina-PR**. Dissertação de mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. Universidade Estadual de Londrina. Londrina – PR, 2006. 138 p.

BAGGIO, H. **Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na bacia do rio do Formoso, município de Buritizeiro, MG**. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. 234 p.

BAGGIO, H.; SOUZA, F. C. R.; TRINDADE, W. M. Morfologia cárstica do maciço quartzítico da Gruta do Salitre, Diamantina – MG. **Caminhos de Geografia Uberlândia**. v. 13, n. 43 out/2012 p. 102–113
Página 102

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Tradução Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Correra. Bookman, 2ª Edição. Porto Alegre. 622 p. 2002

BARCELLOS, C.; MACHADO, J. M. H. A organização espacial condiciona as relações entre ambiente e saúde: o exemplo da exposição ao mercúrio em uma fábrica de lâmpadas fluorescentes. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**. v. 3, n. 2, p. 103-113. 1998. <https://doi.org/10.1590/S1413-81231998000200010>

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 344, de 25 março de 2004 que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 mai. 2004. Seção 87, p. 56-57. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>>. Acesso em 02 mar. 2017.

DUARTE, D. A. B. G. **Geografia da saúde nos municípios Lindeiros das margens paranaense e sul-mato-grossense do alto Rio Paraná e a hidrogeoquímica das ilhas Japonesa e Floresta (PR – MS)**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2014. 161 p.

HOLDER, J. Seleção de uma alternativa de remediação efetiva para sedimentos contaminados baseada em risco levando em consideração o uso atual do terreno e potencial revitalização. In: MOERI, E. N.; RODRIGUES, D.; NIETERS, A. (Ed (s)). **Áreas contaminadas remediação e revitalização: Estudos de casos nacionais e internacionais**. São Paulo: Instituto Ekos Brasil, 2008. p. 219-233.

LEMES, M. J. L. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Prado, São Paulo**. Dissertação de Mestrado em Química. Comissão nacional de energia nuclear instituto de pesquisas energéticas e nucleares – IPEN. São Paulo. 210 p. 2001.

LIMA, E, A, M. **Avaliação da qualidade dos sedimentos e prognóstico geoquímico ambiental da zona estuarina do rio Botafogo, Pernambuco**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Pós-graduação em Geociências. 2008.

MARTINS, M.; L. **A mineração de diamantes e a administração geral dos terrenos Diamantinos: Minas Gerais, décadas de 1830-1870**. Seminário Diamantina, 2012. Cedeplar/FACE/UFMG. 23 p.

MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Atlas geoquímico do Estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2001.

OLIVEIRA, W.; VIEIRA, V. C. A condição social e econômica do garimpeiro da cidade de Diamantina: Uma história contada por seus protagonistas. **Revista Vozes dos Vales**. n. 2, v. 1, 2012.

- PEREIRA, M. A. A. Domínio histórico-social. In: SILVA, A. C.; PEDREIRA, L. C. V. S. F.; ABREU, P. A. A. O Ed (s). **Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes**. O Lutador, 2005, p. 271.
- PINTO, A. L. A água como indicador principal de sistemas ambientais. **Revista OKARA: Geografia em debate**. v.4, n.1-2, p. 25-40, 2010.
- RIBEIRO, E. V. **Avaliação da qualidade da água do rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora – MG: metais pesados e atividades antropogênicas**. Tese de mestrado em Geografia, Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- RIBEIRO, H. Saúde Pública e Meio Ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. **Revista Saúde e Sociedade**, v. 13, n. 1, p. 70-80, jan-abr, 2004.
<https://doi.org/10.1590/S0104-12902004000100008>
- RIBEIRO, A. I.; LONGO, R. M.; TEIXEIRA FILHO, A.; MELO, W.J. Diagnóstico de uma área compactada por atividade minerária, na floresta amazônica, empregando métodos geoestatísticos à variável resistência mecânica à penetração do solo. **Revista Acta Amazônica**. v. 36, n. 1, p. 83-90, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672006000100010>
- SALEM, H. M.; EWEIDA, E. A.; FARAG, A. **Heavy metals in drinking water and their environmental impact on human health**. ICEHM2000, Cairo University, Egypt, September, 2000, p. 542- 556
- SANTOS, F. O. Geografia médica ou Geografia da saúde? Uma reflexão. **Caderno Prudentino de Geografia**. n.32, vol.1, p.41-51, jan/jun. 2010.
- SARWAR, N.; IMRAN, M.; SHAHEEN, M. R.; ISHAQ, W.; KAMRAN, A.; MATLOOB, A.; REHIM, A.; HUSSAIN, S. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives. **Chemosphere**. v. 12, p. 1-50, 2016. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3916>
- SARWAR, N.; MALHI, S. S; ZIA, M. H.; NAEEM, A.; BIBI, S.; FARID, G. **Role of mineral nutrition in minimizing cadmium accumulation by plants**. Journal of the Science of Food Agriculture. Vol. 90. p. 925–937. 2010.
- SELINUS, O. Medical Geology: an emerging speciality. Thematic Contribution. **Revista TERRAE**. Edusp. Vol. 1 (1), (A1-A8). 2004.
- SHOKR, E. A. M.; ALHAZEMI, A.; NASER, T.; ZUHAIR, T. A.; ZUHAIR, A. A.; ALSHAMARY, A. N.; ALANAZI, T. A.; ALANAZI, H. A. Chronic Renal Failure Associated with Heavy Metal Contamination of Drinking Water in Hail, KSA. **Merit Research Journal of Medicine and Medical Sciences**. Vol. 5. n. p. 06 - 13, 2016.
- SOUSA, J. C. L. **Geografia da Saúde: Indicadores de saúde e aspectos socioambientais na qualidade de vida de três comunidades quilombolas da Serra do Espinhaço Meridional**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Saúde, Sociedade e Ambiente. UFVJM. Diamantina, 2014. p. 110.
- STEINKELLNER, H.; MUN-SIK, K.; HELMA, C.; ECKER, S.; MA, T, H.; HORAK, O.; KUNDI, M.; KNASMULLER, S. Genotoxic Effects of Heavy Metals: Comparative Investigation With Plant Bioassays. **Environmental and Molecular Mutagenesis** 31:183-191. 1998.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2280\(1998\)31:2<183::AID-EM11>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2280(1998)31:2<183::AID-EM11>3.0.CO;2-8)
- TIBIRIÇÁ, L. G. **Caracterização Geoquímico-Ambiental do Garimpo do Tucano, Monte Alegre de Goiás-GO**. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2006.
- TRINDADE, W, M. **Concentração e distribuição de metais pesados em sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora/MG: Fatores naturais e antrópicos**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geologia. UFMG, Belo Horizonte, 2010.