ESCOLA DE SAÚDE PÚBLICA DO ESTADO DE MINAS DE GERAIS
ESPECIALIZAÇÃO EM VIGILÂNCIA EM SAÚDE

ERIKA APARECIDA XAVIER DE OLIVEIRA

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NO MUNICÍPIO DE DESCOBERTO EM MINAS GERAIS

Belo Horizonte
2024

ESCOLA DE SAÚDE PÚBLICA DO ESTADO DE MINAS DE GERAIS
ESPECIALIZAÇÃO EM VIGILÂNCIA EM SAÚDE

ERIKA APARECIDA XAVIER DE OLIVEIRA

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NO MUNICÍPIO DE DESCOBERTO EM MINAS GERAIS

Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Especialização em Vigilância em Saúde da Escola de Saúde Pública de Minas Gerais (ESP-MG), como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Vigilância de Saúde.

Orientador Prof.º Me. Gean Lucas de Araújo Alves

BELO HORIZONTE
2024

O48r Oliveira, Erika Aparecida Xavier de.

Uma revisão de literatura sobre a contaminação por mercúrio no município de Descoberto em Minas Gerais. / Erika Aparecida Xavier de Oliveira. - Belo Horizonte: ESP-MG, 2023.

39 f.

Orientador(a): Gean Lucas de Araújo Alves.

Monografia (Especialização) em Vigilância em Saúde.

Inclui bibliografia.

1. Município de Descoberto. 2. Hg. 3. Contaminação. I. Alves, Gean Lucas de Araújo. II. Escola de Saúde Pública do Estado de Minas Gerais. III. Título.

NLM QV 293

AGRADECIMENTOS

Ao secretário Municipal de Saúde de Descoberto, José Maria de Castro Junior.

À colega de trabalho, Karina Pinheiro.

Minhas filhas: Camila de Oliveira Gomes e Alice Xavier de Oliveira Menezes.

Também ao colega, Fabrício Oliveira Florentino.

SOBRE A AUTORA

Minha primeira formação em saúde foi no curso técnico de enfermagem, feito na FAET no estado Rio de Janeiro. Após a formação passei em um concurso público na minha cidade, Descoberto – Minas Gerais, no ano de 2010 e ingressei assim meu primeiro trabalho no SUS. No ano de 2012 fui escalada para compor uma equipe de ESF (Estratégia de Saúde em Família) e na unidade de atendimento dessa ESF se encontrava um grupo de pesquisadores/ estudantes da UFF (Universidade Federal Fluminense) fazendo uso de duas de nossas salas para pesquisas sobre a contaminação da área de Descoberto, nesse momento começou meu interesse sobre o assunto, acompanhando de perto o trabalho dos pesquisadores pude obter informações relevantes sobre a saúde da população de Descoberto.

Em 2013 fiz o curso básico de Vigilância Sanitária oferecido pela Regional de Saúde de Juiz de fora e comecei a atuar na VISA como fiscal sanitária, nesse mesmo ano sofri um aborto espontâneo como consequência de uma má formação do feto (anencefalia), no ano seguinte sofri o segundo aborto pelo mesmo motivo, foi quando a obstetra que me atendia comentou comigo que estava relatando a algum órgão responsável sobre o grande número de casos como o meu na minha cidade, ela disse na época que era algo muito atípico e que precisava ser investigado.

Nos anos seguintes a Vigilância Ambiental foi integrada ao setor de Vigilância Sanitária, enquanto eu fazia uma graduação em Serviço Social e cogitava mudar de área de atuação profissional. Pude então acompanhar mais de perto as pesquisas, teorias e resultados de análises sobre a contaminação de mercúrio e suas possíveis consequências sobre a saúde da população, decidindo então continuar atuando na área da Saúde, principalmente na área de Vigilância em Saúde.

Hoje sou Coordenadora de Vigilância Sanitária no município e pretendo seguir atuando na área e colaborando com a Vigilância Ambiental e demais Vigilâncias. Busco especializações na área pois, pretendo elaborar um projeto de educação em vigilância no meu município.

RESUMO

O tema deste trabalho trata-se de uma revisão de literatura sobre a contaminação por mercúrio no município de Descoberto em MG. O Hg é um composto químico do grupo 12, de alta toxidade quando presente no meio ambiente mediante oxidação Hg2+, Hg+e Hg0, constituindo composições orgânicas e inorgânicas em várias repartições presentes na litosfera. Se objetiva descrever os resultados da contaminação do Hg na água e no solo do Município de Descoberto em MG, repercutindo no meio ambiente e em seus habitantes. O método utilizado para a produção deste estudo foi a revisão bibliográfica integrativa. Mediante a contaminação por Hg no Município de Descoberto, torna-se necessário uma monitoração da existência do Hg na água, no solo e no ar, além dos peixes e sedimentos nas regiões em que já há o conhecimento da existência do Hg. Quanto ao ambiente contaminado, torna-se preciso de remediar e de uma mais ampla vigilância junto ao meio ambiente com a retirada do Hg, de maneira que possa ser protegido a saúde dos residentes não somente de Descoberto, mas de cidades vizinhas.

Palavras-chave: Município de Descoberto. Hg. Contaminação.

ABSTRACT

The theme of this article is a literature review on mercury contamination in the municipality of Descoberto in MG. Hg is a chemical compound from group 12, highly toxic when present in the environment through oxidation of Hg2+, Hg+ and Hg0, constituting organic and inorganic compositions in various distributions present in the lithosphere. The objective is to describe the results of Hg contamination in water and soil in the Municipality of Descoberto in MG, impacting the environment and its inhabitants. The method used to produce this study was the integrative bibliographic review. Due to Hg contamination in the Municipality of Descoberto, it is necessary to monitor the existence of Hg in water, soil and air, in addition to fish and sediments in regions where the existence of Hg is already known. As for the contaminated environment, there is a need for remediation and broader monitoring of the environment with the removal of Hg, so that the health of residents not only of Descoberto, but of neighboring cities, can be protected.

Key words: Municipality of Descoberto. Hg. Contamination.

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 - Descrição geral do mercúrio.....20
Tabela 2 - Concentração-limite de exposição ao Hg.....24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da região de Descoberto em Minas Gerais (MG) 17
Figura 2 – Processo de intoxicação do Hg 22
Figura 3 – A presença do Hg na cadeia alimentar marinha.....25

SIGLAS E ABREVIATURAS

A.E.C	Antes da Era Cristã
CBA	Companhia Brasileira de Alumínio
CDTN	Centro de Desenvolvimento da Energia Nuclear
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
EPIs	Equipamentos de Proteção Individual
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
MG	Minas Gerais
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Nações Unidas
SI	Sistema Internacional de Unidades
SUS	Sistema Único de Saúde
VISA	Vigilância Sanitária
FAETEC	Fundação de Apoio à escola Técnica
UFF	Universidade Federal Fluminense

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11

2 OBJETIVOS 15

2.1 Objetivo geral 15

2.2 Objetivos específicos 15

3 METODOLOGIA 16

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 17

4.1 O município de Descoberto/MG 17

4.2 Histórico e uso do Mercúrio 18

4.2.1 O uso do mercúrio na saúde 21

4.2.2 A fabricação do mercúrio e suas consequências à saúde e ao meio ambiente 22

4.3 Vigilância em saúde frente à contaminação por Mercúrio 27

4.3.1 Coleta e amostras 30

4.3.2 Variações químicas, físicas hídricas e ações laboratoriais 32

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 34

6 REFERÊNCIAS 36

1 INTRODUÇÃO

A Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento criada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1983 tem sido considerada responsável por ter estabelecido o conceito de sustentabilidade em sua totalidade junto às sociedades (PEREIRA & CURI, 2012). A sustentabilidade busca o equilíbrio entre as esferas econômica, ambiental e social, em uma perspectiva que venha contemplar macroeconomicamente todas elas.

A fim de se chegar a uma melhor performance junto ao modelo sustentável, procura-se aprimorar as ações entre os indivíduos no processo de suprimentos, por exemplo, a reciclagem, ação que envolve a reutilização de materiais/produtos que tiveram seus processamentos (COELHO & SERRA, 2018). Há ações a fim de diminuir os impactos ao meio ambiente, em que pode ser destacado o uso de insumos puros com características seguras e saudáveis, utilizando meios renováveis, excluindo detritos prejudiciais, e tendo produções mais eficazes do que com a utilização de máquinas (COELHO & SERRA, 2018).

Frente aos problemas existentes no planeta, tem sido verificado um aumento da emanação de diversos poluentes, como o caso do carbono, que chega em até 70%, sendo estimado um crescimento alarmante até 2050. Nesa conjuntura, as emissões de dióxido de carbono CO_2 que também é conhecido gás carbônico, tem chegado a 74% do lançamento de gases do efeito estufa, em contrapartida 73% do lançamento desses tipos de gases é originado do uso de energia elétrica, transformando-se no grande agressor da atmosfera terrestre (CASTRO, 2017).

Outro poluente grave é o mercúrio, que é uma composição química do grupo 12 (FRANCISCO, 2021), em sua formulação química o mercúrio possui a simbologia “Hg”, sendo compreendido como um composto de alta toxidade, presente no meio ambiente mediante oxidação Hg^{2+}, Hg^{+}e Hg^{0}, constituindo composições orgânicas e inorgânicas em várias repartições presentes na litosfera. O Hg inorgânico poderá ter sua conversão em metil Hg e dimetil Hg mediante a atuação de bactérias metano gênicas, em particular juntos aos sedimentos (BUBLITZ *et al.* 2014).

A transformação metabólica desse elemento químico em metil mercúrio revela um grave perigo à natureza já que o Hg se acumula na cadeia trófica das águas mediante um evento denominado de bioampliação (CASTRO, 2017), ou seja, a acumulação do metal eleva-se no contexto que penetra nas etapas tróficas. Assim, devido a aptidão de se manter bastante tempo nos sítios dos organismos, o Hg tem sido percebido em peixes que são consumidos pelos humanos causando acumulações que resultam em consequências nevrálgicas e sistêmicas no organismo (BUBLITZ *et al.* 2014).

No município de Descoberto, em Minas Gerais, há registros de contaminação ambiental pelo Hg, em decorrência das atividades de extração do ouro que ocorreram na metade do século XX.

> Foi encontrado por acaso em 2002, quando um morador da zona rural fazia correções na estrada de acesso à sua propriedade. Um corte efetuado no terreno, após longo período chuvoso, provocou o afloramento do mercúrio, em sua forma líquida (ALEXANDRE, 2006, p.6).

De acordo com Alexandre (2006, p.3), Descoberto foi uma "região de retirada de grande quantidade de ouro de aluvião. O Hg, depois de utilizado, era descartado no próprio local". Já no início do século XXI, pode-se perceber o aflorar do Hg elementar junto à Serra do Grama, na zona rural de Descoberto em MG. Naquela conjuntura, os habitantes da região notaram o Hg líquido, em decorrência da presença de uma cisura no solo junto a uma área particular, no intento de se abrir uma estrada de circulação (ALEXANDRE, 2006).

A região agredida pelo Hg, está localizada cerca de 20 metros do córrego Rico, desaguando no Ribeirão do Grama, pertencendo à sub-bacia do Rio Pomba, que é um tributário que pertence à bacia do Paraíba do Sul. É comprovado cientificamente que a excessividade da acumulação do Hg no ambiente representa um grave perigo para a saúde humana. Nesta conjuntura, diversos representantes políticos e de áreas como da saúde, de saneamento básico e do meio ambiente, desenvolveram inúmeras operações a fim de assegurar tanto a proteção dos seres humanos como da natureza (*TINÔCO et al.* 2010). Depois de achado o Hg no Munícipio de Descoberto, pesquisas começaram a ser desenvolvidas na região. Em Descoberto, originou-se o processo de contaminação,

afloramento e infiltração nas diversas partições da natureza, ou seja, na água e o solo, caracterizando um terrível estrago ambiental da região. Ao se realizar buscas cientificas sobre o assunto em questão, quanto à contaminação por Hg, pôde-se verificar a necessidade de entender mais qualitativamente a questão volátil do Hg no ambiente em questão (TINÔCO *et al.* 2010). Nessa conjuntura, torna-se bastante importante ser desenvolvido estudos como este para se poder, não apenas conhecer os agentes contaminantes, como é o caso sobretudo do Hg, mas também buscar maneiras de se prevenir novas contaminações.

Importante se ressaltado que no âmbito da saúde, a vigilância tem sua participação junto a ações que visam a preservação da saúde humana e sua oferta junto às pessoas, acompanhado de estratégias aplicadas na prevenção de patologias. Também, agrega vários nichos de saberes, abordando distintas temáticas como no caso de contaminações via metais pesados, além de ações referente a políticas de saúde, de territorializações, questões epidemiológicas, processos envolvendo a saúde e patologia, modos de vida e condição de saúde de comunidades, como às presentes próximas à rios, meio ambiente e saúde junto a ações que envolvem o trabalho. Diante disso, pode-se perceber que a vigilância se segmenta, sobretudo, a assuntos envolvendo epidemiologia, meio ambiente, questões sanitárias junto à saúde do trabalhador (OLIVEIRA; RPHLFS; GARCIA, 2019).

A importância da vigilância epidemiológica está no fato de poder realizar o reconhecimento de patologias mais comuns relatadas compulsoriamente e poder perscrutar processos epidêmicos que se desenvolvem em determinados ambientes, podendo atuar no monitoramento dessas patologias particulares. A vigilância ambiental pormenoriza suas atuações junto às intromissões em áreas física, psicológica e social junto à saúde dos cidadãos e comunidades. Nesta conjuntura, tem se verificado que suas ações se especificam, no controle hídrico junto ao seu uso pelas pessoas, na fiscalização de resíduos, como o caso dos metais pesados e monitorização de transmissores de patologias, principalmente os roedores e insetos, por exemplo.

As atuações envolvendo à vigilância sanitária encaminham-se, quase sempre, sobre a administração de bens, insumos e operações que demandam possíveis danos à saúde das pessoas, envolve, por exemplo, a alimentação consumida pela comunidade,

produtos voltados à higiene, beleza e fármacos. Além disso, ocorrem a inspeção periódica de tarefas que interessam à área da saúde, essa realidade envolve inúmeras instituições, como às educacionais, hospitalares, de lazer e ao comércio. A vigilância sanitária ainda tem o papel de fiscalizar processos de produção que são capazes de levar ao perigo, causando com isso, prejuízos aos trabalhadores e à natureza, destacando-se ainda sua participação no que envolve à saúde do trabalhador mediante à realização de pesquisas, práticas preventivas, subsídios e vigilância junto a perigos à saúde humana associados ao trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Descrever os resultados da contaminação do Hg na água e no solo do município de Descoberto em Minas Gerais, repercutindo no meio ambiente e em seus habitantes.

2.2 Objetivos específicos

Apontar o uso do mercúrio na saúde;

Descrever a fabricação do mercúrio e suas consequências à saúde e ao meio ambiente;

Mostrar a importância da vigilância em saúde frente à contaminação por Mercúrio;

Descrever as variações químicas, físicas hídricas e ações laboratoriais frente à coleta e amostras que foram obtidas mediante pesquisas sobre à contaminação por Hg em Descoberto junto ao meio ambiente.

3 METODOLOGIA

O método utilizado foi a revisão bibliográfica integrativa, uma vez que ela possibilita a revisão, a crítica e a sistematização de um texto em relação a um tópico ou discurso escrito de maneira integrada, possibilitando dessa forma a geração de novos apontamentos e possibilidades quanto a um assunto examinado (FOSSATTI; MAZZATO; MORETTO, 2019). De acordo com Fossatti; Mazzato; Moretto (2019. p.27) a terminologia "integrativa se origina na integração de resultados, conceitos ou ideias encontradas nas pesquisas selecionadas neste método". Realizou-se uma pesquisa bibliográfica no intuito de preparar um referencial teórico que embase as análises. Considerou-se como pergunta de pesquisa: quais os resultados da contaminação do Hg na água e no solo, no município de Descoberto em Minas Gerais, e sua repercussão na vida de seus habitantes?

Delimitou-se como critério de inclusão obras acadêmicas na íntegra, na língua portuguesa, relacionados ao tema proposto nesta pesquisa: estudo sobre a contaminação por Hg no município de Descoberto. Não foi estabelecido um período específico para a busca das referências, uma vez que muitas informações importantes para os objetivos deste trabalho se encontram em publicações em períodos variados.

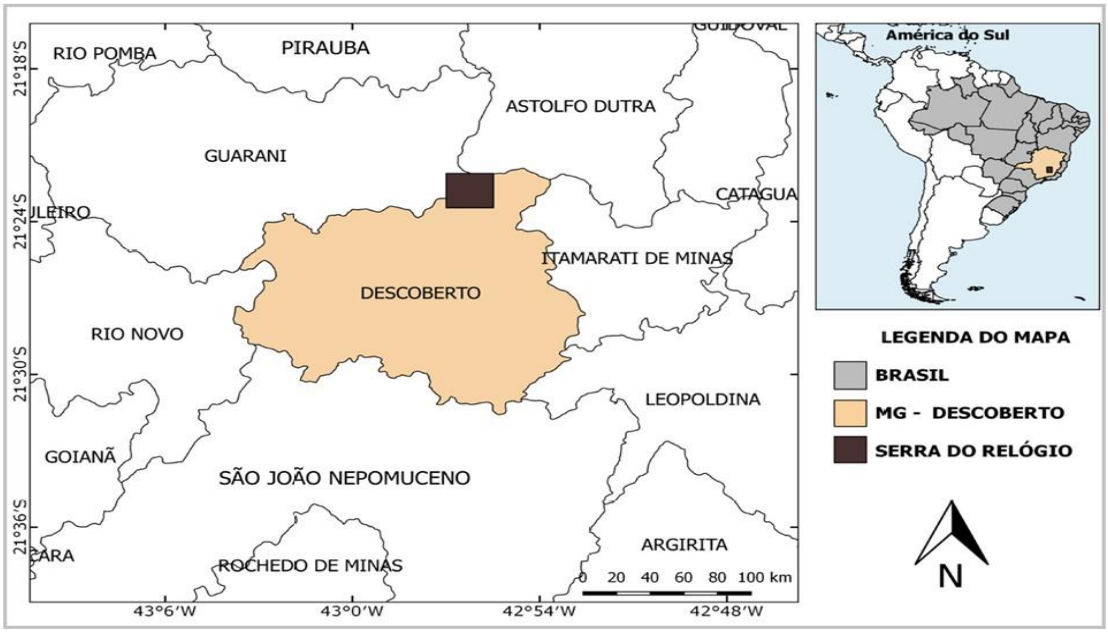
Os critérios de exclusão utilizados foram estudos que não disponibilizaram o texto na íntegra, que não possuíam aderência ao objeto de estudo, que abordaram contaminações através de outros elementos tóxicos junto ao meio-ambiente. As palavras-chave: Município de Descoberto em MG; Contaminação por mercúrio; Meio ambiente e a contaminação por mercúrio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O município de Descoberto/MG

A região afetada pelo Hg neste estudo fica localizada no interior do município Descoberto em Minas Gerais, cerca de 370 km de Belo Horizonte, capital do estado (AMORIM *et al.,* 2016), conforme a Figura 1.

Figura 1 – Mapa da região de Descoberto em Minas Gerais (MG).



Fonte: (VIAMICHELIM, 2023).

Nesta região rural mineira, foram descobertas evidências da presença de Hg líquido no solo, em dezembro de 2002, sua afloração desenvolveu-se no período em que aconteceu a construção de uma passagem em um espaçamento inclinado perto de um córrego do rio Novo, que pertence ao rio Paraíba do Sul. Nessa época, o processo de amalgamação era bastante utilizado a fim de elevar a eficácia da extração desse metal. Como resultado, houve a segmentação do mercúrio junto à atmosfera como em seu estado gasoso no processamento da combustão da liga metálica, onde certa porção teve seu despejamento nos afluentes quando se utilizou a amálgama na subtração do ouro do

minério, e parte foi deixada e enterrada junto ao processo de desgaste do solo (AMORIM *et al.,* 2016).

Ao ser confirmada a contaminação de Descoberto, a prefeitura, junto à Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM), à Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e o Centro de Desenvolvimento da Energia Nuclear (CDTN), aplicaram alguns métodos para o isolamento da região afetada. Foram feitas algumas barragens para conter o elemento solidificado, sulcos para drenos com o intuito no deslocamento da fluidez hídrica das chuvas do espaço contaminado, com implementação de cisternas e compartimentos junto a um conjunto de manipulações da água para serem tratadas fisicamente através de desareadores (AMORIM *et al.,* 2016).

4.2 Histórico e uso do Mercúrio

É fato que, já a partir da antiguidade, o Hg era bastante conhecido. Esse elemento químico foi encontrado no Egito em torno do século XVI Antes da Era Cristã (A.E.C), e também presente em outras regiões, em diversas regiões espalhadas no mundo (VIEIRA, 2017). O Hg foi muito utilizado nas culturas helenísticas na produção de unguentos, no tipo de seu mais importante minério, a cinabarita. As sociedades romanas antigas aplicavam o Hg no fabrico de cosméticos, também na produção de amálgamas por volta do século VI A.E.C., sendo na cultura greco-romana conhecido como minium (ALVA *et al*., 2016).

Os alquimistas também usavam bastante o Hg, eles viam neste metal um elemento essencial, pois acreditavam que os demais metais existentes derivavam dele. O Hg se destaca entre outros metais por ser o único sendo líquido a temperatura ambiente, com ponto de fusão de - 38,87 °C, e tendo a mudança do estado líquido para o gasoso em 356,58 °C. (MIRANDA, 2019). Sua coloração é prateada e bastante densa, detém um tensionamento superficial e elevado o suficiente para se formar diminutas e notáveis esferas em rochas e minerais em que é achado. Vários aspectos mineralógicos comumente não podem ser aplicados a esse metal em decorrência de seu estado líquido. Importante

ressaltar, que não é possível ser determinado um nível de sua densidade, o Hg nem mesmo tem uma estruturação clarificada ou uma superfície de clivagem, que se caracteriza sendo a resistência que um mineral demanda ao sofrer uma quebra (GUILEN *et al.* 2010).

Quando o Hg passa por um processo de congelamento desenvolve cristais junto aos sistemas cristalino trigonal e tetragonal quando junto a elevadas pressões. Este metal tem uma fácil dissipação e se modifica de maneira lenta junto ao ar, cobrindo-se por meio da uma fina camada acinzentada de óxido de Hg, a 350 °C sofre uma oxidação bem rápida, gerando óxido Hg vermelho (HgO). Ao ser atingido por cloro (Cl) a frio e súlfur a quente, ocorre a decomposição do vitríolo e do ácido nítrico (HNO_3) (MIRANDA, 2019).

O Hg é adquirido através da queima de seu sulfureto ao contato com o ar livre. Sua utilização na indústria é muito comum sendo utilizado em diversos instrumentos, como barômetros, espelhos detonadores, lâmpadas e termômetros, dentre outros. Este metal possui valência na formulação Hg nas composições de mercúrios a exemplo, do Hg_2O e no Hg_2Cl_2, e bivalência em composições de mercúrios a exemplo, do HgO, $HgCl_2$, HgS e $Hg\ (CNO)_2$ (CAMARGO, 2013).

Ele é uma substância química que não é vista sendo fundamental para quaisquer que sejam os processos metabólicos, porém, pode ser facilmente aglomerada junto à grande parte dos organismos. Se processa organicamente e inorgânicamente facilmente em sua solidez ou dissipação e ainda em sua forma gasosa. Concomitantemente, o seu ciclo biogeoquímico está associado aos processos desenvolvidos junto à atmosfera, na água e no solo (GUILEN *et al.,* 2010). Quando comparado com outros metais, o Hg é considerado um elemento bastante singular, ocupando a 16ª posição no agrupamento dos elementos baseado em sua existência no planeta (GUILEN *et al*., 2010).

Os maiores depósitos de cinabarita se encontram na Espanha e em atividade a mais de dois mil anos. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), existe uma emissão natural desse metal junto à natureza entre 2.700 a 6.000 toneladas todos os anos, originada em compostos que contém mercúrio existentes na litosfera, em vulcões e no translado para a atmosfera no período em que se processa a evaporação de oceanos, lagos e rios (DA SILVA, 2020). Em relação às emissões por ações humanas,

sua estimativa é de aproximadamente 10.000 toneladas todos os anos, estando relacionado com perdas junto ao ambiente quanto o Hg é extraído, na garimpagem e refinamento de ouro, da combustão de combustíveis fósseis, ou seja, do petróleo, do carvão mineral e do gás, ainda na fabricação de cimento, na queima de lixo, produção de gás cloro (Cl_2) e a soda cáustica (NaOH), dentre outros usos do setor industrial do mercúrio (FRANCISCO, 2021).

No território brasileiro, calcula-se que o lançamento de Hg na atmosfera através de distintas operações humanas revela, que mesmo tendo sido comprovado a diminuição de ações de garimpo na Amazônia presentes nos Governo passado (TAVARES, 2021), este meio continua ser responsável por aproximadamente 30% de toda a emissão de Hg na atmosfera terrestre, ou seja, cerca de 20 toneladas todos os anos. A seguir está a indústria de clorossoda em aproximadamente 17 toneladas de emissão desse mesmo metal por ano, ou seja, 25% (TAVARES, 2021). A Tabela 1 apresenta uma descrição geral do mercúrio:

Tabela 1 – Descrição geral do mercúrio.

DESCRIÇÃO GERAL	
Nome	Mercúrio
Mercúrio	Hg
Nome Latino	Hydrargirium
Cor	Prateado
Número Atômico	80
Massa Atômica	200,59
Densidade	13,6 g/ml
Temperatura de Fusão/Ebulição	-38,87 ºC / +356,58ºC
Estado Físico Natural	Líquido a temperatura ambiente
Uso Industrial	Termômetros, barômetros, lâmpadas, medicamentos, espelhos, detonadores, corantes, entre outros.
Produção mundial	3 400 toneladas/ano
Doença causada por contaminação	Hidrargirismo

Fonte: (CAMARGO, 2013 e adaptado pela autora).

4.2.1 O uso do mercúrio na saúde

O Hg desde a antiguidade é utilizado na área de saúde, mas, há algum tempo, tem sido trocado por outras substâncias consideradas mais fortes e não tão tóxicas. Na atualidade, permanece o uso de cloreto de benzalcônio, para fins antissépticos, como no caso do protocloreto que atua no trato gastrointestinal para a fluidez da bile junto ao duodeno e como purgante (VAZ *et al.,* 2022). Está presente nos hidróxidos de ferro amarelo e vermelho presentes nas pomadas indicadas por oftalmologistas e dermatologistas (RODRIGUES *et al.,* 2014). Além disso, importa apontar que o cianeto de Hg já foi muito usado no tratamento de sífilis terciária e em medicamentos que agem no rim, elevando o volume e o nível do fluxo urinário, mas que atualmente não é mais usado estes fins envolvendo o mercúrio (RODRIGUES *et al.*, 2011).

Em relação à administração do Hg, existem várias em diferentes esferas, mas, principalmente, tem sido aplicado na fabricação de equipamentos científicos de aferição, por exemplo, em manômetros, barômetros e termômetros, além de lâmpadas de vapor, fluorescentes e substâncias químicas como os casos da soda cáustica e do cloro (SILVA *et al.,* 2017). Também é utilizado na produção de amálgamas que são usadas em odontologia, como antisséptico, antifúngico, em formato de timerosal que é um importante composto de calomelano (Hg_2Cl_2) com peso de cerca 49% de Hg, podendo ser utilizado como conservante, por exemplo, em vacinas, testagem de efeitos alérgicos em uso de tatuagens, dentre outros (DOS SANTOS *et al.,* 2017).

Quanto a composição do Hg estão vários compostos importantes em combinação com outros elementos, dentre eles, está o sublimado corrosivo ($HgCl_2$) que é bastante danoso e que por muito tempo foi utilizado em assepsia de feridas. Há também o sulfeto de mercúrio ou simples (HgS) que tem sido adotado desde a antiguidade no fabrico do vermelhão, uma pigmentação destinada na composição de tintas (MIRANDA *et al.,* 2007).

Mas, foi na década de 1600, que se tem a aplicação pela ciência do Hg pelo físico Evangelista Torricelli, para aferir a pressão da atmosfera, quando foi inventado o barômetro de mercúrio. Em decorrência disso, para se homenagear o físico passou-se a denominar pela primeira vez a pressão de 1 mmHg de Torricelli (1 mmHg = 1 Torr). Atualmente, essa pressão admitida junto ao Sistema Internacional de Unidades (SI) se chama

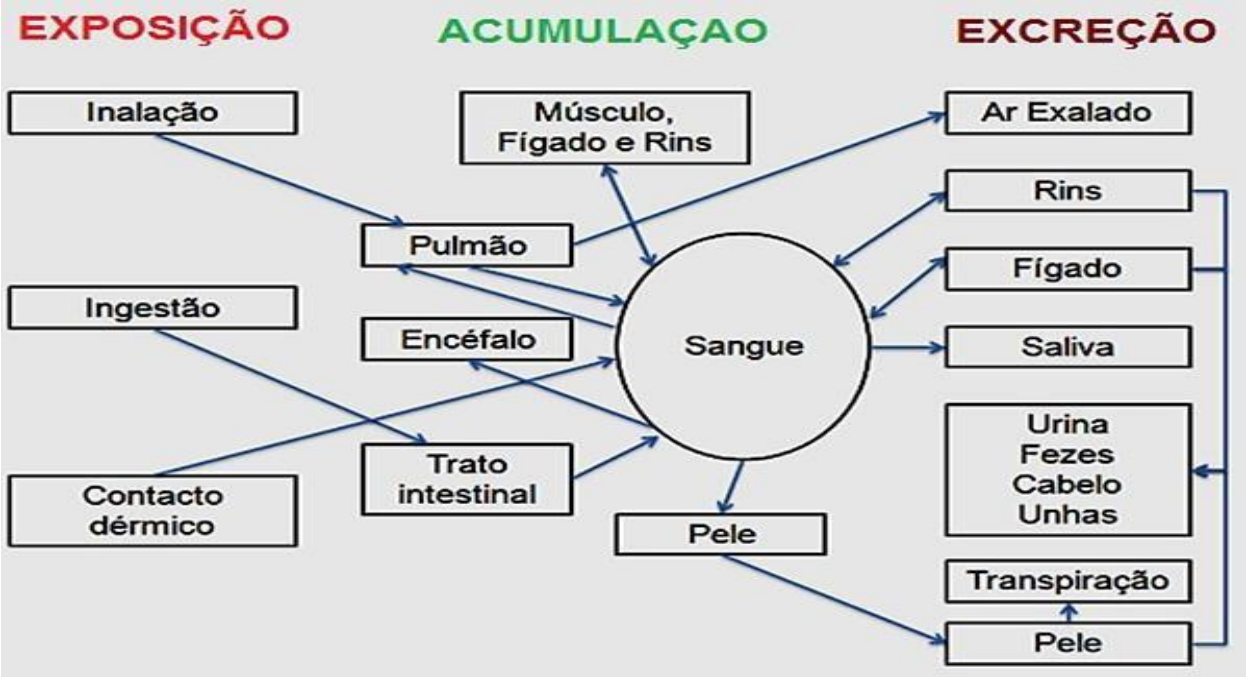
pascal, Pa, para homenagear Blaise Pascal, cientista e matemático francês (HIDALGO *et al.,* 2018).

4.2.2 A fabricação do mercúrio e suas consequências à saúde e ao meio ambiente

O uso industrial de combustíveis fósseis geralmente está associado a diversos vazamentos de Hg, nesta conjuntura, a ter contato com a água, por exemplo, de lagos e rios, parte deste metal acaba se volatizando junto à atmosfera tornando posteriormente a cair, em sua tipologia inicial através das chuvas. Por exemplo, com o absorver da água de maneira direta ou indireta por peixes e a vegetação, o Hg vai circulando e se concentrando no encadeamento alimentar em altas quantidades. Junto a tudo isso, ainda ocorre a ação microbiana transformando esse metal em metilmercúrio, que é bastante prejudicial à saúde (ELDO, 2014).

A Figura 2, apresenta um delineamento do processo de intoxicação do Hg.

Figura 2 - Processo de intoxicação do Hg.



Fonte: (MUNDOERGONOMIA, 2019).

Após o Hg alcançar a corrente sanguínea, ele se oxida, formando compostos dissolvíveis, combinando-se com os sais minerais e metais alcalinos, ou seja, lítio, sódio, potássio, rubídio e césio nos tecidos. Essas composições têm sua absorção através das membranas epiteliais, os vapores pela inalação e os indissolvíveis através do tecido por meio das glândulas microscópicas presente no tecido. Importante ressaltar que o Hg desenvolve ligações covalentes que podem ser simples, duplas e triplas (ENDO, 2014).

Conforme a Figura 2, junto ao o súlfur que ao penetrar na forma de radicais sulfídrilas (RSH) atuam como doadores de hidrogênio, assim ocorre a substituição do hidrogénio pelo Hg iônico na formação de mercaptides X-Hg-SR e Hg (SR)2 em que R é o fator proteico e X que representa a habilidade que o núcleo atômico possui de atração de elétrons presentes em uma conjunção firmada por átomos na formação de moléculas (ENDO, 2014).

Ainda existem países que utilizam metais pesados como fumigantes, como os mercuriais orgânicos que são elementos antimicrobianos e são responsáveis pelos mercaptides RHg-SR. Eles se intrometem na metabolização e no funcionamento das células através de sua habilidade de tornar inoperante as sulfidrilas de elementos orgânicos de natureza comumente proteica, fragilizando a estrutura enzimática doas células (MARDONES, 2007).

Conforme o metal líquido trafega na corrente sanguínea, ocorre a ligação proteica do estado físico onde as partículas sofrem ionização e nos glóbulos vermelhos espalhando-se por meio dos sítios aglomerando-se em vários órgãos, como fígado, medula óssea e os rins, dentre outros (OLIVEIRA, 2013).

Além disso, efeitos tóxicos são comuns, podendo ser agudo, subagudo e crônico. Por exemplo, podem ocorrer fortes dores, vômitos, desarranjo intestinal, gosto de metal na boca, presença de sangue nas gengivas, inflamação bucal e mais especificadamente na língua, perda da dentição e até mesmo câncer. Além disso, distúrbios renais, do fígado, do estômago, do sistema nervoso, perdas permanentes da massa muscular e óssea e gordura, halitose, falta de apetite, pressão alta e ainda o défice de concentração da hemoglobina, dentre outros (GHISONI, 2013).

A Tabela 2 apresenta concentração limite de exposição ao Hg.

Tabela 2 – Concentração-limite de exposição ao Hg.

URINA	
0,00 a 0,01 mg	Não tóxico (acidental)
0,02 a 0,09 mg	Perigo de intoxicação
0,010 a 0,80 mg	Intoxicação crônica
Acima de 1 mg	Intoxicação aguda
Acima de 2 mg	Intoxicação subaguda
SANGUE	
0,00 a 0,1 mg/l	Não tóxico
Acima de 10 mg/l	Intoxicação

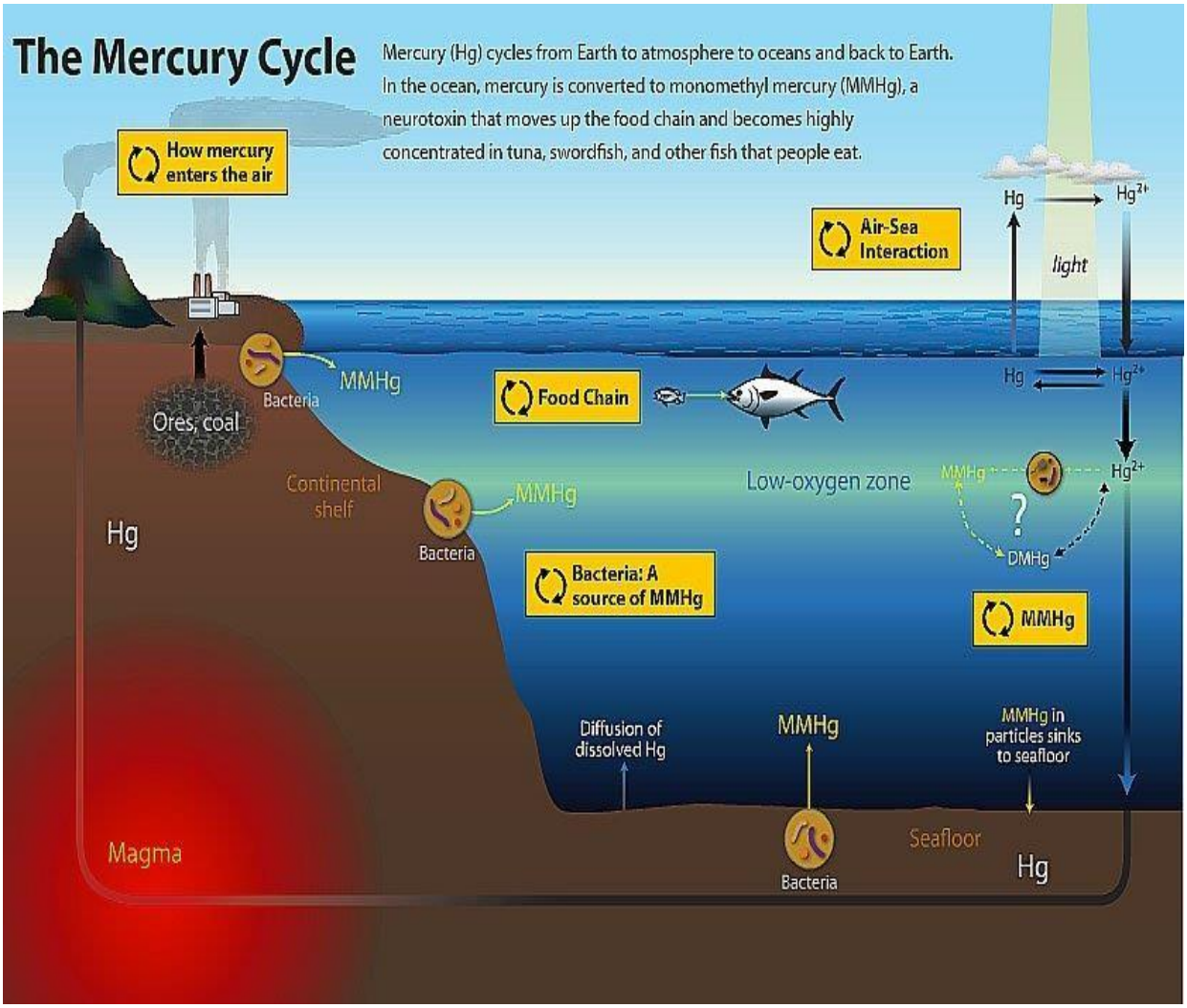
Fonte: (adaptado de GHISONI, 2013).

Países como Espanha e a Itália estiveram por muito tempo no *ranking* de maiores fabricantes de Hg, sendo que atualmente outras nações ganharam esse destaque, por exemplo, a Rússia, a China, o Chile e o Quirguistão, dentre outros. Compreende-se que por bastante tempo inúmeros países fabricavam Hg por meios industriais, que realizavam a partição e refino da liga do cobre, porém sem o registro dessa fabricação (DINIS, 2021).

Tem sido verificado que a presença do Hg é pouco abundante na litosfera, conseguindo-o no seu aspecto puro, e na cinabarita, blenda, iolita, sulfossal de antimônio, dentre outros, sendo que o mais frequente é a cinabarita HgS, que pesa 86,21% de metal líquido (GHISONI, 2013). Sua obtenção é possível pelo aquecimento da cinabarita junto a uma corrente de ar e condensação da liberação da vaporização, onde se processa os seguintes efeitos químicos: $2HgS + O_2 \rightarrow 2HgO + 2SO_2$. Na presente fase constitui-se o anidrido sulfuroso e o óxido Hg, onde na fase seguinte ocorrerá a desmanche naturalmente na temperatura onde se processa a liberação do oxigênio e largando assim o mercúrio metálico, conforme a formulação: $2HgO \rightarrow 2Hg + O_2$ (TAVARES, 2021). Quanto sua atuação biológica e tóxica do Hg, envolve animais e pessoas, sendo bastante perigoso quando ingerido, sobretudo em formato de sais e complexos organometálicos, e ainda quando há inalação de seus vapores, o que poderá resultar em seríssimas intoxicações,

anomalias junto ao sistema nervoso central e óbito (GHISONI, 2013). O Hg atua de maneira acumulativa e com efeitos tóxicos, e graus danosos junto ao organismo pelo contato permanente, o que acontece naturalmente na cadeia alimentar marinha. Nesta conjuntura, ocorre a contaminação dos animais marinhos através desse metal líquido (MILHOMEM FILHO *et al.,* 2012), conforme a Figura 3, esses animais, como o caso dos peixes, acabam sendo consumidos pelas pessoas, resultando na acumulação no organismo do metal resultando em sérias patologias.

Figura 3 – A presença do Hg na cadeia alimentar marinha.



Fonte: (MARSEMFIM, 2018).

O Hg deve ser manuseado com bastante cuidado, pois é possível sua absorção cutânea, sendo assim, é indispensável a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) apropriados. Devido sua periculosidade, o Hg tem sofrido sua substituição de maneira paulatina em seus diversos usos por elementos com menor toxicidade. Um desses materiais é o galinstan, uma liga composta de gálio, índio e estanho, que tem sido aplicado em termômetros (NUNES *et al.,* 2012).

4.3 Vigilância em saúde frente à contaminação por Mercúrio

É uma realidade que os representantes das diversas esferas da sociedade, frente à necessidade de um maior enfrentamento à crise ambiental presente em todo o planeta, têm buscado rever seus valores e conceitos, pondo, mesmo frente a diversos interesses, ações voltadas para sustentabilidade do meio ambiente (DA SILVA, 2012).

Pode-se também pressupor, que a presente crise envolve a necessidade de uma melhor educação da população mundial. O conhecimento sobre o meio ambiente e a sustentabilidade, pode ser considerado uma importante ferramenta frente este sério problema que afeta todo o planeta o pondo em risco de extinção. Importante destacar que:

> A Constituição da República Federativa do Brasil, em 1988 (CF), instituiu o Sistema Único de Saúde (SUS) e definiu a articulação da saúde com o ambiente no Artigo 200 ao estabelecer, como uma das competências do sistema de saúde, "colaborar na proteção do meio ambiente, nele compreendido o do trabalho" (OLIVEIRA *et al.,* 2017, p.244).

Nessa conjuntura, a esfera da saúde vem se instalando cada vez mais ativamente a fim de uma participação mais pormenorizada e firme junto ao debate sobre a sustentabilidade e meio ambiente, tanto no que envolve ao zelo aos indivíduos e populações afligidas por agravos ao meio ambiente, por exemplo, nos casos de intoxicações através de materiais químicos, acidentes de trânsito e de patologias decorrentes de diversos vetores, ou ainda mediante à valorização de alternativas que envolvam a prevenção e a efetuação da saúde.

Compreende-se que a vigilância ambiental em saúde tem sido auxiliada junto à observação que a da associação aos riscos e suas consequências contrárias à saúde.

> As ações referentes à saúde ambiental – como Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica e Ambiental – estiveram sob gestão da Fundação Nacional de Saúde (Funasa) como atribuição do Centro Nacional de Epidemiologia (Cenepi), no âmbito do qual, no final da década de 1990, foi criada a Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM) com as seguintes competências: organizar, orientar, normalizar e coordenar o Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental (SINVSA) objetivando a ampliação da capacidade de detectar, precocemente, situações de risco à saúde humana que envolvam fatores químicos, físicos e biológicos presentes na água, no ar e no solo, prevenir e controlar as zoonoses, estabelecer ações de vigilância entomológica para monitorar e orientar o controle no combate a doenças transmitidas por vetores como também analisar o impacto de mudanças ambientais, das catástrofes e dos desastres

> naturais sobre a saúde das populações, visando o desencadeamento de ações preventivas (OLIVEIRA *et al.,* 2017, p.245).

Nesse contexto, existem vários programas, planos e ações idealizadas pela esfera da saúde que estão relacionados a fatores ambientais, não só envolvendo saneamento, mas de diversos tipos de contaminações mediante extrações de minérios, como é o caso do Hg em diversas regiões.

Como resultado de seus aspectos, por exemplo, de lipossolubilidade, viabilidade de transpassar barreiras hematoencefálica (BHE) e placentários, e efeitos capazes de gerar prejuízos ao embrião humano no período de gestação, as configurações organo-mercuriais concomitantes de processamentos comuns de biotransformação que são compreendidos mais significantes no âmbito toxicológico (ROSA; FRCETO; MOSCHINI-CARLOS, 2012).

Certos microrganismos e processos considerados comuns conseguem modificar o Hg junto ao meio ambiente de uma maneira para outra. A modificação de composições orgânicas do Hg para o cátião organometálico requer de ênfase em decorrência de seu aspecto de bioacumulação junto a animais de água doce e salgada, como os peixes, que que são agredidos por níveis altíssimos aos que são percebidos na natureza. Importa dizer, que sua entrada nos ecossistemas ocorre de maneira tanto natural como pela ação do ser humano (ROSA; FRCETO; MOSCHINI-CARLOS, 2012).

Naturalmente, é evidenciado pelo precipitar de vapores do Hg, além das erupções dos vulcões e ainda do processo de evaporação presentes dos corpos hídricos, onde os tipos mais encontrados são o Hg metálico, sulfeto mercúrico, sublimado corrosivo e cátião organometálico.

As matrizes chamadas antropogênicas de Hg podem ser resultado de ações presentes na mineração, principalmente na extração de ouro, combustão de fosseis, operações desenvolvidas pelo setor industrial, queima de materiais químicos, na fabricação de cimento, lixo urbano e resultado dos serviços da área da saúde (FREITAS, 2016). Pode-se dizer que certas populações, como é o caso dos moradores do Munícipio de Descoberto, necessitam de uma maior atenção quanto à exposição ao Hg em decorrência de terem sido expostas de maneira significativa a níveis elevadíssimos desse elemento

químico. Esse tipo de contaminação pode se processar mediante as vias respiratórias, atingindo, portanto, todo o sistema respiratório, onde poderá ser verificado e identificado seu volume através da medição da exposição de Hg na urina (NUNES *et al.,* 2012).

Já exposição ambiental é resultado do processo alimentar, geralmente por peixes, afetando de maneira direta ao sistema sanguíneo, resultando em danos ao Sistema Nervoso Central (SNC). Na operação de extração de ouro, ocorre a exposição diretamente dos operários junto ao Hg metálico em seus locais de trabalho, também a exposição de forma indireta de pessoas que geralmente estejam próximas aos espaços contaminados (MILHOMEM FILHO *et al.,* 2012).

Tem sido estimado que no planeta, aproximadamente 80 a 100 milhões de indivíduos são dependentes de operações de minério para sua sobrevivência, o que pode ser algo bem preocupante. Quanto à questão da exposição ocupacional, pode-se destacar, operários do setor industrial inseridos ao processo cloro-álcali e eletroeletrônico. Neste último, comprova-se uma liberação do Hg usado juntamente ao produto final reforçando assim a probabilidade da exposição de pessoas ao contorno/próximas dessas indústrias (GHISONI, 2013).

Compreende-se que a quantidade máxima de Hg em sua totalidade definida pela OMS em peixes é de (0,5 µg/g) devendo ser utilizado observando um ingerir no máximo de 400 g por semana de pescado. Destacando que frente aos grupos vistos sendo mais vulneráveis, como grávida, lactantes e bebês, os elementos apontados não promovem segurança. Esses grupos, revelam certas singularidades, ao trespassarem a barreira placentária, os elementos orgânicos do Hg da gestante são levados diretamente ao seu feto (AMARO *et al.,* 2014).

Acaba ocorrendo a oxidação na corrente sanguínea junto ao embrião, não sendo possível a eliminação, podendo com isso, resultar em graves danos, sobretudo no aspecto neurológico. No período de lactância, o Hg levado através do leite da mãe passa por uma forte absorção através do organismo dos recém-nascidos. Com isso, o rim ainda precoce demanda diminuto poder de excreção da contaminação sofrida atingindo elevados patamares de concentração. O processamento impreciso do bloqueio hematoencefálico, torna possível que uma significativa proporção do elemento contaminador alcance

o cérebro, trazendo perturbações ao desenvolvimento do SNC (AMARO *et al.,* 2014). Nessa conjuntura, existe um cadastramento de regiões onde habitam pessoas que são comumente expostas ao Hg, junto ao Sistema de Informação de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado - SISSOLO, onde ocorre os registros destas realidades junto ao Sistema de Informação de Agravos de Notificação - SINAN. O SISSOLO se caracteriza por ser um processo informativo tendo a proposta de se instrumentalizar como ferramenta a fim de patrocinar atividades voltadas à vigilância em saúde, através de cadastramento de regiões com pessoas que sofrem exposições a elementos químicos. Os dados informativos introduzidos ao SISSOLO têm seus levantamentos através de uma ficha tendo quarenta espaços segmentados em cinco partições, que configuram o local, o aspecto da área, o apontamento populacional exposto de maneira potencializada, registros relativos à questão hídrica e informativos generalizados (OLIVEIRA *et al.,* 2017).

Esses registros informativos tem sua coleta e introduzidos no sistema através dos por profissionais das Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde, observando-se o requisito prioritário para cadastro aplicado mediante estados distintivos. Entende-se que o SINAN seja um processamento informativo suprido, sobretudo, através do notificar investigativo de casos patológicos e danos presentes na listagem nacional de patologias notificadas como compulsórias, mediante a Portaria GM/MS Nº 2325/12/2003. Sabe-se que o SINAN detém um fichário específico a fim de cadastrar intoxicações exógenas, permitindo que possa ser registrados casos associados a metais, como o Hg (OLIVEIRA *et al.,* 2017).

4.3.1 Coleta e amostras

Foram feitas diversas pesquisas em Descoberto, onde houve a contaminação, para aferir até que nível a região estava contaminada por mercúrio junto ao meio ambiente (ALEXANDRE, 2006). No ano seguinte à contaminação, foi realizada a coleta de 190 amostras de solo pela FEAM e a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) (JUNIOR, 2010). Verificou-se até 8.826 mg kg-1 de acumulação de Hg na área contaminada, o que representou um volume em desconformidade à Resolução Nº 420/2009 do Conselho

Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que define o maior volume de até 70 mg kg-1 a fim do exame no setor industrial (BIANCHI *et al.,* 2013).

Levando-se em consideração que Descoberto encontra-se declinado em rota de um importante afluente da região, os representantes do munícipio junto a outras autoridades do país realizaram sua interdição, edificaram aquedutos e desarenadores na parte inferior da região a fim de conter as águas pluviais evitando o máximo o translado de partículas do mercúrio do terreno contaminado para o afluente. Foi verificado, que no período de chuvas, a precipitação pluviométrica é bastante intensa ao ponto que a parte hídrica desses desarenadores chega a entornar alcançando o afluente (AMORIM *et al.,* 2016).

Um estudo realizado de maneira manual em águas superficiais de um dos afluentes contaminados pelo Hg utilizou uma haste para a coleta, de 15 a 30cm de profundidade, sendo movida para copos de polímero de 500 mL, identificados, fechados e primariamente desinfectados por ações laboratoriais através de ácido nítrico HNO_3 em 10%, água desmineralizada e acomodados com água da própria área de coleta. Com o intuito de se preservar essas amostragens, houve acidificação com ácido nítrico, a fim de se alcançar uma valoração de um pH abaixo de dois, asseguradas mediante arrefecimento por gelo, em coolers, até se chegar ao setor laboratorial, sendo guardadas em refrigerador a 4º C e depois direcionadas para exames (ANDRADE *et al.,* 2010).

Quantos às partículas do metal líquido, um estudo mostrou coletas de água junto ao leito de alguns afluentes de Descoberto, também utilizando hastes para a coleta de maneira manual nas mesmas profundidades das águas superficiais, sendo dispostas em copos de polietileno identificados, fechados e de antemão desinfectados junto a processos laboratoriais com ácido nítrico, água desmineralizada e acomodados com água da própria área de coleta (TINÔCO, 2008).

Junto a cada local de amostragem teve que se realizar uma retirada de 80 L de água acomodada em frascos de 20 L, a fim de adquirir um quantitativo de partículas do material satisfatório para se poder fazer a análise, sendo guardadas em resfriamento de 4º C em laboratório e depois direcionadas para exames (FERREIRA, 2013). Foram pescados alguns peixes em um sítio na região contaminada, para realização de testes da

totalidade de Hg, foram transportados ao laboratório em embalagens plásticas, com o intuito de conservar as amostras, sendo lhes assegurado uma refrigeração mediante a utilização de gelo, em recipientes térmicos, no translado ao laboratório e direcionadas para exames.

Outro fator importante a ser verificado são os sedimentos, suas amostragens foram retiradas no leito de alguns afluentes da área contaminada de maneira manual, utilizando uma espátula de teflon, em uma profundidade de 0 a 10 cm, postas em embalagens plásticas identificadas, lhes sendo asseguradas um resfriamento por gelo, em recipientes térmicos no translado ao setor laboratorial, sendo guardadas em um refrigerador em 4º C e, depois direcionadas para exames (SANTOS *et al.,* 2018).

Na literatura é apresentado, por exemplo, amostragens do solo da área contaminada feitas em estratos superficiais com o auxílio de um trado de aço, junto a 0 a 20 cm de profundidade, sendo aplicado as mesmas ações já descritas neste estudo das amostras de sedimentos utilizada (TINÔCO, 2008).

4.3.2 Variações químicas, físicas hídricas e ações laboratoriais

A fim de se caracterizar o qualitativo hídrico, pode-se verificar através de estudos que foram usadas certas variações presentes na química e na física, por exemplo; a condutibilidade elétrica, temperatura e pH que tiveram suas definições no local usando-se um aferidor de campo magnético (JUNIOR, 2010).

Em um outro estudo verificou-se que quanto às ações laboratoriais, os exames de metal líquido em sua totalidade e o aspecto químico, físico-químico, de mineralogia e granulometria voltados para as amostragens tiveram sua execução em laboratórios da Universidade Federal de Viçosa (UFV), adotando-se métodos analíticos apropriados com os aspectos das amostragens (ALEXANDRE, 2006).

Os laboratórios em questão foram equipados com equipamentos plenamente acordados com as necessidades a fim de poder assegurar tanto as limitações de verificação exigidas, quanto promover a administração qualitativa apropriada junto aos seus exames realizados (ALEXANDRE, 2006). Através da literatura pesquisada, sabe-se, por exemplo, que existe um efeito definidor em relação a totalidade de Hg em amostragens hídricas,

dos sedimentos, solo, de partículas do metal líquido e peixes, que teve sua realização através dos setores laboratoriais da UFV (TINÔCO, 2008). Nesta conjuntura, pode-se pressupor que a maior preocupação quanto esses exames estão relacionados ao documento de coleta e a conservação de amostras, e ainda de ações analíticas para se adquirir respostas fidedignas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Descoberto foram identificadas quantidades consideráveis de Hg em amostragens hídricas, materiais particulados, elementos sedimentados, no solo e peixes em espaços que foram grandemente contaminados. Baseando-se em resultados das análises concluídas nas áreas de contaminação, pode-se dizer que houve degradação do meio ambiente pelo de Hg.

Diante disso, identificou-se uma acumulação significativa de acumulação de Hg em cerca de 8.826 mg kg-1 em Descoberto na área de contágio, revelando um quantitativo elevadamente desproporcional ao que é especificado conforme o estabelecido pelo CONAMA. Percebeu-se também, neste contexto, uma variação dos níveis de Hg percebidos suspensos e em solução junto à água.

Além da contaminação hídrica, solo e peixes, observou-se que as emissões de Hg permaneceram em Descoberto. Entretanto, revelar as associações entre o Hg e a atmosfera, seu processo sedimentar e sua contaminação no meio ambiente, trazem consigo grandes obstáculos, em decorrência da complicação de se atrelar as matrizes de emissão ao seu lançamento junto aos espaços ambientais, como já apontados, que são o ar, a água e o solo.

Para compreender o dinamismo do Hg no município em questão faz-se necessário se realizar uma avaliação de como se processa as emissões do Hg junto às variações de cunho meteorológico, o que envolve, por exemplo, o direcionamento dos ventos, temperaturas, a umidade e radiações, também de análises do ar, do solo e da água e ar, onde estas coletas possam ser realizadas em condições idênticas. Torna-se preciso que, nos espaços diferentes da região que sofreram a contaminação por Hg em Descoberto em condições iguais às áreas contaminadas, possam também ser investigados.

Torna-se também necessário monitorar a existência do Hg na água, no solo e no ar, além dos peixes e sedimentos nas regiões em que já há o conhecimento da existência do Hg. Quanto ao ambiente contaminado, torna-se preciso de remediar e de uma mais ampla vigilância ambiental junto ao meio ambiente com a retirada do Hg, de maneira que possa ser protegido a saúde da população de Descoberto e das cidades vizinhas. É

necessário considerar que, independentemente de concentrações baixas ou altas de contaminação, o Hg absorvido permanentemente traz sérios riscos à saúde, não apenas dos animais, mas também dos seres humanos. Dessa forma, é essencial que sinais e sintomas de intoxicação sejam verificados pelos serviços de saúde, a fim de identificar esses casos e prevenir maiores agravos à população.

6 REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Susan de Cássia. **Avaliação de área contaminada por mercúrio total em Descoberto Minas Gerais.** 2006. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3808>. Acesso em: 17 de março de 2023.

ALVA, Camila Valente *et al.* **Concentração mercurial e estimativa do risco à saúde humana decorrente dos consumos de pescado.** 2016. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/28508>. Acesso em: 13 de maio de 2023.

AMARO, Cláudia Simone Oliveira et al. Concentração de mercúrio total (Hg-T) em peixes comercializados em diferentes períodos sazonais no Mercado do Ver-o-Peso, Belém, Estado do Pará, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 5, n. 1, p. 8-8, 2014.

AMORIM, Ana Paula *et al.* **Elaboração de estratégias de comunicação de risco para populações expostas ao mercúrio: o caso em Descoberto-Minas Gerais.** 2016. Disponível em: <https://tede.ufrrj.br/handle/jspui/1673>. Acesso em: 03 de junho de 2023.

ANDRADE, Rodolpho *et al.* **Determinação de mercúrio em materiais de referência certificados de amostras biológicas por espectrometria de fluorescência atômica com geração de vapor frio após tratamento com hidróxido de tetrametilamônio.** 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/>. Acesso em: 23 de maio de 2023.

BIANCHI, Miriam de Oliveira *et al.* **Ensaios ecotoxicológicos como ferramenta para avaliação do impacto ambiental de resíduos de mineração sobre o solo.** 2013. Disponível em: <https://tede.ufrrj.br/handle/jspui/2004>. Acesso em: 12 de maio de 2023.

BUBLITZ, Fabrício *et al.* **Síntese e Caracterização de Novos Compostos Derivados de Bis (4-Aminobenzenoselenolato) de Mercúrio (II) e Bis (4-N, N-Dimetil-aminobenzenoselenolato) de Mercúrio (II).** 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/10585>. Acesso em: 14 de março de 2023.

CAMARGO, Carla Luciane Manske. **Modelagem do processo de sorção de mercúrio proveniente de correntes gasosas em hidroxioapatitas modificadas com sulfeto de cobre.** 2013. Tese de Doutorado. Doctoral dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/60/.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2023.

CASTRO, A. S. de. **Crescimento econômico e emissões de CO2 nos países do BRICS: uma análise de cointegração em painel.** 2017. Dissertação de Mestrado. Brasil. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/23428>. Acesso em: 23 de mar. 2022.

COELHO, T. F.; SERRA, J. C. V. Tecnologias para Reciclagem de Sistemas Fotovoltaicos: Impactos Ambientais. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 15, n. 7, 2018.

DA SILVA, Joesér Alvares. A Doença de Minamata na Amazônia: Realidade Urgente ou Delírio Ambientalista? **Afros & Amazônicos**, v. 2, n. 2, p. 54-78, 2020.

DA SILVA, Leonardo Martins. **Indicadores ambientais e a gestão de bacias hidrográficas de economia agrícola: diagnóstico e reflexões sobre o caso da bacia do rio Preto, noroeste de Minas Gerais.** 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-8YSLYT>> Acesso em: 23 de novembro de 2023.

DE MATOS, SIMONE PIRES. **Cosmetologia aplicada.** 1.ª Ed. Saraiva Educação SA, São Paulo: 2014.

DE PAULA, Ana Maria et al. Impacto dos Resíduos de Mercúrio no Meio Ambiente e Saúde: Etapas do Gerenciamento, Uma Revisão Integrativa. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 7, n. 12, 2011.

DINIS, Sauro Leonel Pereira. **Garimpeiros e exploração artesanal de pequena escala de ouro. 2021. Dissertação de Mestrado.** Universidade de Évora. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/29728>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

DOS SANTOS, Juliana Amorim et al. Uso atual e futuro do amálgama dental. **Oral Sciences**, p. 11-17, 2017.

ENDO, Fábio Mitsuo. **Reaproveitamento de resíduos gerados no processo de fabricação de MDF em substituição ao combustível fóssil utilizado na geração de energia.** 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/23307>. Acesso em; 28 de maio de 2023.

FERREIRA, Clautenes. **Avaliação Semiquantitativa de Teores de Mercúrio Total em Sedimento e Pygocentrus nattereri Kner, 1858 (Piranha) na Bacia do Alto Paraguay, Mato Grosso, Brasil. 2013.** Tese de Doutorado. Universidade do Estado de Mato Grosso. Disponível em: <http://portal.unemat.br/media/oldfiles/ppgca/docs/pdf>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

FOSSATTI, Emanuele Canali; MOZZATO, Anelise Rebelato; MORETTO, Cleide Fátima. O Uso da Revisão Integrativa na Admisntração: um Método Possível? **Revista Eletrônica Científica do CRA-PR-RECC**, v. 6, n. 1, p. 55-72, 2019.

FRANCISCO, Ana Rita Correia. **Química e toxicidade do mercúrio.** 2021. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/52985>. Acesso em: 12 de março de 2023.

FREITAS, José Henrique Edmilson Souza. **Investigação do potencial da lectina de sementes de Moringa oleifera (WSMoL) para tratamento de água: avaliação na remoção de contaminantes metálicos.** 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade

Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/35821>. Acesso em: 2 de novembro de 2023.

GHISONI, Cássio. **Os riscos do mercúrio no ambiente de trabalho da indústria catarinense de revestimentos cerâmicos e possíveis soluções para o caso.** 2013. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/1772>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

GUILHEN, Sabine Neusatz et al. Validação de metodologia analítica para determinação de mercúrio total em amostras de urina por espectrometria de absorção Atômica com geração de vapor frio (CV-AAS): estudo de caso. **Química Nova**, v. 33, p. 1285-1290, 2010.

HIDALGO, Juliana M. et al. A história da ciência (distorcida ou ausente) em livros didáticos: o conteúdo sobre o "experimento de Torricelli" como estudo de caso. Alexandria: **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 101-124, 2018.

JUNIOR, Walter Alves Durao. **Especiação, quantificação, distribuição e transporte de mercúrio em solos contaminados do município de Descoberto, Minas Gerais.** 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SFSA-8FFUWB/1/tese_walter_alves_dur_o_j_nior.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2023.

MARDONES, Claudia Gamberini. O trabalhador e o princípio da dignidade humana: a utilização de metais pesados nas indústrias brasileiras e a ausência de legislação brasileira efetivamente protetora. **Cadernos de Direito**, v. 7, n. 12/13, p. 25-40, 2007.

MILHOMEM FILHO, Edem Oliveira *et al.* **Avaliação da exposição ao mercúrio em famílias de pescadores em Imperatriz, Maranhão.** 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/6786>. Acesso em: 13 de junho de 2023.

MIRANDA, José Fernando. **Estimativa da quantidade de mercúrio usada em uma mina de ouro abandonada e avaliação das técnicas de remediação da área contaminada, em Descoberto–MG.** 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufop.br/handle/123456789/11899>. Acesso em: 27 de abril de 2023.

MIRANDA, Marcio Rodrigues et al. Mercúrio em sistemas aquáticos: fatores ambientais que afetam a metilação. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 2, p. 240-251, 2007.

NUNES, Karolini Zuqui et al. Ações Educativas Quanto ao Manuseio dos Resíduos de Mercúrio em Área Hospitalar. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde/Brazilian Journal of Health Research**, v. 14, n. 3, 2012.

OLIVEIRA, Ana Cebola de. **Exposição ocupacional a mercúrio: associação com a atividade da paraoxonase humana e vitaminas A e E.** 2013. Tese de Doutorado.

Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/3882>. Acesso em: 25 de maio de 2023.

OLIVEIRA, Marcio Sacramento de *et al.* **Vigilância em saúde ambiental.**2017. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/pdf?>. Acesso em: 23 de novembro de 2023.

OLIVEIRA, Wanderson Kleber de; ROHLFS, Daniela Buosi; GARCIA, Leila Posenato. **O desastre de Brumadinho e a atuação da Vigilância em Saúde. Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, p. e20190425, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/N4RSvgSvj3VznYQJvZzRxcM/>. Acesso em: 05 de Fevereiro de 2024.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. Meio ambiente, impacto ambiental e desenvolvimento sustentável: conceituações teóricas sobre o despertar da consciência ambiental. **REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 4, p. 35-57, 2012.

RODRIGUES, Evelyn *et al*. O laboratório clínico livre de mercúrio. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 47, p. 211-216, 2011.

ROSA, André Henrique; FRACETO, Leonardo F.; MOSCHINI-CARLOS, Viviane. **Meio ambiente e sustentabilidade.** 1. Ed. ª Artmed Editora, Porta Alegra: 2012.

SANTOS, Moana Ferreira dos *et al.* **Emissões atmosféricas de mercúrio–Estudo de caso: Descoberto/MG.** 2018. Disponível em: <https://tede.ufrrj.br/handle/jspui/4925>. Acesso em: 01 de junho de 2023.
SILVA, Rafaela Rodrigues da *et al.* Convenção de Minamata: análise dos impactos socioambientais de uma solução em longo prazo. **Saúde em Debate**, v. 41, p. 50-62, 2017.

TAVARES, Henrique Neuto. **Exposição humana ao mercúrio associada aos hábitos alimentares de comunidades no alto Rio Madeira.** 2021. Disponível em: <http://www.rlbea.unb.br/jspui/handle/10482/40221>. Acesso em; 02 de junho de 2023.

TINÔCO, Ana Amélia Paulino *et al.* Avaliação de contaminação por mercúrio em Descoberto, MG. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, p. 305-314, 2010.

VAZ, Nicolle Ribeiro *et al.* **Métodos de desinfecção" no touch": Revisão sobre o uso de dispositivos baseados na emissão de luz UV-C e vapor de peróxido de hidrogênio.** 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34568>. Acesso em: 12 de maio de 2023.

VIEIRA, Otávio Santana. O Argumentum de Ficino ao Pimander de Mercúrio Trismegistos. **Sacrilegens**, v. 14, n. 1, p. 142-159, 2017.