

PROBLEMAS AMBIENTAIS OCACIONADOS NO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE OURO E MEDIDAS DE CONTROLE

ENVIRONMENTAL ISSUES IN GOLD MINING PROCESS AND CONTROL MEASURES

PROBLEMAS AMBIENTALES ORIGINADOS POR LA EXPLOTACIÓN DE ORO Y MEDIDAS DE CONTROL

Edimar Anselmini¹
Vera Cristina Scheller dos Santos Rocha²

Resumo

A mineração é considerada uma atividade altamente poluidora do meio ambiente e nociva às comunidades envolvidas de forma direta. Na indústria da mineração, o ouro, em especial, se destaca por sua característica de fácil venda e alto valor; portanto, tem sido o bem mineral mais extraído pelos mineiros artesanais em todo o mundo. O presente trabalho objetivou i) efetuar levantamento bibliográfico acerca da temática indústria minerária, com foco nos processos pertinentes às atividades de produção de ouro; ii) identificar as principais fontes de poluição e/ou contaminação mineral; e iii) propor medidas ambientalmente adequadas, que possibilitem a minimização da problemática retratada. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, realizada por meio de pesquisa bibliográfica, portanto, de caráter exploratório, para obter maiores informações acerca do tema. Na extração do ouro, assim como em toda exploração de recurso natural, produzem-se impactos, tanto no meio físico como no social. O principal problema está relacionado com o uso de substâncias altamente contaminantes, como é o caso do mercúrio. O monitoramento é uma das formas de prevenção que deve ocorrer desde o início da lavra e durante os trabalhos de exploração, visando controlar a qualidade dos efluentes e reconhecer as modificações do meio para poder mitigá-las.

Palavras-chave: extração mineral; recursos minerais; garimpo, mercúrio, danos ambientais.

Abstract

Mining is considering a highly environmental polluting activity, harmful to the communities directly affected. In the mining industry, gold stand out as a high value and easy-to-sell item, thus, has been the most extracted mineral by artisanal miners worldwide. The following paper aimed: a) to carry out a bibliographic survey regarding mining industry, focusing on gold's productive processes; b) to identify the main sources of mineral pollution and/or contamination; c) to propose environmentally appropriate measures to reduce the issue under discussion. It is a bibliographic, qualitative and exploratory research to gather better information on the topic. Gold mining, such as all natural resources exploitation, has impacts both social and physical. The main issue lies on the use of highly contaminating substances, such as mercury. Monitoring is one way to prevent, but must be applied from the beginning of mining and during exploitation, in order to control effluents quality, as well as to recognize environmental changes to reduce them.

Keywords: mineral extraction; mineral resources; mining; Mercury; environmental damage.

Resumen

La minería es considerada una actividad altamente contaminante del medio ambiente y dañina para las comunidades directamente involucradas. En la industria minera, el oro, en particular, se destaca por sus características de fácil venta y alto valor; por consiguiente, ha sido el mineral más extraído por los mineros artesanales en todo el mundo. El presente trabajo tuvo como objetivo i) realizar revisión bibliográfica sobre el tema de la industria minera, centrándose en los procesos relevantes para las actividades de producción de oro; ii) identificar las principales fuentes de contaminación y/o contaminación mineral; y iii) proponer medidas ambientalmente adecuadas que permitan minimizar el problema planteado. Se trata de una investigación

¹ Bacharel em Geografia pelo Centro Universitário Internacional Uninter. E-mail: edimar_ea@hotmail.com

² Professora da área das Geociências no Centro Universitário Internacional Uninter. E-mail: vera.r@uninter.com

qualitativa, realizada a través de investigación bibliográfica, de carácter exploratorio, para recopilar información sobre el tema. La extracción de oro, así como toda exploración de recursos naturales, tiene impactos, tanto en el medio físico como en el social. El problema principal está relacionado con el uso de sustancias altamente contaminantes, como el mercurio. El monitoreo es una de las formas de prevención que debe realizarse desde el inicio de la explotación y durante los trabajos de exploración, con el objetivo de controlar la calidad de los efluentes y reconocer los cambios en el medio ambiente para mitigarlos.

Palabras-clave: extracción de mineral; recursos minerales; minería, mercurio, daños ambientales.

1 Introdução

A mineração no Brasil só se tornou um negócio efetivo nas primeiras décadas do século XVIII, no período colonial, produzindo um sistema econômico próprio no interior do país (FAUSTO, 2013). O aumento populacional, a expansão da malha urbana e os avanços tecnológicos impulsionaram a busca por recursos minerais e isso fez com que fossem descobertas novas jazidas.

A maior parte dos consumidores ainda não associa o uso de artigos quotidianos à mineração. Atividades de mineração, assim como os seus produtos, provocam impactos ambientais diretos na sociedade e no meio ambiente. Isso se agrava pela grande dependência desses insumos para a manutenção dos atuais modos de vida da população global (DIAS; MANCIN; PIOLI, 2013).

Com o aumento do preço do ouro no mercado internacional e a decorrente explosão dos garimpos no Brasil a partir de 1979, a produção no setor informal chegou a corresponder a cerca de 90% do total produzido anualmente (CLEARY, 1992). Segundo Godoz (2015), o garimpo de ouro, na região Norte, gerou diversos impactos negativos, pois, além da irreparável degradação da paisagem cênica e dos problemas do garimpo em terras indígenas, culminou também em diversos focos de erosão, deslizamento de encostas, alterações em formações rochosas, grave contaminação do solo, obstrução de curso de água, contaminação do lençol freático e poluição.

Neste contexto, inserem-se as questões ambientais ligadas à extração do ouro, um mineral precioso em cuja obtenção são utilizadas substâncias nocivas ao meio ambiente, como o mercúrio e o cianeto, por exemplo. Barreto (2001, p. 225) explana que na etapa de produção de ouro em garimpos, são gerados impactos sobre o meio ambiente, a citar: desmatamento de mata ciliar, aumento da turbidez dos rios, assoreamento dos rios; contaminação por mercúrio lançado ao solo, nos sedimentos, nas águas dos rios e no ar, acarretando consequências negativas à saúde ocupacional, na biota e na flora.

O setor mineral vem se destacando na economia brasileira. Em 2020, por exemplo, o segmento de mineração atingiu a marca de R\$ 209 bilhões em faturamento, sendo responsável

por quase 2,5% do PIB, segundo o Ministério de Minas e Energia (MME). Partindo desse pressuposto, o presente trabalho realiza o levantamento de informações sobre as questões relativas aos processos de extração do ouro, objetivando identificar quais são as principais fontes de poluição/contaminação ocasionadas em função dessa tipologia de extração mineral e impactos ambientais atrelados, além de propor medidas ambientalmente adequadas para minimizar a problemática retratada frente à poluição ocasionada. Além disso, foram consultadas as legislações que dispõem sobre a temática, para fins de embasamento de propostas de intervenção frente aos problemas, sugeridas para o controle da problemática.

2 Procedimentos metodológicos

O presente estudo se enquadra como uma pesquisa qualitativa, pautada em uma revisão teórica não sistematizada. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade. São exemplos de pesquisa descritiva: estudos de caso, análise documental, pesquisa *ex-post-facto* (TRIVIÑOS *apud* GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 37).

Para Andrade,

A pesquisa bibliográfica é habilidade fundamental nos cursos de graduação, uma vez que constitui o primeiro passo para todas as atividades acadêmicas. Uma pesquisa de laboratório ou de campo implica, necessariamente, a pesquisa bibliográfica preliminar. Seminários, painéis, debates, resumos críticos, monográficas não dispensam a pesquisa bibliográfica. Ela é obrigatória nas pesquisas exploratórias, na delimitação do tema de um trabalho ou pesquisa, no desenvolvimento do assunto, nas citações, na apresentação das conclusões. Portanto, se é verdade que nem todos os alunos realizarão pesquisas de laboratório ou de campo, não é menos verdadeiro que todos, sem exceção, para elaborar os diversos trabalhos solicitados, deverão empreender pesquisas bibliográficas (ANDRADE, 2010, p. 25).

A pesquisa científica inicia-se por meio da revisão bibliográfica, onde o pesquisador busca, através de obras publicadas, um entendimento frente ao assunto que será tratado. Esta pesquisa tem o intuito de identificar artigos ou estudos existentes sobre a temática a ser abordada, permitindo conhecer melhor a abrangência do estudo pretendido.

A pesquisa bibliográfica, para Fonseca, é realizada

[...] a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de websites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem, porém, pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (FONSECA, 2002, p. 32).

Dessa forma, a área de estudo abarca a análise documental e pesquisa bibliográfica acerca dos impactos causados pela extração de ouro na região oeste, nas proximidades dos municípios de Itaituba e Trairão, estado do Pará, na região Norte do Brasil, contemplando a área da Amazônia Legal. Pretende-se com ele i) efetuar levantamento bibliográfico acerca da temática indústria minerária, com foco nos processos pertinentes às atividades de produção de ouro; ii) identificar as principais fontes de poluição e/ou contaminação mineral; e iii) propor medidas ambientalmente adequadas, que possibilitem a minimização da problemática retratada. Para tal, realizou-se pesquisa em artigos, teses e dissertações e relatórios técnicos referentes ao tema exposto.

3 Resultados e discussão

3.1 A indústria da mineração

A mineração é considerada uma atividade altamente poluidora do meio ambiente e nociva às comunidades envolvidas de forma direta. Distinta de outros setores econômicos, o objeto desse setor é a extração de um recurso natural, e não a sua incorporação à atividade produtiva (ANGOTTI *et al.*, 2016).

Conforme Dias, Mancin e Pioli (2013, p. 24-25), no início da década de 2000, a indústria mundial de mineração esteve sob intensa pressão para aperfeiçoar o seu desempenho em aspectos ambientais e sociais, por se tratar de uma atividade de intensos impactos, muitas vezes executada em áreas com problemas de governança pública, regiões de conflitos políticos, ambientais e sociais. Além disso, frisa-se que nem sempre os benefícios que podem provir da exploração dos recursos minerais são enaltecidos, portanto, são imputadas indagações à viabilidade ambiental da referida atividade.

Os impactos ambientais causados pela mineração não são permanentes e, quando comparados com outros segmentos como agricultura e pecuária, podem ser considerados pontuais. Em comparação com Canadá e Austrália, países que lideram tendências ambientais na mineração, as principais empresas brasileiras ainda lançam mão de poucas iniciativas voluntárias, mas, em contrapartida, enfrentam demandas administrativas pouco comuns nesses países, como obrigatoriedades de compensação ambiental por danos causados por novos projetos ou mesmo como condição para a continuidade do funcionamento de empreendimentos existentes (MME, 2009).

Na indústria da mineração destacam-se, majoritariamente, as substâncias metálicas alumínio, cobre, estanho, ferro, manganês, nióbio, níquel e ouro, sendo este último, o objeto de

estudo do presente trabalho. Veiga, Silva e Hinton (2002, p. 268) atestam que o ouro, por sua característica de fácil venda e alto valor, tem sido o bem mineral mais extraído pelos mineiros artesanais em todo o mundo.

Lacerda (1997, p. 197) afirma que o ouro foi descoberto pela primeira vez, no Brasil, em 1552, entretanto, sua exploração para fins comerciais iniciou somente por volta de 1700, com a descoberta de ricos filões na região central do país. A exploração do ouro, no Brasil, foi deflagrada pelas incursões dos bandeirantes à procura de metais preciosos, ainda na época da colônia. Ao longo do tempo, à medida em que aumentou a ocupação do território brasileiro, bem como os estudos geológicos, ocorreram novas descobertas de depósitos minerais (BRASIL, 2016, p. 9).

O primeiro ciclo do ouro ocorreu principalmente na região central e sudeste do país, empregando, principalmente, mão de obra escrava. Atualmente, grande parte do ouro produzido provém de garimpos espalhados, preponderantemente, na região amazônica, operados por garimpeiros pouco organizados, em cerca de 2.000 áreas de garimpo, conforme aponta Veiga (1997, p. 22). Para esse mesmo autor, a liberação de mercúrio pelos garimpos de ouro é muito significativa, uma vez que este processo de mineração tem baixa eficiência.

3.2 Mercúrio e cianeto

O mercúrio é um metal líquido em temperatura ambiente; é encontrado naturalmente na crosta terrestre e sua extração e purificação ocorre de maneira simples. Tem a capacidade de formar compostos orgânicos e inorgânicos como, por exemplo, o mercúrio metálico ou elementar (Hg), mercúrio inorgânico, principalmente na forma de sais mercúricos (HgCl_2 , HgS) e mercurosos (Hg_2Cl_2), e mercúrio orgânico, ligado a radicais de carbono, por exemplo metilmercúrio e etilmercúrio.

Os principais depósitos de mercúrio são encontrados em regiões mineralizadas, geralmente associadas a zonas de atividade tectônica e, devido à sua natureza e associações, é encontrado em maior abundância em rochas magmáticas intrusivas, em locais de vulcanismo (LAMBORG *et al.*, 2006, p. 1).

O Brasil é importador de mercúrio para uso industrial na fabricação de lâmpadas fluorescentes, fabricação de clorossoda, contatos elétricos, entre outros, porém a aquisição deste elemento para mineração de ouro é ilegal. Na portaria do Ministério da Saúde nº 1399/GM, de 18 de novembro de 1999 (MS, 1999), está reconhecida a toxicidade do mercúrio. Segundo

Ferreira e Appel (1991, p. 28), em 1989, estimava-se que cerca de 210t das 337t importadas pelo Brasil naquele ano foram desviadas ilegalmente para garimpos.

O mercúrio é usado na mineração de ouro devido à sua capacidade de retirar impurezas. De acordo com Veiga (1997), o processo consiste em coletar uma quantidade de terra, ouro e demais elementos, adiciona-se a ela certa quantidade de Hg e forma-se uma liga líquida denominada de “amálgama”. Após a formação da “amálgama”, ela é aquecida a uma temperatura de 300° graus com um maçarico; o Hg irá evaporar persistindo apenas o ouro, que pode ainda estar associado com outros metais. Então, é necessário um processo laboratorial para que o ouro extraído esteja finalmente na forma pura.

Já o cianeto é uma substância que pode ser encontrada naturalmente em baixas concentrações no meio ambiente, sendo as formas mais comuns o cianeto de hidrogênio, cianeto de potássio e cianeto de sódio, este último utilizado na extração de ouro. Cerca de 90% de todo ouro produzido é feito por meio da cianetação; devido à sua natureza tóxica, esse processo tem sido considerado controverso desde o início.

O cianeto tem propriedades químicas capazes de solubilizar o ouro em meio a outros minérios. O processo de extração de ouro por cianetação ocorre por meio da lixiviação, onde o material retirado da jazida é depositado a céu aberto sobre lonas de PVC para evitar a contaminação do solo; então, adiciona-se o cianeto de sódio que, por meio de percolação, irá solubilizar o ouro que, em seguida, passará por filtros de carvão ativado. Tais filtros passam por um processo de eletrólise onde o ouro é retirado e em seguida encaminhado para a fundição.

3.3 A mineração de ouro na região Norte do Brasil

A extração do ouro, assim como em toda exploração de recurso natural, produz impactos no meio ambiente, seja no que diz respeito às modificações em uma área natural, à geração de resíduos ou à forma como afeta as populações que residem em áreas adjacentes ao empreendimento.

A partir da análise da literatura disponível acerca do tema “mineração de ouro”, é possível observar que esta atividade costuma ocorrer de duas formas: a garimpagem — caracterizada principalmente pelo trabalho manual e individual e o uso de instrumentos rústicos; e a mineração industrial — onde opera um conjunto de máquinas e ferramentas mais sofisticadas, as quais exigem maior nível técnico de seus operadores.

Segundo a pesquisadora do Ipam e coordenadora do MapBiomias, Julia Shimbo (apud GARRIDO, 2021, n. p.),

Existem hoje, três tipos desta atividade ocorrendo na Amazônia. Nos rios, com balsas, dragas e mergulhadores, como ocorrem nos rios Madeira, Jamanxim e Tapajós. Há também, o garimpo em aluviões (depósito de sedimentos, matérias orgânicas e inorgânicas), na beira dos rios utilizando como principal equipamento as escavadeiras; e, mineração em rocha dura, que mais comumente referem-se à mineração legalizada com maquinário especializado. Todas as formas citadas trazem impactos ambientais, sociais e à saúde, muitos deles irreversíveis.

Segundo mesmo estudo, 3 a cada 4 hectares explorados em área de garimpo, estão localizados no bioma da Amazônia Legal.

Conforme aponta o site MapBiomass³:

A expansão do garimpo coincide com o avanço da atividade sobre territórios indígenas e sobre unidades de conservação. De 2010 a 2020, a área ocupada pelo garimpo dentro de terras indígenas cresceu 495%; no caso das unidades de conservação, o crescimento foi de 301%. Somente em 2020, 9,3% das áreas de garimpo no país ocorreram dentro de terras indígenas. As maiores áreas de garimpo em terra indígena, estão em território Kayapó e Munduruku, no estado do Pará e em território Yanomami nos estados do Amazonas e Roraima respectivamente. No que diz respeito às unidades de conservação com maior atividade garimpeira, das 10 primeiras, 8 encontram-se no estado do Pará, incluindo nesta, a área objeto do estudo, localizada nos municípios de Itaituba e Trairão, no estado do Pará.

As atividades inerentes à mineração do ouro, em quaisquer escalas, são potencialmente causadoras de efeitos adversos ao meio ambiente de forma geral. Porém uma adequada gestão, o respeito às normas, às legislações e às mais diversas formas de regulamentação, propicia a execução de uma atividade minerária com uma significativa redução nos riscos ambientais.

A mineração é, sem dúvida, uma atividade indispensável à sobrevivência do homem moderno, dada a importância assumida pelos bens minerais em praticamente todas as atividades humanas, das mais básicas como habitação, saneamento básico, transporte, agricultura, às mais sofisticadas, com tecnologia de ponta nas áreas de comunicação e medicina. Ao mesmo tempo, apresenta-se como um desafio para o conceito de desenvolvimento sustentável, uma vez que retira da natureza recursos naturais exauríveis, ou seja, recursos que não se renovam (DIAS, 1999, p. 201).

Os impactos gerados por essas atividades geralmente ultrapassam os limites da área física dos locais de trabalho, principalmente os que são causados por agentes químicos. No garimpo, por exemplo, os trabalhadores utilizam metais pesados sem os cuidados necessários e sem observância da normatização pertinente, como é caso do mercúrio, que acaba contaminando o solo e, por conseguinte os recursos hídricos, colocando todo um ecossistema em risco.

³ Disponível em: <https://mapbiomas.org/area-ocupada-pela-mineracao-no-brasil-cresce-mais-de-6-vezes-entre-1985-e-2020>. Acesso em: 21 fev. 2022.

Um estudo recente, realizado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), em parceria com a *World Wide Fund For Nature* Brasil (WWF Brasil), em 2019, revelou que 100% dos indígenas da etnia Munduruku, localizada no médio Tapajós, entre os municípios de Itaituba e Trairão-PA, estão contaminados por mercúrio. Ainda, segundo o estudo, se considerada somente a Amazonia brasileira, existem 453 pontos de extrativismo ilegal de ouro (BASTA; HACON, 2020).

Segundo relata a pesquisa, em novembro de 2019, o estudo foi realizado nas Aldeias Sawré Muybu, Poxo Muybu e Sawré Aboy da Terra Indígena Sawré Muybu; procurou investigar o impacto sobre a saúde humana e o ambiente causado pela atividade garimpeira. Descobriu-se que todos foram expostos ao mercúrio. Ainda mais grave, em cerca de 200 pessoas, incluindo crianças, adultos e idosos, os níveis de contaminação eram superiores ao considerado seguro pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que é de até $6\mu\text{g.g}^{-1}$ (micrograma existentes em 1 grama). “Os níveis de contaminação variaram de 1,4 a $23,9\mu\text{g Hg/g}$ por cabelo e, aproximadamente, 6 em cada 10 participantes apresentavam níveis de mercúrio acima $6\mu\text{g.g}^{-1}$ ”, diz a pesquisa (BASTA; HACON, 2020).

Considerando as propriedades do mercúrio, trata-se de um metal que bioacumula e se biomagnifica ao longo da cadeia alimentar, onde os organismos de topo de cadeia (mamíferos marinhos e peixes predadores) apresentam as maiores concentrações em seus tecidos (KEHRIG *et al.*, 2002). As principais formas de contaminação são através da ingestão de água e consumo de peixes. Conforme dados coletados, os principais pontos de extração ilegal estão localizados próximos ao Parque Nacional do Jamanxim ou Parna do Jamanxim.

Os rejeitos ou efluentes liberados pelos garimpos acabam contaminando toda a parte a jusante; os compostos químicos são carreados por lixiviação ao longo dos córregos, até desagüarem nos rios maiores, nesse caso, o próprio rio Jamanxim e, abaixo dele, o rio Tapajós, um dos maiores cursos d'água da região Norte.

Nas proximidades de ambos os rios, existem comunidades indígenas, ribeirinhos e povos tradicionais, os quais dependem de peixes para se alimentarem, além de animais terrestres que também são fonte de alimento destas comunidades, os quais podem estar contaminados pelo consumo da água dos rios.

3.4 Fontes de poluição

O mau gerenciamento das fontes poluidoras pode causar efeitos adversos e indesejáveis durante o processo, denominados de impactos. Para melhor caracterizar uma fonte poluidora,

utilizamo-nos de seus efeitos (impactos) a fim de proporcionar um melhor entendimento do assunto.

Os impactos ambientais da extração de ouro podem ser divididos em físicos e biológicos. Os impactos físicos são caracterizados pela destruição da capa vegetal e dos solos, assim como pelo assoreamento do rio. Os impactos biológicos estão relacionados à qualidade das águas por intermédio do assoreamento, pela descarga de derivados de petróleo e, o mais grave, pelo uso inadequado de mercúrio (ROULET; GUIMARÃES; LUCOTTE, 2001).

Outros impactos ambientais negativos da extração do ouro, tanto no garimpo quanto na mineração industrial, devem ser analisados nas diversas fases em todo o processo de exploração, desde a lavra, o transporte e o beneficiamento, podendo se estender até o encerramento das atividades. Esse cenário pode ainda ser agravado pelo descarte irregular dos materiais de trabalho, bem como dos resíduos dos insumos utilizados, que acabam sendo carregados por cursos d'água.

Segundo Araújo, Olivieri e Fernandes (2014), a mineração altera de forma substancial o meio físico, provocando desmatamento, erosão, contaminação de corpos hídricos, aumento da dispersão de metais pesados, alteração da paisagem, do solo, compromete a fauna e a flora, além de afetar também o modo e qualidade de vida da população estabelecida na área minerada e em seu entorno.

Neste contexto, entre os efeitos físicos de grande importância estão os desmatamentos, induzidos pela necessidade da construção dos acampamentos, das corrutelas, da limpeza de áreas de lavra e do desmonte de barrancos. Nas margens e nas áreas de exploração, a alteração física também é um fator considerável, causando modificações dos leitos dos cursos d'água pela atividade direta, indireta e diária do garimpeiro, seja ele de sequeiro ou de mergulho, ambos os casos de garimpo rústico e artesanal.

Grande parte do garimpo artesanal tem como método revolver sedimentos em busca do precioso ouro; um dos parâmetros com maior alteração é a luminosidade dos corpos hídricos à jusante da lavra, em decorrência da liberação de silte e argila no ecossistema aquático, alterando as características físico-químicas das águas. Esta alteração interfere diretamente na atividade da comunidade fitoplanctônica que compõe a base produtiva da teia alimentar, provocando redução na disponibilidade de alimento para os consumidores primários.

Com relação à fauna, a tendência é o afugentamento ou mesmo o desaparecimento de espécies regionais nativas, por consequência do ruído constante do maquinário (geradores, compressores, dragas) e de veículos nas áreas servidas por estradas, principalmente pela pressão

da caça ilegal e pesca intensa. A atividade minerária demanda a utilização de compostos químicos para possibilitar a limpeza e a separação do ouro de outras impurezas.

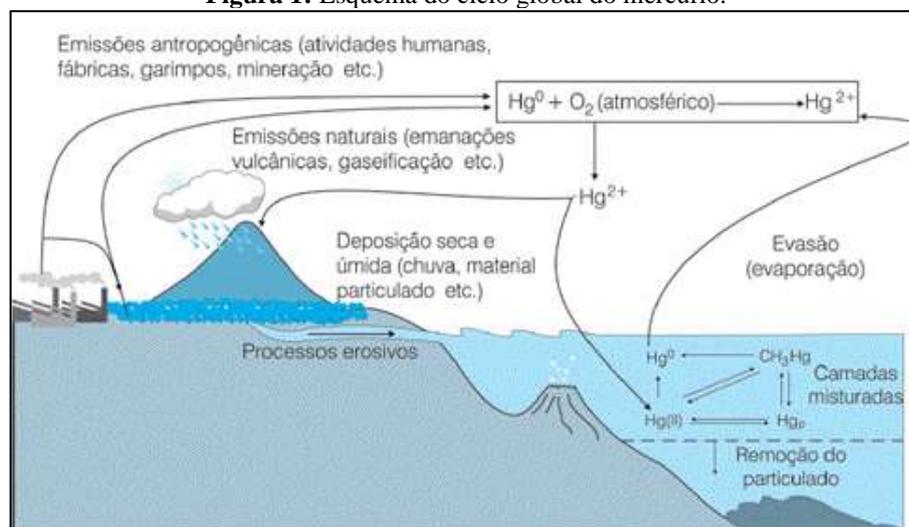
A utilização do mercúrio, como apontado anteriormente, também classificado como metal pesado, é muito comum nos garimpos do Brasil e traz grandes riscos à saúde dos trabalhadores devido à exposição direta nos ambientes de trabalho e também na exposição indireta das populações que vivem próximas às áreas garimpeiras. Essa substância química além de ser responsável por danos à saúde humana, pode gerar graves consequências ao meio ambiente.

Com a precipitação pluviométrica, esta pode carrear o composto metilmercúrio e contaminar cursos d'água. Nos seres humanos, pode causar graves enfermidades, principalmente neurológicas. Outra forma de contaminação é que muitos garimpeiros, por falta de conhecimento técnico, derramam mercúrio diretamente no solo, acreditando que a amalgamação se realiza “*in situ*”.

O mercúrio, por ser tóxico, contamina tudo aquilo com o qual ele entra em contato, tais como rios, peixes, animais, plantas e os habitantes que consomem a água ou peixes, como é o caso das comunidades indígenas principalmente; desta forma, interfere no equilíbrio ecológico dos ecossistemas.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, a preocupação é maior porque o mercúrio leva à morte; assim que entra em contato com o meio, ele libera partículas que circulam entre o ar, a água e o solo de maneira profunda. Na atmosfera, pode permanecer durante meses ou anos.

Figura 1: Esquema do ciclo global do mercúrio.



Fonte: Souza e Barbosa (2000).

3.5 Formas de controle

No Brasil, o governo federal, através do CONAMA, estabelece normas gerais, cabendo aos estados e municípios fixarem procedimentos de seu interesse, bem como licenciar, controlar e fiscalizar as questões ambientais. Os órgãos estaduais são os principais responsáveis pelo licenciamento dos empreendimentos minerais, desde a fase de pesquisa até a lavra (LP, LI e LO). No entanto, a legislação ambiental é relativamente recente e, em alguns casos, conflita com a legislação mineral.

Por outro lado, em muitas situações, os órgãos licenciadores e fiscalizadores não possuem estrutura e profissionais qualificados em meio ambiente e mineração para o desempenho dessas atribuições. O artigo 225, § 2º da Constituição Federal (BRASIL, 1988) impõe àquele que explorar recursos minerais a responsabilidade de recuperar os danos ambientais causados pela atividade de mineração, consistente na obrigação de recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica determinada pelo órgão público competente.

De acordo com Esteves e Herrmann (2009), na sequência, em 18 de julho de 1989, foi editada a Lei 7.805, que criou o regime de permissão de lavra garimpeira - PLG e extinguiu o regime de matrícula previsto no Código de 1967. O novo regime foi definido no art.1º pelo legislador como “o aproveitamento imediato de jazimento mineral que, por sua natureza, dimensão, localização e utilização econômica, possa ser lavrado, independentemente de prévios trabalhos de pesquisa, segundo critérios fixados pelo Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM” (BRASIL, 1989).

Contrariando todos os entendimentos jurisprudenciais e técnico-científicos, a Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (SDS) publicou a Resolução CEMAAM Nº 11 DE 09/05/2012 (AMAZONAS, 2012), que regulamenta o uso de mercúrio no garimpo artesanal. Ainda no que tange à regulamentação, é necessário observar as normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, no que se refere à mineração, como é o caso das normativas listadas no Quadro 1.

Quadro 1: Normativas referentes à mineração.

Norma	Status
ABNT NBR 13028:2006 Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e preservação de água	Em vigor
ABNT NBR 13029:2006 Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha	Em vigor

ABNT NBR 13030:1999 Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração	Em vigor
ABNT NBR 14063:1998 Óleos e graxas - Processos de tratamento em efluentes de mineração	Em vigor
ABNT NBR 13744:1996 Cianetos - Processo de destruição em efluentes de mineração	Em vigor
ABNT NBR 12649:1992 Caracterização de cargas poluidoras na mineração - Procedimento	Em vigor
ABNT NBR 11682:2009 Estabilidade de encostas	Em vigor

Fonte: ABNT⁴

O monitoramento é uma das formas de prevenção que deve ocorrer desde o início da lavra e durante os trabalhos de exploração do empreendimento, visando controlar a qualidade dos efluentes e reconhecer as modificações do meio para então poder mitigá-las. Para áreas degradadas, as medidas utilizadas são a revegetação e instalação de sistemas de drenagem em locais de lavras desativadas. A camada do solo alterado pode ser reutilizada na construção de diques e aterros para contenção de blocos rochosos instáveis.

Para Hacon *et al.* (2009), a melhor alternativa seria uma técnica de separação mecânica e não química, ou seja, a completa substituição do mercúrio por técnicas gravimétricas em que são aplicados métodos que permitem ao garimpeiro a completa separação do ouro do sedimento. Essa separação acontece em uma espécie de mesa vibratória que, ao trepidar, separa o cascalho, que é leve, do ouro, que é mais pesado.

Segundo Bitar (1997), a melhor alternativa para minimizar os impactos causados pelo garimpo de ouro é a implantação de técnicas mais avançadas e menos agressivas ao solo, além do monitoramento dos rios onde há uso do mercúrio, mapeamento e contenção de rejeitos abandonados no solo e margens dos rios.

4 Considerações finais

A exploração de jazidas subterrâneas, de qualquer finalidade, demanda a aplicação da legislação correlata. Especialmente quando essa exploração envolve insumos com alto potencial nocivo às populações humanas e ao meio ambiente. Para os casos onde se identifique a ação de “garimpeiros” sem qualquer tipo de licenciamento, o poder público dever ser acionado para tomar as providencias cabíveis uma vez que essa atividade provoca danos adversos à paisagem geográfica, como movimentação de solo, assoreamento de córregos e rios,

⁴ Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 02 fev. 2022.

contaminação de corpos hídricos, sem mencionar os impactos relativos à população, com a formação de núcleos urbanos sem a menor infraestrutura de saneamento, ou de rede de assistência médico-hospitalar.

Conforme se constatou na pesquisa, as propriedades bioacumuladoras do mercúrio produzem sérios danos à saúde dos seres vivos, em especial ao ser humano, condição esta que deixa mais vulneráveis as populações situadas a jusante de áreas exploradas irregularmente, e que dependem diretamente dos corpos hídricos para a alimentação (consumo de peixes) ou para a dessedentação.

Outro ponto a ser considerado diz respeito aos meios de fiscalização de áreas potencialmente sensíveis; os responsáveis precisam agir preventivamente aos atos de instalação de garimpos ilegais e fazer cumprir a legislação vigente. Cabe destacar, neste ponto, que as áreas mais sensíveis ao garimpo, por serem praticamente intocadas, principalmente no norte do país, são as destinadas às reservas naturais como Parque Nacional, Flona (floresta nacional), Resex (reserva extrativista), entre outras. Elas são muitas e extensas, o que dificulta a ação dos órgãos de fiscalização ostensiva, de maneira que se faz cada vez mais necessária a utilização de novas tecnologias de fiscalização para coibir o ilícito nesses espaços.

Referências

AMAZONAS. **Resolução CEMAAM Nº 11, de 09 maio de 2012.** Estabelece normas e procedimentos que disciplinam o licenciamento ambiental da atividade de lavra garimpeira de ouro no Estado do Amazonas. Manaus: Conselho Estadual de Meio Ambiente do Estado do Amazonas, 2012.

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico:** elaboração de trabalhos na graduação. São Paulo - SP: Atlas, 2010.

ANGOTTI, M. *et al.* Garimpo de ouro, seus impactos socioambientais e políticas públicas: caso de ensino baseado no filme “Serra Pelada”. *In:* CONGRESSO ANPCONT, 10., 2016, Ribeirão Preto - SP. **Anais [...].** Ribeirão Preto: Anpcont, 2016. Disponível em: <https://anpcont.org.br/pdf/2016/EPC389.pdf>. Acesso em: 28 mar. 22.

ARAÚJO, E. R.; OLIVIERI, R. D.; FERNANDES, F. R. C. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. *In:* FERNANDES, F.R.C.; ALAMINO, R.C.J.; ARAUJO, E.R. (ed.). **Recursos minerais e sociedade:** impactos humanos - socioambientais - econômicos. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Catálogo de normas de mineração.** Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 2 fev. 2022.

BARRETO, M.L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215 p.

BASTA, Paulo César; HACON, Sandra de Souza. Impacto do mercúrio na saúde do povo indígena Munduruku na bacia do Tapajós. **Nota Técnica**, WWFBR/FIOCRUZ, nov. 2020. Disponível em: https://www.greenpeace.org/static/planet4-brasil-stateless/9ec86ba8-wwfbr_2020_nt_impacto-merc%C3%BArrio-sa%C3%BAde-povo-ind%C3%ADgena-munduruku_v2.pdf. Acesso em: 21 fev. 2022.

BITAR, Y.O. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. 1997. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

BRASIL. [**Constituição (1988)**]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 21 fev. 2022.

BRASIL. **Lei 7.805, de 18 de julho de 1989**. Altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o regime de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula, e dá outras providências. Brasília: Presidência da república, 1989.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Anuário Mineral Brasileiro - 2000**. Mercúrio. Brasília: DNPM, 2000. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2000>. Acesso em: 21 fev. 2022.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Anuário Mineral Brasileiro - 2016**. Principais Substâncias Metálicas. Brasília: DNM, 2016.

CLEARY, D. **A garimpagem de ouro na Amazônia: uma abordagem antropológica**. Rio de Janeiro, UFRJ, 1992. 243 p.

DIAS, Cláudia Franco de Salles; MANCIN, Rinaldo César; PIOLI, Maria Sulema M. de Budin (org.). **Gestão para a sustentabilidade na mineração: 20 anos de história**. 1. ed. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), 2013. 168 p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/16401679-Gestao-para-a-sustentabilidade-na-mineracao-20-anos-de-historia.html>. Acesso em: 5 mar. 2022.

DIAS, Maritza do C.O. (coord.). **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.

ESTEVES, C.C.; HERRMANN, H. Garimpagem: análise da legislação do Brasil face à exploração artesanal nos direitos francês e africano. **Fórum de Direito Urbano e Ambiental**, Belo Horizonte, v. 8, n. 46, jul. 2009.

FAUSTO, Boris. **História do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.

FERREIRA, R.C.H.; APPEL, L.E. **Fontes e usos de mercúrio no Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1991.

FONSECA, J.J.S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GARRIDO, Bibiana. Garimpo na Amazônia: O coração da floresta e suas veias são impactados. **IPAM Amazônia**, Belém, 26 nov. 2021. Notícias. Disponível em: <https://ipam.org.br/garimpo-na-amazonia-o-coracao-da-floresta-e-suas-veias-impactados/>. Acesso em: 21 fev. 2022.

GERHARDT, T.E; SILVEIRA, D.T. **Métodos de pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GODOZ, Sirley. Serra Pelada: em busca do ouro. **Revista Saccaro Casas**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 8-25, mar. 2015. Disponível em: https://issuu.com/entrelinhasconteuodeforma/docs/saccaro_marco2015. Acesso em: 1 mar. 22.

HACON, Sandra *et al.* Um panorama dos estudos sobre contaminação por mercúrio na Amazônia legal no período de 1990 a 2005: avanços e lacunas. **Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, 2009.

KEHRIG, H.A.; COSTA, M.; MOREIRA, I.; MALM, O. Total and methylmercury in a Brazilian estuary, Rio de Janeiro. **Mar. Pollut. Bull.**, Londres, v. 44, n. 10, p. 1018-23, out. 2002.

KUGLER Henrique. Em nome do ouro. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 304, 17 jun. 2013. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/em-nome-do-ouro/>. Acesso em: 2 mar. 2022.

LACERDA, L.D. Contaminação por mercúrio no Brasil: fontes industriais vs garimpo de ouro. **Química Nova**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 196-199, 1997.

LAMBORG, Carl H.; DAMM, Karen L. von; FITZGERALD, William F.; HAMMERSCHMIDT Chad R.; ZIERENBERG, Robert. Mercury and monomethylmercury in fluids from Sea Cliff submarine hydrothermal field, Gorda Ridge. **Geophysical Research Letters**, [s. l.], v. 33, 2006.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE (MMA). Portaria MMA nº 175, de 22 de abril de 2021. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 75, p. 150, 23 abr. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-175-de-22-de-abril-de-2021-315696586>. Acesso em: 15 abr. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME)/ BANCO MUNDIAL. **Projeto de assistência técnica ao setor de energia**. Relatório técnico 28. Perfil do ouro. Brasília: MME, 2009. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448620/P19_RT28_Perfil_do_Ouro.pdf/9c42503d-4270-67fb-4a57-5d88fd53fdee?version=1.0. Acesso em: 26 fev. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). **Portaria nº 1399/GM**, de 18 de novembro de 1999. Brasília: MS, 1999.

PROJETO MAPBIOMAS. **Mapeamento da superfície de mineração industrial e garimpo no Brasil**. Coleção 6. Disponível em: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_1.pdf. Acesso em: 1 jun. 2022.

ROULET, M.; GUIMARÃES, J.R.D.; LUCOTTE, M. Methylmercury production and accumulation in sediments and soils of an Amazonian floodplain: effect of seasonal inundation. **Water, Air & Soil Pollution**, [s. l.], v. 128, n. 1/2, p. 41-60, 2001.

SOUZA, J.R.; BARBOSA, A.C. Contaminação por mercúrio e o caso da Amazônia. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 12, nov. 2000.

VEIGA, M.M.; SILVA, A.R.B.; HINTON, J.J. O garimpo de ouro na Amazônia: aspectos tecnológicos, ambientais e sociais. *In*: EMERY-TRINDADE, R.; BARBOSA-FILHO, O. **Extração de ouro: princípios, tecnologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002. cap. 11, p. 277-305.

VEIGA, Marcello M. **Introducing new technologies for abatement of global mercury pollution in Latin America**. Rio de Janeiro: UNIDO/UBC/CETEM/CNPq, 1997.