

Mercúrio: noções básicas e propostas de atividades para aulas de Química

Gabriel Lucas dos Anjos Ferreira
Jesus Cardoso Brabo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Reitor
Prof. Dr. Emmanuel Zagury Tourinho

Vice-reitor
Prof. Dr. Gilmar Pereira da Silva

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-graduação
Profa. Dra. Maria Iracilda da Cunha Sampaio

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA

Diretor Geral
Prof. Dr. Eduardo Paiva de Pontes Vieira

Diretor Adjunto
Prof. Dr. Wilton Rabelo Pessoa

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS

Coordenadora
Profa. Dra. France Fraiha-Martins

Vice coordenador
Prof. Dr. Jesus Cardoso Brabo

DISSERTAÇÃO ASSOCIADA A ESTE PRODUTO EDUCACIONAL

Elaboração e análise de um livro paradidático sobre mercúrio para uso em cursos de
formação de professores de química

F383m Ferreira, Gabriel Lucas dos Anjos, 1996-

Mercúrio: noções básicas e propostas de atividades para aulas de química [Recurso eletrônico] / Gabriel Lucas dos Anjos Ferreira. — Belém, 2023.

1,44 Mb : il. ; ePUB.

Produto gerado a partir da dissertação intitulada: Elaboração de um livro paradidático sobre mercúrio para uso em cursos de formação de professores de química, defendida por Gabriel Lucas dos Anjos Ferreira, sob a orientação do Prof. Dr. Prof. Dr. Jesus de Nazaré Cardoso Brabo, defendida no Mestrado Profissional em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, em Belém-PA, em 2023. Disponível em:

<https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/15927>

Disponível somente em formato eletrônico através da Internet.

Disponível em versão online via:

<https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/731733>

1. Química – Estudo e ensino. 2. Professores de química – Formação. 3. Ciência, tecnologia e sociedade – Amazônia. 4. Prática de ensino. I. Brabo, Jesus de Nazaré Cardoso. II. Título.

CDD: 23. ed. 540.7

APRESENTAÇÃO

Gabriel Lucas dos Anjos Ferreira

Professor de química/ciências, Licenciado pela Universidade Federal do Pará (2019). Professor do ensino médio no município de Belém-Pará. Mestre em Docência em Educação de Ciências e Matemática – PPGDOC do Instituto de Educação Matemática e Científica – IEMCI da Universidade Federal do Pará – UFPA.



Jesus Cardoso Brabo

Doutor em Ensino de Ciências pelo Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências (Universidade de Burgos/Espanha e UFRGS/Brasil), Licenciado em Química pela Universidade Federal do Pará. Atua como pesquisador no Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará (IEMCI) coordena, ministra disciplinas e orienta pesquisas em programas de formação de professores de ciências.



Sumário

Introdução	5
Um pouco da história do mercúrio	6
Propriedades do mercúrio	11
Poluição por mercúrio	15
Atividade garimpeira	19
Impactos de construção de hidrelétricas	24
Atividades de ensino aprendizagem sobre o Mercúrio	25
Referências	42
Anexos	44

Introdução

Este pequeno livro se destina principalmente a atuais e futuros professores de química/ciências da natureza. Visa fornecer subsídios para uma prática docente que privilegie um processo de ensino-aprendizagem de ciências que integra aspectos de Ciência Tecnologia e Sociedade (Figura 1).

A humanidade tem vivenciado os efeitos perniciosos da poluição e exploração desenfreada dos recursos naturais. Especificamente a Região amazônica, na qual vivemos, enfrenta diversos problemas socioambientais graves (desmatamento, expansão da fronteira agrícola, perseguição das populações nativas, narcotráfico garimpo ilegal de ouro, entre outras). Problemas que podem ser postos em pauta em sala da aula de Química, uma vez que vários aspectos deles tem relação direta com conhecimentos próprios da disciplina.

Pensando nessas possibilidades, este livro foi proposto para abordar um aspecto que se liga diretamente ao garimpo ilegal, que é a questão do mercúrio. Cujo uso indevido gera graves problemas ambientais e sociais.

Visando produzir um material de suporte pedagógico para a prática de futuros professores, o livro explora diferentes aspectos relacionados ao assunto, oferecendo informações sobre o elemento mercúrio, sobre o garimpo ilegal de ouro e sobre a contaminação por mercúrio.

Este tipo de material pode ajudar os futuros professores, e os professores que já estão em atividade a pôr em prática um ensino de química/ciências social e tecnologicamente contextualizado, instigador e relevante para vidas dos estudantes.

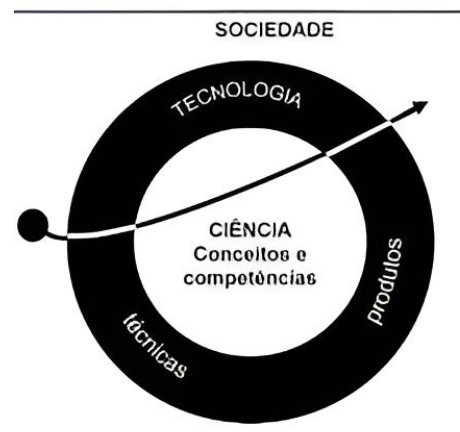


Figura 1: O diagrama do modelo abordagem didática que recomenda que as atividades partam de questões sociais, passem por questões de tecnologia, discutam conceitos e depois retornem para questões tecnológicas e sociais (AIKENHEAD, 1994), foi um dos parâmetros utilizados para compor a estrutura, conteúdo e atividades do livro.



Figura 2: O conteúdo, estrutura e atividades do livro também estão de acordo com pelo menos quatro dos dezessete objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU.

Na primeira parte do livro são discutidos temas como a presença do mercúrio na história da humanidade e suas propriedades. Em seguida são apresentadas as questões relacionadas ao garimpo ilegal de ouro e as contaminações geradas por tal atividade. Também são apresentadas outras possíveis via de contaminação do ambiente pelo referido metal. Em seguida, são apresentadas algumas sugestões de atividades didáticas que podem ser utilizadas pelos professores de Química para abordar o assunto e estimular o interesse dos estudantes no estudo e debate de questões químicas e ambientais relacionados ao Mercúrio.



Um pouco da história do mercúrio

Eu sabia que o mercúrio, esse estranho metal líquido, era incrivelmente pesado e denso, e que até o chumbo flutuava nele – meu tio me mostrou isso fazendo uma bala de chumbo flutuar num recipiente com um pouco mercúrio (SACKS, 2011, p. 14)

O Mercúrio é um velho conhecido da humanidade. Estudos de datação radioativa identificaram Mercúrio em peças de antigas civilizações dos Egípcios, Fenícios e Persas. Por muitos séculos esse metal foi fortemente associado a símbolos religiosos, ou diretamente a uma divindade (BLESSE E CASTRO, 2015).

Os povos antigos acabaram atribuindo uma forte relação do metal com o planeta Mercúrio: o planeta que se movimenta mais rápido no céu noturno. Tal comportamento celestial acabou estimulando a imaginação desses povos, levando-os a atribuir divindade ao planeta em suas diferentes mitologias. Na Grécia, por exemplo, se chamava Hermes; Odin ou Wotan na cultura nórdica e Mercúrio no Império Romano. Justamente por conta do sincretismo cultural entre gregos e romanos, o símbolo do Mercúrio (Hg) deriva de uma palavra oriunda de uma combinação entre Latim e Grego: *hidragyrum*, que significa prata líquida. O que está diretamente ligado a característica física mais marcante deste metal, fluido, prateado e brilhante em temperatura ambiente.

Na antiguidade as pessoas associaram diversos aspectos do mercúrio com suas crenças, desde o mineral de onde ele é extraído até alguns compostos formados com ele. Geralmente o mercúrio metálico é obtido do Cinábrio, um pó de minério avermelhado, composto em grande parte por sulfeto de mercúrio (HgS), do qual é possível extrair mercúrio metálico



Figura 4: Símbolo alquímico atribuído ao mercúrio.

Fonte: WikiMedia.



Figura 5: amostra de mercúrio líquido e representação periódica do metal.

Fontes: WikiMedia.

pelo simples aquecimento, sob uma corrente de ar. O vapor emanado dessa reação também possui uma coloração avermelhada, por isso muitos povos antigos o associavam ao sangue humano e assim lhe atribuíam a capacidade de devolver a vida (DAMAS, BERTOLDO, COSTA, 2014). Por esses e outros motivos, traços desse metal já foram encontrados em tumbas de imperadores e nobres, recobrando corpos ou em peças da riqueza dessas pessoas.

Durante a Idade média o mercúrio (Hg) juntamente com o enxofre (S), foram duas das principais substâncias manipuladas pelos chamados alquimistas: que, por muito tempo, por conta da crença na teoria dos quatro elementos de Aristóteles, acreditavam que poderiam produzir a transmutação áurea, e consideravam que todos os metais eram provenientes de uma combinação entre o S-Hg. Assim para transmutar qualquer metal menos nobre bastaria mudar a composição de um desses componentes na medida certa.

Paracelso recorreu à teoria do “enxofre-mercúrio” e a outro antigo princípio: a teoria dos quatro elementos aristotélicos, passando a difundir a ideia de que enxofre e mercúrio seriam, juntamente com o sal, princípios que explicariam não como a matéria se constituía (o que permaneceria a cargo da teoria aristotélica), mas suas transformações e propriedades: o sal seria o princípio do fixo, mercúrio, o princípio da fusibilidade e da volatilidade e enxofre, o princípio da combustibilidade (DAMAS, BERTOLDO, COSTA, 2014, p. 1014).

As ideias de Paracelso o fizeram receitar o mercúrio como agente medicinal. Segundo Damas, Bertoldo, Costa (2014), Paracelso, embora tenha mantido uma explicação metafísica para a matéria, aproximou a alquimia da medicina ao estabelecer uma relação entre a *tria prima* e as enfermidades. Assim, um desequilíbrio entre os três princípios (Mercúrio, Sal e



Vídeo 1: Obtenção de Hg a partir do Cinábrio. <https://youtu.be/9Tb6Thv7424>
Fonte: Canal química integral (2022)



Figura 6: Esquema da teoria dos 5 elementos. Fonte: Projeto alquimia

Enxofre) no interior do organismo seria a causa de certas doenças (p. 1014)

Inspirado na teoria dos quatro elementos Paracelso tentou explicar as doenças como consequência de uma desordem de princípios constitutivos do corpo. Assim para resolver alguma doença devia-se ajustar a quantidade de um ou outro constituinte.

Desde então tratamentos medicinais a base de substâncias mercuriais foram amplamente empregados para várias doenças. Segundo Damas, Bertoldo, Costa (2014):

(...) o uso medicinal de compostos de mercúrio se deu do século XV ao início do século XX, especialmente no tratamento da sífilis, por meio de pomadas, administração oral ou do aquecimento do paciente em um forno, que liberava vapores de mercúrio elementar. Desta forma, tais vapores de mercúrio provocavam intoxicação, com sintomas que variavam desde dores de cabeça a queda de cabelos, depressão, dermatites, insônia, falhas de memória e fraqueza muscular. Casos de intoxicação mais grave levavam a óbito por sufocação, parada cardíaca e desidratação (p. 1015)

Nessa época era comum que pessoas que faziam ingestão de doses diárias consideráveis de pastilhas mercúrio irem a óbito. Além do uso de pastilhas, havia soros e outros remédios que levavam mercúrio em sua composição. Toda a sorte de fármacos foi feita, desde pomadas até tratamentos de inalação (Fig. 7). Esses usos medicinais começaram a ser gradativamente abandonados na segunda metade do século XX, pois várias pesquisas começaram a mostrar a toxicidade de compostos de mercúrio.

Outro tipo de emprego do mercúrio bastante disseminado desde a antiguidade é seu uso como amálgama de outros metais. O processo de amalgamação¹ é conhecido pelo menos desde as civilizações greco-romanas. Um texto atribuído ao filósofo grego Teofrasto (372 a. C – 287 a. C) foi um

¹ Nota: esse processo será mais explorado no próximo capítulo, onde se abordará a capacidade do Mercúrio em se ligar a outros metais.



Figura 7: medicamentos com mercúrio eram utilizados para os mais diversos fins, desde tratamento de fraquezas até para diluir o sangue e deixá-lo mais “fino” como se propunha o medicamento da imagem. Fonte: WikiMedia.

dos primeiros registros do processo formação de diferentes amálgamas de mercúrio (DAMAS, BERTOLDO, COSTA, 2014).

Atualmente, além do emprego em amálgamas, o mercúrio tem muitos outros usos industriais, tais como: a produção de outros compostos (como o cloro, e hidróxido de sódio); fungicida; lâmpadas fluorescentes; termômetros e termostatos; detonadores, pilhas baterias, entre outros.



Fig. 275. — Baromètre à cuvette.



Fig. 276. — baromètre à cuvette et sa pointe.

Figura 8: Ilustração da ideia do primeiro barômetro, inventado pelo italiano Evangelista Torricelli em 1643, para medir pressão atmosférica. Consistia em um tubo de vidro fino e comprido com uma das extremidades fechadas, uma base e mercúrio. Primeiramente, enchia-se o tubo de vidro com mercúrio. Em seguida, tampando-o como o dedo invertia o tubo e mergulhava-se a extremidade em uma espécie de tigela que também continha mercúrio. A diferença de pressão era medida pela altura que a coluna de mercúrio alcançava. Quanto maior a altura, maior a pressão atmosférica e vice-versa. Fonte: Wikimedia.

Propriedades do mercúrio

Conhecido por suas características incomuns o Mercúrio possui propriedades muito interessantes, neste tópico serão apresentadas propriedades físicas e, em seguida, algumas propriedades químicas desse metal.

Propriedades físicas

O Mercúrio é o único elemento químico classificado como metal que se mantém em estado líquido em temperatura e pressão ambiente. Embora o Gálio também seja um metal que se liquefaz acima de 29,76° C e 1 ATM de pressão, o mercúrio se mantém em estado líquido em uma faixa maior de temperatura na pressão ambiente. Outra característica interessante do Mercúrio é sua alta densidade. É tão denso que um pedaço de Chumbo flutua nele. Sendo um metal, possui um brilho prateado característico.

É um excelente **condutor de eletricidade**, no entanto é um péssimo condutor de calor, e, apesar disso, é extremamente volátil. Mesmo sendo um metal denso o mercúrio é parcialmente solúvel em água e possui uma pressão de vapor que permite a fácil volatilização em condições ambiente (25° C, 1 ATM).

A **capacidade de formar amálgama** com outros metais é uma propriedade tecnologicamente muito importante do Mercúrio. Justamente por ser capaz de dissolver outros metais, como o ouro, e ser facilmente volatilizado por aquecimento, o mercúrio é amplamente utilizado em garimpos. Por ser líquido consegue se juntar a pedaços de ouro que eventualmente estejam incrustados nas rochas

Símbolo	Hg
Nome	Mercúrio
Ponto de fusão	-38,83 °C
Ponto de ebulição	356,7 °C
Densidade	13 579 Kg/m ³
Pressão de vapor	10Pa a 350K
Número atômico	80
Massa atômica	200,5 uma
Configuração eletrônica	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²

Tabela 1: características do mercúrio.
Fonte: IUPAQ



Vídeo 2: Chumbo flutuando em mercúrio, mostrando sua densidade.

<https://youtu.be/sqpTZ28QFCg>

Fonte: Anime Ciência

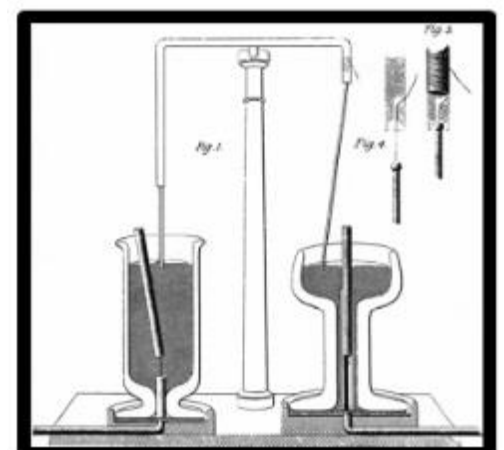


Figura 9: Em 1821 Faraday montou um protótipo de motor que funcionava com eletricidade e indução magnética, para isso ele usou o mercúrio, justamente por suas propriedades boa condutividade elétrica.

Fonte: Medeiros e Santos (2017)

trituradas. Amálgamas de Mercúrio com metais como prata, estanho e/ou cobre também já foram usadas em obturações dentárias, mas, já algum tempo caíram em desuso, devido a toxicidade do material.

Sua **elevada solubilidade em gorduras** também possibilita que íons de mercúrio atravessem a membrana celular, e causem danos à saúde de diferentes seres vivos.

Embora tenha sido bastante explorado, o Mercúrio é um metal relativamente raro, como já foi dito é encontrado no mineral Cinábrio, e encontra-se na forma de sulfeto – fato que se deve a uma característica química, que será discutida mais à frente. Segundo Damas, Bertoldo, Costa (2014):

(...) estima-se que a crosta terrestre seja composta de 0,08 ppm, que o coloca na 66ª posição em ordem de abundância em relação aos demais elementos químicos da tabela periódica, junto com a prata, outro metal nobre. Possui sete isótopos estáveis e que ocorrem naturalmente: ^{196}Hg , ^{204}Hg , ^{198}Hg , ^{201}Hg , ^{199}Hg , ^{200}Hg e, o mais abundante (29,86%), ^{202}Hg . (p. 1015)

Propriedades químicas

Entre as inúmeras propriedades químicas do Mercúrio, inicialmente podemos destacar a capacidade dos seus **íons (Hg^{2+} , Hg^+)** atuarem como excelentes **agentes oxidantes**, por possuírem uma elevada tendência a reduzir outros eletrólitos. O mercúrio metálico (Hg^0) possui características de um metal nobre, sendo mais parecido com a prata e o ouro do que com o zinco e o cádmio (seus vizinhos na tabela periódica).

Outra importante propriedade do Mercúrio é sua grande **afinidade pelo enxofre**. Isso explica o fato dele poder ser encontrado na natureza em forma de mineral Cinábrio (HgS) e outros sulfetos (Hg_2S).

Alguns químicos costumam classificar metais mais abundantes na natureza em duas categorias A e B. Os metais com grande afinidade pelo oxigênio e



Figura 10: Amalgama de Ouro e Mercúrio, a seta de cima indica a parte de Ouro. A de baixo indica a parte de Mercúrio. Fonte: Tabela periódica.org

nitrogênio – tais como o cálcio, ferro, zinco e magnésio – são classificados na categoria A. Enquanto metais como o chumbo e o mercúrio, que possuem maior afinidade por enxofre e fósforo são categorizados no grupo B. Segundo Blesa e Castro (2015, p. 27), metais do grupo B tendem a formar ligações covalentes com enxofre e fósforo devido suas nuvens eletrônicas se deformarem com maior facilidade na presença de ânions desses elementos e assim formarem sulfetos e fosfatos estáveis, o que não acontece com tanta facilidade com os elementos do grupo A.

Os diferentes sulfetos de mercúrio que ocorrem naturalmente são pouco solúveis em água. Em temperatura ambiente a água não consegue separar os íons sulfetos dos cátions de mercúrio. Todavia, em águas como temperaturas mais altas e em presença de elevadas concentrações de oxigênio, os sulfetos podem se oxidar e aumentar significativamente a solubilidade dos íons de Hg em água.

Como já foi mencionado, o mercúrio possui alta solubilidade em gorduras, o que lhe dá extrema capacidade de formar compostos organomercuriais (de elevada toxicidade para os seres vivos).

A facilidade do mercúrio de formar composto orgânicos está relacionada a capacidade do cátion Hg^{+2} em substituir hidrogênios em ligação carbono-hidrogênio. De maneira mais específica é muito favorável para o Hg^+ substituir o H^+ , e formar um composto organomercurial, como mostrado na tabela 2.

A fraca ligação entre C e Hg^+ torna os compostos organomercuriais extremamente perigosos. O metilmercúrio (MeHg), por exemplo, é um contaminante ambiental altamente tóxico que pode ser bioacumulado em diferentes tecidos e conseqüentemente induzir disfunções celulares em diversos órgãos, especialmente no sistema nervoso central (SNC).

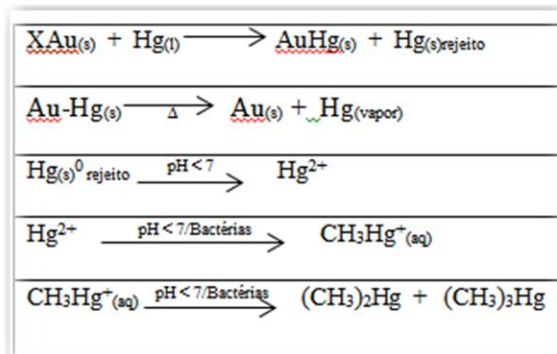


Tabela 2: Quadro com as reações que acontecem com o Mercúrio quando utilizado no garimpo.
Fonte: os autores

Em tópicos subsequentes serão discutidos mais alguns detalhes relacionados especificamente à poluição ambiental por metilmercúrio e outros compostos organomercuriais derivados do uso de mercúrio para extração de ouro, principal responsável por contaminar os rios amazônicos.



Figura 11: Foto aérea de uma das áreas de floresta amazônica na qual agentes do Ibama realizaram uma operação de combate a garimpo ilegal de ouro na Terra Indígena Kayapó, no estado do Pará, Brasil. Foto de Felipe Werneck/Ibama, outubro de 2017. Fonte: National Geographic Brasil.

Poluição por mercúrio

(...) os malefícios do mercúrio provem não da sua forma metálica, mas da metilada. Tal processo de transformação química está ocorrendo nos rios da Amazônia, contaminando peixes e, conseqüentemente as populações ribeirinhas, se concretizando num perigo de longo prazo que é impossível ignorar (BARBOSA, 1991, p. 231).

As transformações do mercúrio no meio ambiente envolvem uma série de reações químicas denominadas de ciclo do mercúrio.

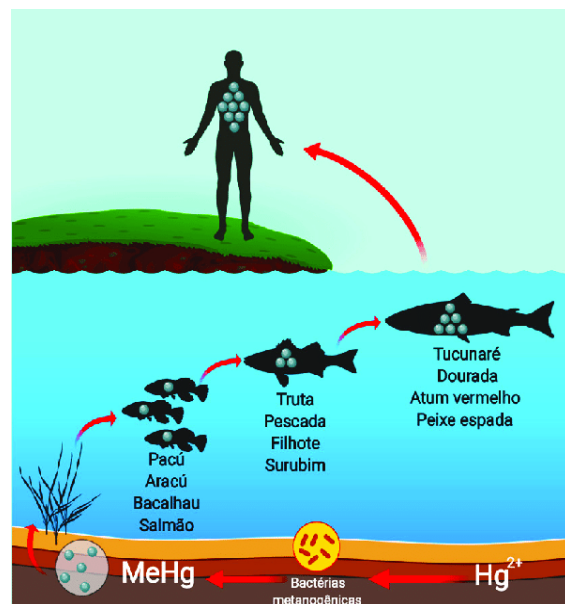


Figura 12: Esquema de biomagnificação pelo qual o Mercúrio passa na natureza. Durante cada uma das transições a quantidade de Hg só aumenta, pois o metal não é metabolizado nem por organismos de peixes nem por organismo humana.

Fonte: Crespo-López et.al (2005)

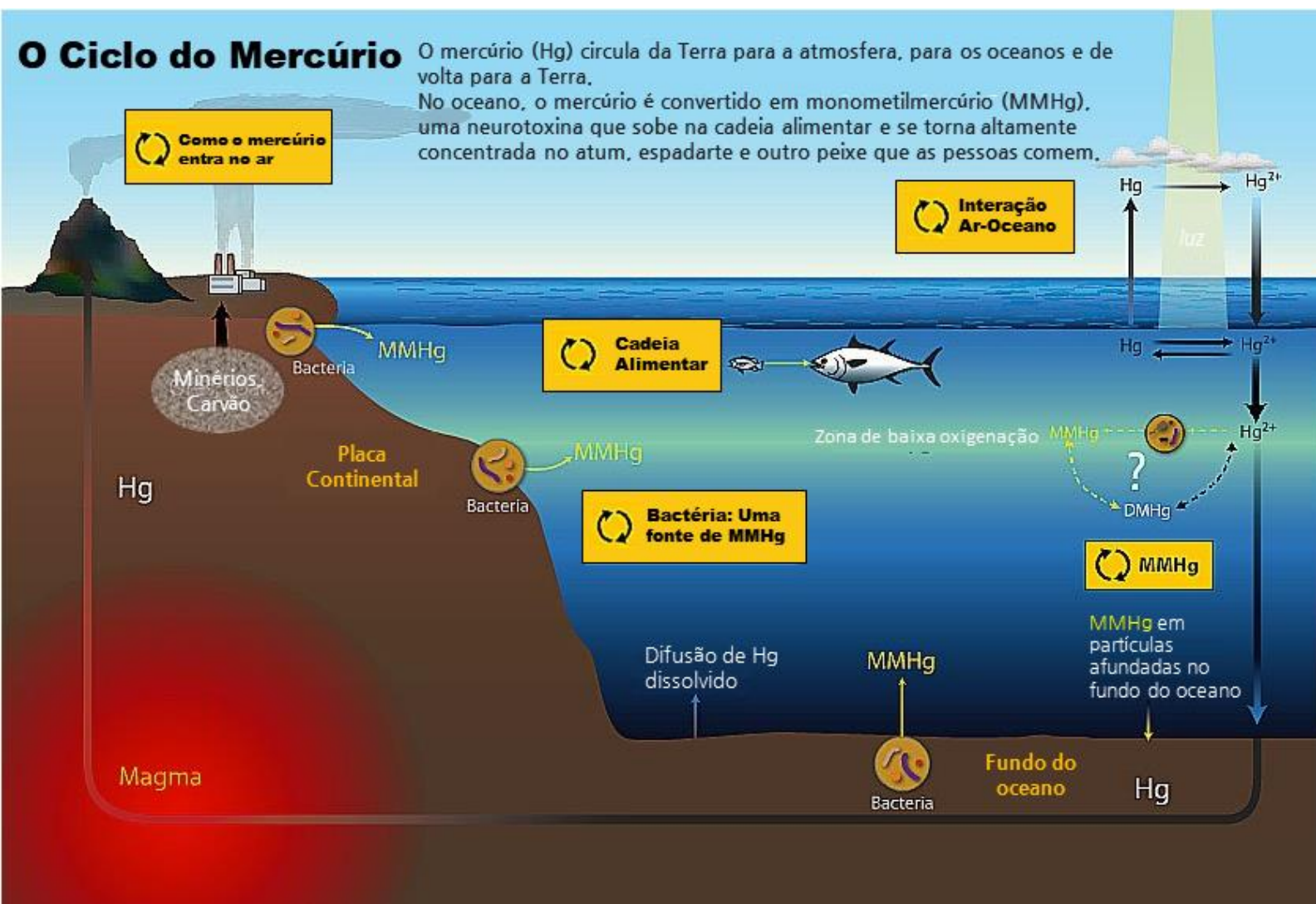


Figura 13: Ciclo do Mercúrio na natureza. Fonte: Mesquita (2018)

Além do minério de Cinábrio, as fontes naturais de mercúrio na natureza são provenientes de erupções vulcânicas e incêndios florestais. Também há uma significativa quantidade de mercúrio em combustíveis fósseis, como petróleo e carvão.

Como é mostrado na figura 13, grande parte do mercúrio acaba sendo absorvida pelo solo oceânico. Obviamente isso demora muitos anos. Por outro lado, a mais de três séculos os ditos processos antropogênicos (mineração, indústria, queima de florestas etc.) aumentaram significativamente a quantidade de mercúrio despejada no ambiente.

Como já foi mencionado, o principal problema para os ecossistemas causado pelo mercúrio é sua absorção por bactérias e, conseqüente formação de compostos organomercuriais que são biocumulados em diversos organismos que vivem nesses ambientes.

Os rios da Amazônia, por exemplo, têm uma característica tipicamente ácida, nessas condições bactérias podem agir rapidamente na metilação do metal e assim formar o metilmercúrio, contaminar algas, plantas e animais em ambientes aquáticos e, conseqüentemente, os seres humanos.

Essas contaminações não são estáticas, tendem a se espalhar entre os indivíduos, ou seja, um peixe que se alimenta de algas, plantas e partículas orgânicas do rio se contamina; quem comer esse peixe (uma outra espécie de peixe carnívora ou mesmo as populações ribeirinhas) irá se contaminar com o mercúrio também.

Os organismos aquáticos são capazes de concentrar elementos-traços em várias ordens de grandeza acima das concentrações encontradas na coluna d'água, sendo por isso responsável por grande parte da dinâmica deste poluente no ambiente. A chamada Biomagnificação de mercúrio em peixes está associada ao fato deste elemento ser dificilmente eliminado pelos organismos aquáticos, com isso, mesmo traços de metais pesados, como o mercúrio, são repassados de



Figura 14: Criança em sofrimento, decorrente de sintomas causados por intoxicação por Mercúrio acontecida em Minamata no Japão. Em 1956 na cidade de Minamata foram diagnosticados os primeiros casos de intoxicação por Mercúrio, decorrentes do descarte errôneo, feito por uma empresa, de Mercúrio em rios da cidade. Fonte: Mesquita (2018)



Figura 15: Equipamento de espectrometria de absorção atômica, por meio desse equipamento podemos saber quais as espécies químicas estão presentes numa amostra submetida a exame. Fonte: Dctech (2017).

um nível trófico a outro, onde ocorre um aumento significativo da contaminação de um organismo através da ingestão de outro. Assim, os peixes piscívoros tendem a possuir concentrações de mercúrio mais elevadas, peixes planctófagos e onívoros com concentrações intermediárias e peixes herbívoros tendem a obter concentrações mais baixas (PORVARI, 1995).

Como o peixe é fonte de alimentação principal em comunidades ribeirinhas, a contaminação de peixes e algas rapidamente chega aos seres humanos, ao ingerirem alimentos contaminados. E no contexto amazônico o pescado é um alimento muito habitual, que faz com que a contaminação se espalhe rapidamente por toda a população.

À medida que mercúrio se acumula no organismo humano causa problemas no sistema nervoso central e periférico, trato digestivo, sistema imunológico, pulmões e rins. Tremores, insônia, perda de memória, dores de cabeça, fraqueza muscular são sintomas de intoxicação por mercúrio (Fig. 14). Mães com elevados níveis de mercúrio no organismo podem ter bebês com danos cerebrais e problemas de audição e visão. Aliás, bebês são a população mais vulnerável a esse tipo de contaminação.

Atualmente diversas técnicas espectroscópicas são utilizadas para detectar traços de mercúrio em exames de sangue, urina ou até mesmo em fios de cabelo de pessoas com suspeita de contaminação: espectrometria de absorção atômica (Fig. 15), fluorescência de raios-X, espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente e espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente.

De fato, todo mundo no planeta está exposto ao mercúrio em algum nível, seja pela comida que ingerimos, pelo ar que respiramos ou pelos cosméticos que usamos. Embora existam várias medidas que indivíduos, empresas e governos possam adotar para se

proteger contra o envenenamento por mercúrio, ele continuará pondo em risco a saúde humana e ambiental até conseguirmos abordar o problema do ciclo de vida do mercúrio de maneira abrangente.

Alcançar esse objetivo é o principal objetivo da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, um acordo ambiental multilateral que entrou em vigor em agosto de 2017. Até a presente data, 114 países ratificaram a convenção, no mais novo tratado ambiental mundial. A última reunião aconteceu em Bali, Indonésia em março de 2022. Entre os compromissos assinados pelos países membros está a proibição da comercialização de termômetros, barômetros e baterias que utilizam mercúrio, a partir de 2019 e, a partir de 2020, a proibição da fabricação, importação e exportação de lâmpadas fluorescentes e de vapor de mercúrio.

Dentre todas as atividades de poluição por mercúrio a atividade garimpeira se destaca no contexto amazônico. Por isso, é importante que isso seja mostrado com um pouco mais de detalhes nos próximos tópicos.



Figura 16: Em 1996 foi inaugurado um Memorial de lembrança das vítimas da contaminação por mercúrio na cidade de Minamata, no Japão, detectada em 1956. Fonte: WikiMedia.

Atividade garimpeira

O dicionário define garimpo como sendo uma atividade de extração de metais e pedras preciosas, feita de forma rudimentar e com pouca tecnologia. No Brasil é uma das práticas mais antigas e, no passado, impulsionou a formação de cidades no interior e a expansão das fronteiras do país. Entretanto, hoje a visão que se tem dessa atividade é bem diferente.

Ao contrário do que algumas pessoas imaginam, no Brasil a atividade garimpeira não está restrita à Região Amazônica, existe por todo o país, sendo responsável por uma parcela considerável da nossa produção de metais e gemas preciosos.

Segundo Barbosa (1991) a atividade garimpeira gera uma série de problemas sociais e ambientais (poluição de rios e efluentes, assoreamento do leito de rios, morte de espécies de animais e plantas dentre outras; disputas com populações nativas, invasão de terras indígenas, prostituição dentre muitos outros problemas). Atualmente existe bastante regulamentação sobre a atividade garimpeira, porém, na prática, essas regras, que são necessárias para o funcionamento da atividade, não são cumpridas por acontecerem em locais distantes dos centros urbanos e de difícil acesso.

A maioria das pessoas que se aventura em garimpos é movida pela crença de enriquecimento rápido. Todavia, historicamente, isso aconteceu com apenas poucos daqueles que se dedicaram a essa empreitada.

Por exemplo, na chamada mina de Serra Pelada, um dos maiores garimpos de ouro do Brasil, muitas pessoas morreram em função da violência ou mesmo de doenças contraídas no local, das que sobraram, a maioria continuou pobre.

Geralmente nos longínquos locais de garimpo impera a lei do “mais forte” o que implica sérios



Figura 17: Gráfico das proporções de exportações de minérios do Brasil ao final de 2019. Nele podemos ver que o ouro oficialmente é o segundo maior minério exportado e essa informação refere-se apenas mineração legalmente registrada. Fonte: Comex Stat/SECEX/Ministério da Economia. Elaborado por SRDM/ANM.



Figura 18: Imagem do filme Serra Pelada (2013) de Heitor Dhalia, o filme narra a vida de dois amigos, que foram tentar a vida no maior garimpo a céu aberto do mundo, e como a vida de ambos muda por conta das condições, da violência e da ganância.



Figura 19: Imagem de trabalhadores de garimpos ilegais, em condições análogas a escravidão. Fonte: Revista Veja.

problemas sociais: altos índices de violência, prostituição, violência contra populações originárias, poluição e séria degradação do meio ambiente. Ou seja, um ambiente altamente tóxico para a saúde física e mental de qualquer ser humano.

Um dos principais problemas ambientais causados pela atividade garimpeira é a poluição por mercúrio, que veremos a seguir, com um pouco mais de detalhe.

As vias principais de contaminação

A poluição por mercúrio está especificamente relacionada à mineração de ouro. Como vimos anteriormente, o mercúrio forma uma amalgama com o pó de ouro que se encontra misturado no solo ou na água. Para separar o ouro do mercúrio a amalgama é aquecida a 400° C, liberando vapor de mercúrio e deixando no fundo do recipiente somente o pó de ouro.

Todo o mercúrio usado no processo é liberado em forma de rejeito, de duas formas principais: levado pela correnteza dos rios e, principalmente, liberado para a atmosfera em forma de vapor.

Existem três diferentes vias de extração de ouro: escavações feitas em terra firme, peneiração de águas nas margens nos rios ou córregos e dragagem de leitos de grandes rios e lagos. Vejamos alguns detalhes de cada um desses processos.

Escavação do solo

A extração por escavação de solos é a forma mais tradicional de mineração de ouro. É feita em terra firme e consiste na perfuração do solo para que o material retirado possa ser triturado, peneirado e tratado para se extrair o ouro.

Inicialmente o solo é quebrado com pá e picareta e o material é ensacado (cata). Em seguida, o material retirado da cata é visualmente classificado conforme sua qualidade: o material que contém incrustações de ouro (aurífero) vai para a área de apuração, a sobra,



Figura 20: Imagem de amalgama de ouro e mercúrio sendo queimado, para separar o mercúrio da amostra. Fonte: Silva, Batista e Bernstein (2014)



Figura 21: Acima temos uma imagem do garimpo de Serra Pelada o “formigueiro humano” como é chamado até hoje. Esse era um garimpo do tipo de escavação, onde é preciso separar área que será escavada que é chamada de Cata, retirar a terra dessa área e os demais processos (ALLINE, 2019) Abaixo temos a imagem de uma cata: nome dado a uma parcela de 2 m x 2 m ou de 2 m x 3 m, a área padrão para trabalhar na Serra Pelada (MARINHO, 2017).

que geralmente ocupa maior volume é separada para uma área de rejeitos (montoeira).

Na área de apuração o material aurífero é moído e misturado com água e sugado por uma calha de concentração (cobra-fumando), onde, materiais mais densos, como o pó e pequenos fragmentos de ouro, são lavados e concentrados no fundo das calhas (Vídeo 3). Nesse processo uma grande quantidade de lama é rejeitada no ambiente e, geralmente, acaba indo para nos rios e córregos próximos. Além disso, grande quantidade de água de rios e córregos próximos à mina são usados nesse processo.

O material obtido na etapa anterior é novamente apurado com auxílio de uma cuiá ou bateia para retirar manualmente um pouco mais da areia que ainda sobrou do processo.

Finalmente, depois de passar pela bateia, o material é levado para recipientes de amalgamação, onde o mercúrio é adicionado à mistura e, em seguida aquecido a 400° C, evaporando o mercúrio para então raspar o pó de ouro puro remanescente.

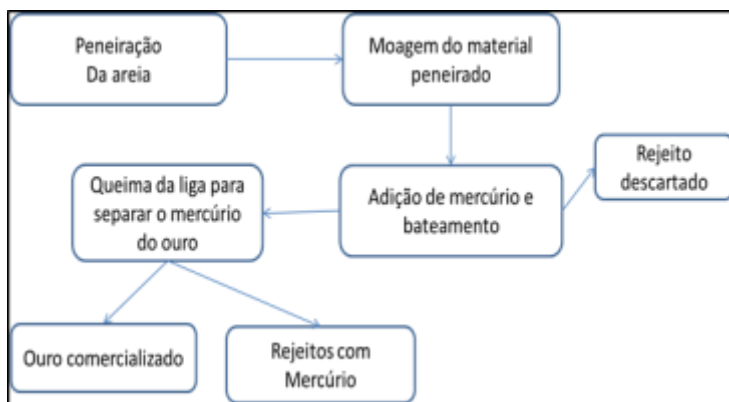


Figura 23 - Representação esquemática do processo de mineração de ouro com uso de mercúrio. Fonte: Autores.

Mineração em aluviões

Os chamados aluviões são depósitos de sedimentos localizados nas margens de rios e córregos. Aluviões localizados próximos a afloramentos de ouro geralmente contém ouro em pó ou até mesmo



Vídeo 3: Cobra-fumando em funcionamento
<https://youtu.be/kENFmNRDLk>



Figura 22: A bateia é uma espécie de cuiá metálica utilizada na mineração de aluviões. Fonte: WikiMedia.



Figura 24: Pó de ouro encontrado em aluviões nas margens dos rios. Fonte: Oficina70 (2018)

fragmentos aparentes de ouro, arrastados junto com outros sedimentos pelo processo de erosão do solo.

Embora geralmente o ouro seja encontrado em menor quantidade do que em minas de escavação, é possível minerar ouro em determinados aluviões.

Nesses casos, os garimpeiros simplesmente se posicionam às margens dos rios e usam peneiras e/ou bateias para identificar e separar os fragmentos em solos incrustados por ouro que se encontram misturados aos sedimentos de aluvião. Geralmente isso também implica em remexer os aluviões para extrair o ouro que eventualmente encontra-se nas partes mais profundas dos sedimentos. Naturalmente, esse deslocamento de solo causa, por si só, um grande impacto na qualidade das águas dos rios e córregos onde tal atividade ocorre.

Mas o impacto maior está relacionado ao uso do mercúrio que, tal como na mineração por escavação do solo, é utilizado para amalgamar o ouro e, logo em seguida, por aquecimento, é liberado na forma de vapor para atmosfera.

Dragagem de leito de rios

O processo de dragagem dos rios visa recuperar o ouro, tal como em aluviões, que está depositado no fundo dos rios junto com outros sedimentos arrastados por erosão pluvial e fluvial. Tal método usa maquinário pesado para sucção da lama do leito de rios com até 20 metros de profundidade.

Após a identificação de áreas com probabilidade de existência de ouro sedimentado, são instaladas médias e grandes balsas equipadas com um sistema mecânico que faz a sucção dos sedimentos sólidos dos leitos dos rios, fazendo essa lama passar por peneiras (geralmente feitas com tapetes de nylon) onde são retidos o material particulado incrustado de ouro. Todo o restante de lama de rejeito é lançado de volta para o rio (sem tratamento).



Figura 25: Imagem de fragmentos de ouro encontrados no Rio Madeira (AC).
Fonte: Oficina70 (2018)



Figura 26: Peneira para separar fragmentos (pepitas) de ouro encontradas em rios.
Fonte: Oficina70 (2018)



Figura 27: Imagens de Dragas, que são verdadeiras balsas utilizadas para extrair ouro dos leitos dos rios, esse registro também é do Rio Madeira (AC).
Fonte: Prazeres (2021).

Tal como nos outros tipos de mineração de ouro mencionados, o mercúrio é utilizado para amalgamar o ouro que ainda esteja incrustado na areia e, depois, é vaporizado para atmosfera. Poluindo diretamente tanto as águas rio onde está sendo realizada a dragagem, quanto uma enorme área ao redor, por meio da chuva poluída por vapor de mercúrio.

Outro sério dano ambiental causado por esse processo é a grande movimentação da lama retirada do fundo do rio, que extermina a microfauna instantaneamente, provocando, a médio e longo prazo, a morte e impedindo a reprodução de todas as espécies que vivem no rio.

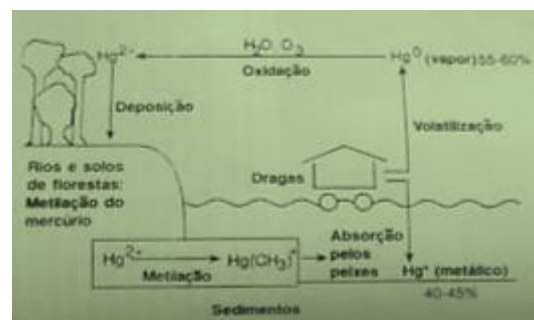


Figura 28: Diferentes vias de contaminação por mercúrio derivadas do uso de dragagem dos rios. Fonte: Lacerda e Salomons (1992)

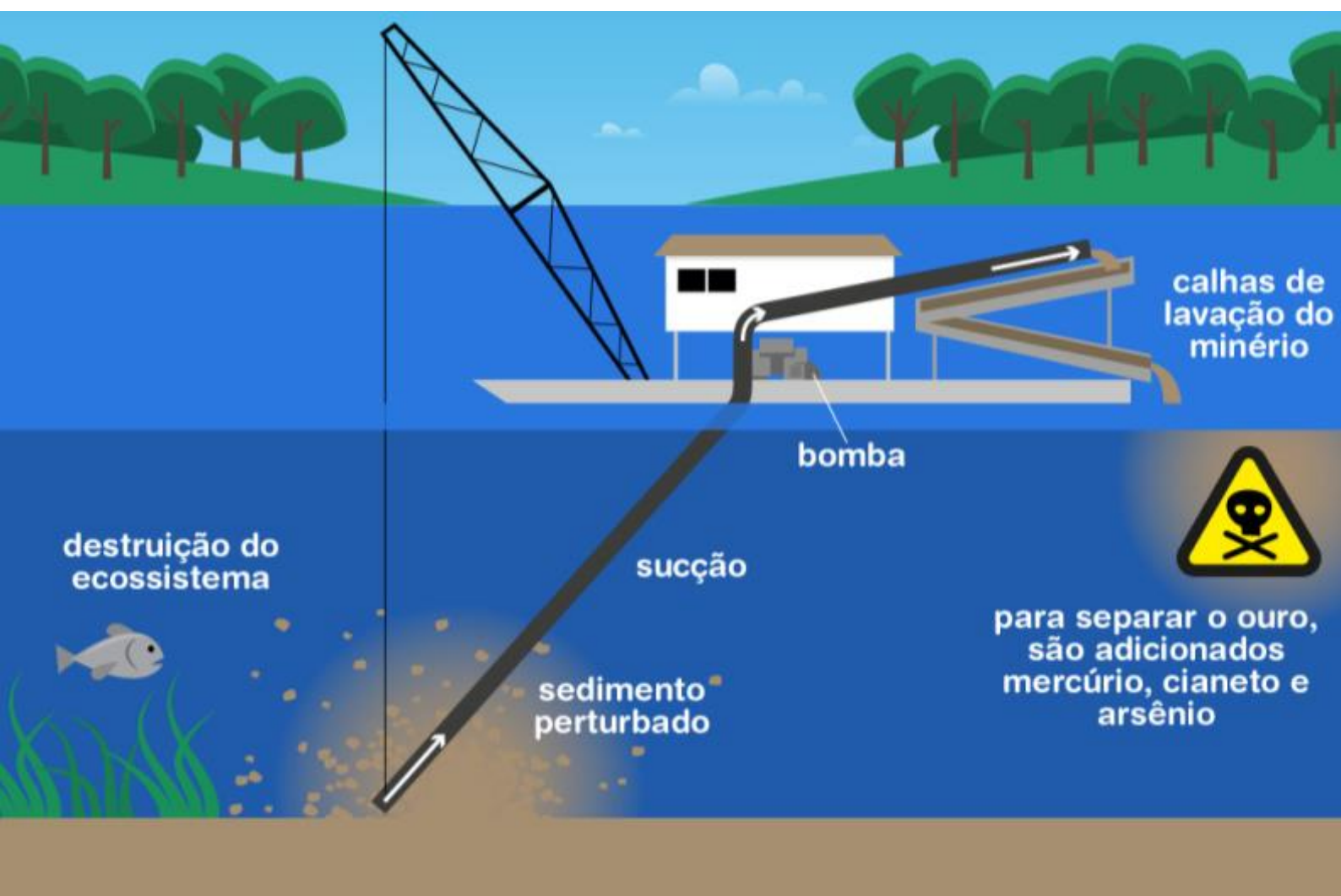


Figura 29: Ilustração dos diversos impactos ocasionados pela mineração por dragagem nos rios. Fonte: arvoreagua.org

Impactos de construção de hidrelétricas

A atividade garimpeira não é a única fonte de poluição por mercúrio. Rejeitos de diversas atividades industriais, tais como os de queima de combustíveis fósseis, fabricação de aço, tintas e cosméticos, também o descarte inadequado de pilhas, lâmpadas e outros utensílios que contém mercúrio.

Recentemente sondagens de níveis de Mercúrio na água têm evidenciado de que a instalação de grandes usinas hidrelétricas é também outra grande fonte de emissão de mercúrio no ambiente (ANDRADE, 2018).

Por conta no relevo plano da maioria das áreas da região Amazônica, para que hidrelétricas possam ter vazão suficiente para movimentar grandes turbinas de geração de energia elétrica, é necessário construir enormes barragens para represar uma grande quantidade de água que servirá para acionar as turbinas.

O grande lago artificial criado alaga grandes áreas de planícies secas que estão ao redor. Tais planícies estão repletas de uma fauna e flora que em pouco tempo ficam submersas, causando um desequilíbrio ambiental que acaba liberando grandes quantidades de íons mercúrio na água do lago represado.

Segundo Fearnside (2015) isto ocorre porque os solos amazônicos têm milhões de anos de idade e vêm acumulando mercúrio gradualmente pela deposição em chuva e em particulados oriundos de erupções vulcânicas e outras fontes ao redor do Mundo.

Como a barragem alaga a área ao redor, a vegetação passa a se decompor, com isso as condições ficam



Figura 30: Localização das áreas alagadas pela usina hidrelétrica de Tucuruí (PA), onde pesquisadores detectaram altas concentrações de metilmercúrio em peixes e fios de cabelos de membros de comunidades ribeirinhas e indígenas que moram na região. Fonte: Andrade (2018)

“(…) anóxicas no fundo do reservatório fornecem o ambiente propício para metilização de mercúrio que aumenta em concentração por, aproximadamente, um fator de dez vezes com cada elo na cadeia alimentar, desde plâncton até peixes e, por último, nas pessoas que comem os peixes.” (Fearnside, 2015, p. 25)

Como existe muita matéria orgânica sendo decomposta, o pH do lago fica mais ácido. Isso facilita a retirada do mercúrio que estava no solo e, como isso, ocorre um aumento da quantidade de bactérias que podem facilmente metilar o mercúrio, que então entra na cadeia alimentar das espécies, principalmente nos peixes que dos lagos que servem de alimento para as populações que passam a viver no entorno desses locais.



NORTE Esse perfil (noroeste-sudeste), com cerca de 2 mil quilômetros, vai das altas serras de Roraima até Mato Grosso. Mostra as faixas de planícies às margens do rio Amazonas, a partir das quais vêm extensões de terras mais altas: planaltos e planícies

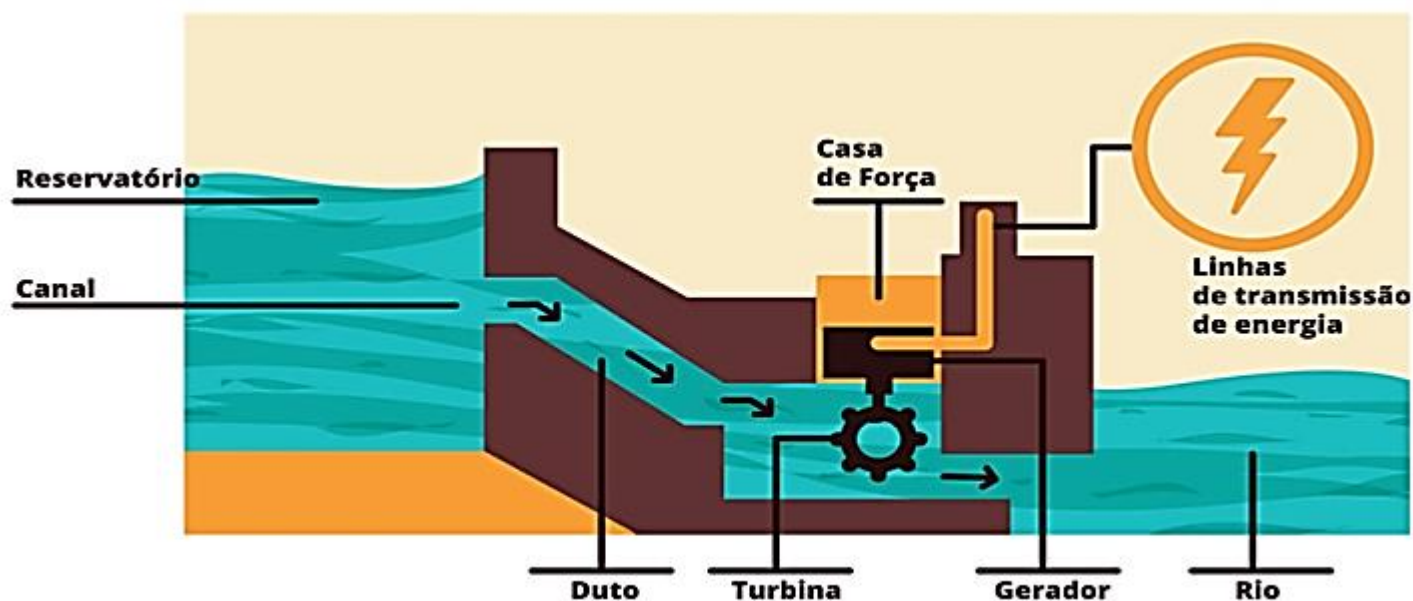


Figura 31: Ilustração esquemática do relevo na região amazônica (BRANDÃO, 2011) e do funcionamento de barragens de usinas hidrelétricas (FRANCISCO, 2018).

Atividades de ensino aprendizagem sobre o Mercúrio

Neste tópico são apresentadas quatro diferentes sugestões de atividades para aulas sobre o Mercúrio, que utilizam diferentes ferramentas (vídeos, imagens, textos e propostas de experimentos) para tornar as aulas mais atrativas e cativar a atenção dos estudantes.

As atividades aqui propostas estão alinhadas e indicam quais as habilidades da Base Nacional Comum Curricular devem ser exploradas. Visam oportunizar aos estudantes construir competências e exercitar habilidades preconizadas por este documento, exercitando a análise de situações problema, e avaliação de aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no Mundo.

As atividades são independentes entre si e foram planejadas dentro de uma perspectiva interdisciplinar, que privilegia a análise fenômenos naturais e processos tecnológicos de modo a dar oportunidades para que os estudantes refletiam sobre problemas cotidianos, pesquisem sobre o assunto e, assim tenham maiores chances de adquirir conhecimentos e habilidades cientificamente relevantes.



O que afunda no mercúrio?

As atividades abaixo relatadas podem ser realizadas por professores de química/ciências do ensino fundamental ou ensino médio que estejam interessados em despertar a curiosidade dos seus alunos com tarefas que os levem a refletir sobre características e propriedades de uma importante e curiosa substância química: o Mercúrio. Uma boa oportunidade para que os alunos observem o comportamento de uma das substâncias químicas mais interessantes e aprendam conceitos de densidade, misturas e solubilidade de alguns materiais.

O mercúrio é um metal com características físicas peculiares que podem facilmente diferenciá-lo de outros metais. A ideia desse conjunto de atividades é explorar a noção e utilidades do conceito de densidade.

Para introduzir assunto o professor pode solicitar que os alunos leiam um texto ou assistam a um vídeo sobre diferentes tipos de transformações da matéria para, em seguida, discutir diferenças e semelhanças de outros exemplos de transformações que não tenham sido citados no texto ou no vídeo.

Em seguida o professor pode anunciar que será explorada com um pouco mais de detalhe a propriedade física denominada densidade. Dizendo que se trata de uma razão entre a massa do material e o volume ocupado, mesmo que volume ou massa das amostras seja alterado. Então o professor pode pedir para os alunos identifiquem os valores de densidade de diferentes elementos de uma tabela periódica que tenha essa informação e possa ser facilmente encontrada na internet. O professor também pode solicitar aos alunos que encontrem quais os três elementos de maior e menor densidade da tabela periódica e tentem encontrar possíveis correlações com outras propriedades (número de camadas, família, ponto de fusão etc.).

Ano/nível: Ensino Médio
Componente: Ciências
Unidade temática: Matéria e energia

Essa atividade pode ser trabalhada tanto no ensino fundamental, quanto no ensino médio, para cada um dos níveis sugerimos que o foco sejam as Habilidades BNCC a seguir

(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.

(EM13CNT104) Avaliar potenciais prejuízos e diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos.

Objeto de aprendizagem: propriedades e usos dos materiais

Estimativa de tempo: 4 aulas

Material necessário: mercúrio metálico, água, óleo, tubos de ensaio (alternativamente o professor pode usar um computador e projetor para mostrar os vídeos indicados).

É importante esclarecer aos estudantes que os dados da tabela periódica são obtidos com substâncias químicas com alto grau de pureza, e que as substâncias encontradas na natureza geralmente estão misturadas com outros elementos e isso interfere nos valores de densidade e outras propriedades físicas das substâncias. Por exemplo, elementos como Prata, Cobre e Platina são misturados ao ouro para poder lhe dar a capacidade de ser moldado em peças delicadas, uma vez que ouro puro não tem ductibilidade suficiente para ser moldado em pequenas peças que costumam formar as diferentes joias ou componentes eletrônicos feitos a partir desse valioso metal, como mostrado na tabela 3.

Uma das propriedades físicas mais curiosas do mercúrio é sua alta densidade. O que faz que mesmo metais densos como ferro e chumbo flutuem em mercúrio metálico. Geralmente os estudantes não acreditam que pedaços de metais possam flutuar em líquidos, por isso a experiência a seguir faz com que eles possam entender melhor o princípio de que materiais menos densos flutuam em materiais mais densos.

O professor pode optar em mostrar 50 ml de mercúrio metálico em um frasco tampado ou exibir o vídeo ao lado (Vídeo 4).

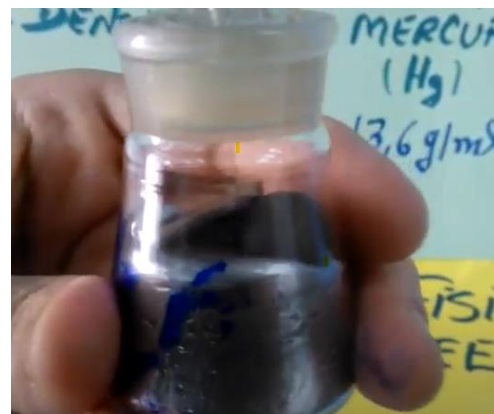
No primeiro caso o professor pode fazer os alunos passarem o frasco de mão e mão e instruí-los a sentir o “peso” sem abrir o frasco! Se optar pelo segundo caso, deve explicar a diferença da massa de uma amostra de Mercúrio em relação à massa de um volume igual de água.

O professor deve alertar os alunos que, para evitar qualquer tipo de contaminação, é extremamente importante manter o frasco com mercúrio bem fechado.

O professor pode anunciar à turma que usará um vídeo (vídeo 5) para mostrar a comportamento de determinadas amostras de materiais aos serem mergulhadas nas respectivas substâncias: água, óleo de

16k	18k	24k
66,6% de Au	75% de Au	100% de Au

Tabela 3: Porcentagem de Ouro em joias.



Vídeo 4: Uma moeda e uma esfera de aço flutuando em uma amostra de Mercúrio.

Fonte: <https://youtu.be/5ulxeumC1uE>

cozinha e mercúrio, em seguida desenhar na lousa a seguinte tabela:

	Água ()	Óleo ()	Hg ()
Moeda de cobre			
Parafuso de aço			
Naftalina			
Chumbo			

Para tornar a aula mais participativa o professor pode pedir os alunos que busquem em livros ou internet a informação sobre a densidade dos quatros materiais mencionados e colocá-la nos respectivos espaços entre parênteses, que aparecem na primeira linha da tabela.

Feito isso, o professor deve solicitar aos alunos que escrevam na tabela suas previsões a respeito de qual material vai ou não afundar nos respectivos líquidos.

Antes de exibir o vídeo, o professor pode estimular os estudantes a comentarem algumas de suas previsões, com perguntas do tipo: quem acha que a moeda vai flutuar no óleo? Por quê? Será que alguma coisa vai afundar no mercúrio? Por quê? Depois dos alunos comentarem algumas de suas previsões, exiba o vídeo 5, pausando a exibição e fazendo as sugestões e perguntas aos alunos, nos momentos indicados no vídeo.

Explique aos alunos que cada previsão e sua respectiva explicação é uma hipótese, e que podemos colocar certas hipóteses à prova, por meio de experimentos (teste de hipóteses), cujos resultados podem corroborá-las ou refutá-las.

Você pode ilustrar isso contando a lenda da descoberta da lei do empuxo por Arquimedes, que, diante de um problema prático, pensou na hipótese de usar a medida da quantidade de água deslocada em imersões para comparar objetos feitos de diferentes materiais (ver texto 1).



Vídeo 5: Vídeo: quem afunda no mercúrio?
<https://youtu.be/sgpTZ28QFCg>

Texto 1: Teorema de Arquimedes, o que é? força de empuxo, princípios e aplicações
 O teorema de Arquimedes mede o empuxo que é o resultado das diferentes pressões que o fluido exerce sobre o corpo, sendo o empuxo, vertical.
 Acesse o texto em:
<https://conhecimentocientifico.com/teorema-de-arquimedes/>

Na sequência da aula o professor pode reiterar que a explicação para a flutuação dos materiais se deve exclusivamente às suas diferenças de densidade (o menos denso flutua no mais denso).

Em seguida pode perguntar: e se misturássemos esses três líquidos? O que aconteceria? Após ouvir algumas hipóteses dos alunos o professor deve explicar que, como se trata de substâncias pouco solúveis entre si, o mercúrio ficaria na parte inferior do frasco, a água no meio e o óleo na parte superior. É importante mencionar que só é possível essa nítida divisão por se tratar de líquidos imiscíveis (embora uma pequena parte de cada um acabe se misturando com outro). Justamente por isso, o professor pode explicar para os estudantes que mesmo agitando o frasco que contém a mistura, após certo tempo em repouso, os líquidos voltariam a ocupar seus respectivos lugares.

Para aprofundar um pouco mais o assunto o professor pode indagar: se o aço é mais denso que a água, como é possível navios flutuarem? Na sequência pode desafiar os alunos a fazerem, com pedaços de alumínio (de tampas internas de latas de leite em pó), um barquinho capaz de comportar o maior número de moedas.

Para os testes, o professor deve fornecer pedaços de folhas de alumínio e moedas para que os alunos construam e seus barquinhos de alumínio e possam testar a flutuação deles em uma bacia com água. Também é importante esclarecer aos alunos que as tampas de alumínio embora, na verdade, sejam feitas de uma liga metálica de alumínio e estanho, ainda são, mas densas e afundam na água.

Após os experimentos e constatação que os barcos que aguentam maior carga são aqueles feitos com maior área de fundo, e pequenas bordas (com tanto que as moedas estejam igualmente espalhadas nessa superfície). Então é possível pedir para que os estudantes calculem a densidade dos seus protótipos

estimando o volume (medindo as arestas) e desprezando a massa de ar. Aproveitando para explicar que a flutuação dos navios segue o mesmo princípio. Ou seja, o formato do objeto influencia no cálculo de sua densidade total. Certos formatos fazem com que grande parte do volume total do objeto fique preenchida somente por ar.

A essa altura, algum aluno pode ter perguntado: e os gases? Todos os gases possuem densidades iguais? (se não for o caso, o próprio professor deve perguntar). Após ouvir algumas hipóteses, o professor pode explicar que também devido à composição molecular alguns gases são mais densos do que outros. Isso é o motivo dos balões de hélio e hidrogênio flutuarem no ar. Também pode ser mostrado o vídeo 6: Bolhas Flutuantes no gelo seco (ou realizar o experimento do vídeo em sala) onde pode ser observado o fenômeno de flutuação de bolhas de sabão em um aquário ou piscina de CO₂, para ilustrar a diferença de densidade entre os gases.

Para avaliar e consolidar a aprendizagem dos estudantes a respeito do que foi tratado em aula, o professor pode solicitar que os alunos façam, individualmente ou em dupla, um mapa conceitual² com os seguintes termos: densidade, água, óleo, mercúrio, propriedades físicas, propriedades químicas, massa, volume, flutuação, gases, líquidos, sólidos. O professor deve explicar que podem ser inseridas no mapa outras palavras, mas nenhuma das palavras/conceitos relacionados pode ficar de fora do mapa e ser elaborado.

O professor pode avaliar os mapas pela coerência e quantidade de conexões entre conceitos. Também é importante mostrar e explicar para a turma um exemplo de um bom mapa conceitual sobre o assunto. O professor pode fazer isso usando um bom mapa



Vídeo 6: Bolhas flutuantes no gelo seco.

<https://youtu.be/vReRK8nmWKY?t=38>

² É importante que os alunos já tenham feito uma atividade sobre mapas conceituais. Ver no anexo I uma atividade de iniciação a elaboração de mapas conceituais.

conceitual produzido por algum aluno (sem necessariamente dizer o nome do autor) ou pode mostrar um mapa conceitual elaborado por ele mesmo para sintetizar as ideias vistas em aula: explicando as ligações, conectivos e conceitos que eventualmente foram inseridos para melhorar a coerência do mapa.

Como termômetros medem a temperatura?

As atividades descritas a seguir continuam usando o Mercúrio como mote para estender a discussão sobre propriedades da matéria e aproveitar para introduzir o conceito de temperatura.

O professor pode iniciar a aula com a pergunta: vocês sabem como funcionam os termômetros? Em seguida, deixar que alguns alunos expressem suas opiniões e, se for o caso, anotar no quadro as hipóteses mais interessantes.

Na sequência, o professor deve distribuir uma cópia do teste *Cloze* (Anexo II) para cada aluno e explicar que eles devem ler com atenção e tentar preencher as lacunas somente com os conhecimentos que dispõem sobre o assunto e que não se preocupem em errar ou deixar lacunas em branco, pois terão a chance de refazer e corrigir o mesmo teste ao final da aula.

O professor pode estimular a curiosidade dos alunos mostrando três ou mais termômetros de diferentes tipos (mercúrio, álcool, digital de contato e digital de aproximação) e fazendo os alunos inicialmente medir a temperatura de diferentes objetos em sala e depois escolher alguns para medir a temperatura das axilas de um estudante voluntário para avaliar eventuais diferenças de medida. O professor pode explicar que, para diminuir uma eventual margem de erro, podem ser realizadas três ou mais diferentes medidas com cada um dos termômetros e fazer com que os alunos calculem a temperatura média e a respectiva margem de erro de cada um dos instrumentos utilizados.

Alternativamente, caso não se disponha dos termômetros, pode ser exibido o vídeo 7, mostrando para os alunos as medidas obtidas e solicitando que calculem as médias e respectivas margens de erro.

Ano/nível: ensino médio

Componente: Ciências da natureza

Unidade temática: Vida e evolução

Objeto de aprendizagem: termologia

Esta atividade é direcionada para o ensino médio, para isso sugerimos o foco na habilidade:

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Estimativa de tempo: 2 aulas.

Material necessário: cópias de texto ou smartphones para acessá-lo na internet; projetor para exibição de vídeo.



Vídeo 7: medindo a temperatura, qual o melhor termômetro? https://youtu.be/n4hz_CXCuzY

Texto 2: Como o termômetro passou a ser usado no diagnóstico médico. <https://super.abril.com.br/historia/o-termometro/>

O professor pode solicitar que os alunos leiam o texto 2 sobre a história do uso de mercúrio em termômetros.

Em seguida, pode explicar que a temperatura é cientificamente definida como o grau de agitação das moléculas das substâncias, e que os termômetros usam diferentes princípios físicos para medi-la. Geralmente as temperaturas padrão se referem ao ponto de fusão e ebulição da água. Nesse momento, o professor deve projetar e explicar os patamares nos gráficos de temperatura de mudança de estado da água (Figura 32). Explicar que esses patamares só ocorrem em mudanças de estado de substâncias puras e não de mistura. E que a água foi escolhida como padrão por ser uma substância amplamente disponível e de fácil purificação.

Para explicar o funcionamento dos diferentes tipos de termômetros o professor pode exibir o vídeo 8 ou explicar oralmente o que está dito no referido vídeo.

Finalmente, o professor pode explicar que assim como existem diferentes escalas de medida de comprimento (metro e polegada), existem diferentes escalas de medida de temperatura. No Brasil a mais utilizada é a escala Celsius (no EUA a Fahrenheit), que embora sejam diferentes, assim como nas escalas de comprimento e massas, podem ser convertidas umas nas outras.

O professor pode pedir para os alunos usarem o esquema de conversão (Figura 33) e calculadoras para responder as seguintes questões: No deserto de Mojave (Nevada – EUA) a temperatura média é de 70,5°F, qual o valor dessa temperatura em graus C e K? A temperatura na superfície da Lua varia de 120 K a 396 K. Qual o valor dessas temperaturas em graus C e F?

Ao final da aula o professor pode distribuir novamente os testes *Cloze* aos respectivos alunos e pedir que voltem a tentar completar as lacunas,

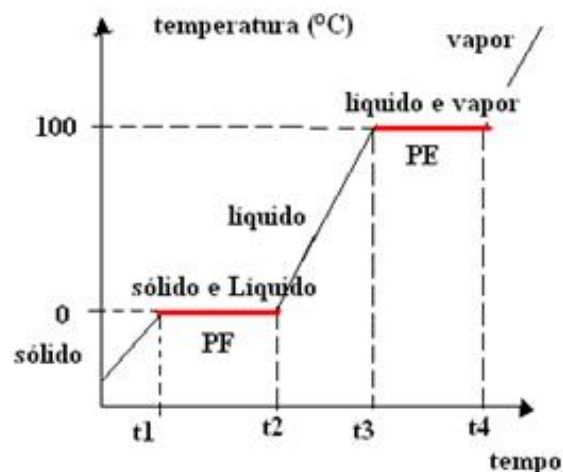


Figura 32: gráfico mudança de estado físico da água no nível do mar. Fonte: Fogaça (2014)



Vídeo 8: Termômetros: fundamentos para aulas
Canal: anime ciência. <https://youtu.be/yEyx9GsZgTQ>

Conversão de Escalas Termométricas	
De → Para	Fórmula
Kelvin → Celsius	$C = K - 273$
Kelvin → Fahrenheit	$(K - 273) \times 1,8 + 32$
Celsius → Kelvin	$K = C + 273$
Celsius → Fahrenheit	$F = C \times 1,8 + 32$
Fahrenheit → Celsius	$C = (F - 32) / 1,8$
Fahrenheit → Kelvin	$K = (F - 32) \times 5/9 + 273$

Figura 33: unidades de medida de temperatura e suas conversões. Fonte: Vianna (2011)

preenchendo aquelas deixadas em branco e corrigindo eventuais equívocos da primeira tentativa.

Após isso, o professor pode ler o teste *Cloze* com as lacunas corretas e pedir para que os alunos acompanhem a leitura e corrijam seus próprios testes. Para evitar eventuais tentativas de manipulação de respostas, não é recomendável usar o teste *Cloze* para atribuir alguma pontuação – a não ser que o professor oriente os alunos a preenchê-lo na primeira tentativa com uma determinada cor de tinta (deixando traços nas lacunas deixadas em branco) e segunda com uma tinta de cor diferente da primeira.

Por que o Mercúrio é usado no garimpo?

O uso do mercúrio na atividade de garimpagem causa sérios danos ao meio ambiente, provocando a contaminação de solos, rios e atmosfera. A atividade proposta visa mostrar por que o mercúrio e não outro material é amplamente utilizado em garimpos ilegais e quais são as consequências disso.

O professor pode iniciar a aula perguntando para os estudantes como eles imaginam que ocorre o processo de extração do ouro. À medida que os alunos expõem suas hipóteses o professor pode anotá-las na lousa para posterior análise.

O professor pode falar que o ouro é um dos poucos elementos que podem ser encontrados na natureza em sua forma metálica (não em forma de minerais), mostrando slides como fotografias de veios de ouro que se formaram no manto terrestre, sob altas temperaturas e pressões e, devido aos movimentos tectônicos, acabaram brotando no solo junto com outros minerais como o quartzo.

Durante a Antiguidade até mais ou menos o fim da Idade média, garimpeiros encontravam os veios de ouro e separavam os pequenos pedaços do metal incrustados no solo, triturando a rocha e lavando a areia com auxílio de bateias, peneiras e água corrente. Obviamente tal processo gerava uma grande devastação, tanto pela derrubada de árvores quanto pelas escavações de grandes áreas de florestas nativas.

Devido à erosão por chuva e vento, o solo acaba sendo carregado para o fundo dos rios e juntamente com ouro, diamante e outras pedras preciosas. Por isso, atualmente, alguns garimpeiros instalam balsas que remexem e dragam o fundo dos rios para, em uma espécie de peneiração mecânica, identificar e separar pequenas pepitas e ouro em pó do solo trazido pelas tragas do fundo dos rios. Um processo altamente

Ano/nível: ensino médio

Componente: Ciências da natureza

Unidade temática: Matéria e energia

Objeto de aprendizagem: propriedades químicas dos metais

A seguinte atividade destina-se a turmas do ensino médio, para isso sugerimos como foco as seguintes habilidades:

(EM13CNT104) Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos.

(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

Estimativa de tempo: 2 aulas

Material necessário: projetor ou smartphones para acessar vídeos na internet.



Figura 34: Todo tipo de formação rochosa passou por um tipo específico de catastrofismo, sendo esse o responsável pelo surgimento de montanhas, serras depressões, planaltos, escarpas e os outros. Fonte: Paula (2015)

degradante para o meio ambiente, já que altera o equilíbrio do leito, matando instantaneamente espécies menores e, em médio prazo, afetando a cadeia alimentar dos peixes que vivem nos rios e, conseqüentemente, de todo o ecossistema de área garimpada e de um grande raio de extensão ao seu redor.

Finalmente, o professor pode perguntar: e o mercúrio? Onde entra nessa história? E explicar que, devido sua capacidade de formar amalgamas com outros metais como a prata, cobre e ouro, o mercúrio é misturado com o solo triturado e água para amalgamar o ouro em pó que eventualmente esteja misturado no solo triturado. Além de parte dos resíduos que se dissolve em água se lançado nos rios, a amálgama de Hg-Au é aquecida com maçaricos, vaporizando o mercúrio para atmosfera, deixando o ouro, por este último ter um ponto de vaporização bem maior do que o do mercúrio.

Na atmosfera o vapor de mercúrio se mistura ao vapor de água das nuvens e volta para o solo e rios com as chuvas. Nos rios acaba sendo absorvido por bactérias e formando compostos orgânicos como o metilmercúrio, que, por não fazer parte dos processos bioquímicos da maioria dos seres vivos, acaba se acumulando em diferentes animais e plantas, que consumidos pelos humanos acabam, causando sérios problemas de saúde.

Nesse momento o professor pode retornar as hipóteses inicialmente anotadas na lousa e, junto com a turma, analisar aquelas que estiverem mais próximas do que foi explicado na aula, refutando aquelas que não correspondem aos fatos.

Para finalizar a aula o professor pode pedir para que os alunos assistam ao vídeo 9: “O mal que surgiu em Minamata: havia algo na água”. E tentem responder as seguintes questões: quais foram as possíveis hipóteses criadas para explicar o surto problemas de saúde



Vídeo 9: O mal que surgiu em Minamata: havia algo na Água. <https://youtu.be/7gFBHBMPgr0>

observados nos moradores da cidade de Minamata?
Como chegaram à hipótese da contaminação da água?
Quais as evidências que eles usaram para defender tal hipótese? Quais os interesses que estiveram em jogo na ocasião?

O professor pode dar um tempo para que os alunos respondam as questões e encerrar a aula pedindo para que alguns alunos leiam suas respostas para a turma, ou recolher as repostas para analisar e dar um *feedback* individualizado por escrito, ou ainda, apresentar elementos chaves das respostas mais apropriadas para que os próprios alunos corrijam seus trabalhos e comentem eventuais equívocos ou defendam argumentos sobre o assunto.

Como detectar contaminação de mercúrio em água?

Atualmente existem diferentes métodos de identificação e quantificação de mercúrio em água e outros materiais. Nessa atividade será discutido o método de identificação qualitativa com base em reações por muito tempo utilizadas em procedimentos de análise química qualitativa.

O professor pode iniciar a aula pedindo para que os estudantes leiam o texto “Pesquisa indica santarenos com altos níveis de mercúrio no sangue pela ingestão de peixe” (Texto 3) e marquem trechos que tiverem dúvidas.

Depois de dar um tempo suficiente para que os alunos lerem e marquem o texto, o professor pode tentar esclarecer as dúvidas marcadas pelos alunos, reiterando que atualmente a contaminação por mercúrio continua sendo uma séria ameaça à saúde da população e de ecossistemas florestais existentes.

É provável que o professor não possa esclarecer algumas dúvidas dos estudantes. Tais dúvidas devem ser anotadas na lousa para que possam ser objeto de busca na internet. O professor pode pedir que alguns alunos voluntariamente se ofereçam para fazer essa pesquisa e relatar para a turma o que conseguiram encontrar.

Após essa primeira fase da aula o professor pode explicar que, durante muito tempo, a identificação do mercúrio foi feita mediante o uso de reagentes. Todavia, atualmente, por conta da sua precisão e rapidez de obtenção de resultados (mesmo com o alto custo dos equipamentos), os pesquisadores preferem utilizar métodos espectrográficos.

A chamada análise química qualitativa é fruto de acumulação de conhecimento sobre reações químicas, ou seja, sobre o comportamento de reações entre diferentes substâncias química. Para ilustrar uma

Ano/nível: Ensino Médio.

Componente: Ciências da Natureza.

Unidade temática: Matéria e energia.

Objeto de aprendizagem: Química ambiental.

A seguinte atividade se destina ao ensino médio, para isso sugerimos o foco na seguinte habilidade:

(EM13CNT104) Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos.

Estimativa de tempo: 2 aulas.

Material necessário: cópias de texto ou smartphones para acessá-lo na internet. Caso o professor tenha acesso a vidrarias e regentes pode separar pelo menos um frasco de cada um ânion solúvel que aparece na tabela 4, tubos de ensaio e conta-gotas suficientes para realizar os testes (adição de reagentes) imaginados pelos estudantes. Também é necessário um projetor para exibir o vídeo e a tabela a tabela 4.

Texto 3: Pesquisa da UFOPA evidencia altos índices de exposição da população do rio Tapajós ao mercúrio.
<https://abre.ai/mercurio-tapajos>

síntese desse conhecimento o professor pode exibir no quadro e comentar a uma tabela de solubilidade de íons mais comuns (Tabela 4):

Tabela 4: Lista de solubilidade de ânions e cátions

Ânion	Cátion	Solubilidade em água
Nitrato (NO_3^{-1})	Qualquer cátion	Solúvel
Nitrito (NO_2^{-1})	Qualquer cátion	Solúvel
Acetato ($\text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2^{-1}$)	Ag^{+1} Hg	Praticamente Insolúvel
Halogenetos (F^{-1} , Cl^{-1} , Br^{-1} , I^{-1})	Cu, Ag, Pb, Hg	Praticamente Insolúveis
Sulfato (SO_4^{-2})	IIA (com exceção do Mg) Ag, Pb Hg	Praticamente Insolúvel
Sulfeto (S^{-2})	NH_4 ou metal das famílias IA e IIA	Solúvel
Carbonato (CO_3^{-2})	NH_4 ou metal das famílias IA	Solúvel
Fosfato (PO_4^{-3})	NH_4 ou metal das famílias IA	Solúvel
Demais ânions	NH_4 ou metal das famílias IA	Solúvel

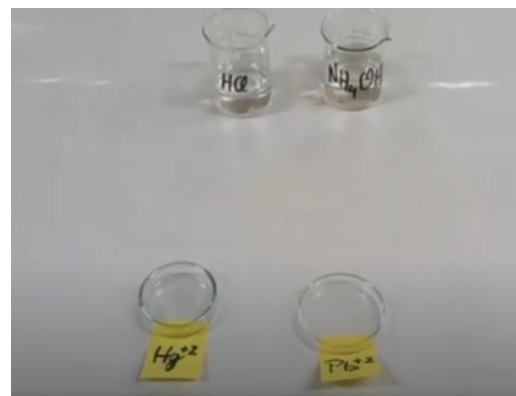
Fonte: Wikipedia

Explicando que, qualitativamente, é possível identificar a formação de precipitados em soluções aquosas organizando etapas de adição e separação de reagentes que possam formar substâncias insolúveis dos cátions que se pretende identificar.

Em seguida, o professor pode pedir aos alunos que, com base na tabela acima, indiquem qual(is) reagente(s) poderia(m) ser utilizado(s) para detectar íons de mercúrio em uma amostra de água. Colocando as respostas lousa e comentando com base nas informações disponíveis na tabela 4.

Uma resposta adequada seria adicionar uma solução de HCl, uma vez que o cloreto forma precipitado insolúvel de mercúrio, mas os alunos poderiam sugerir diferentes substâncias. Após apresentação e discussão das hipóteses dos estudantes o professor pode fazer a reação em sala (se tiver reagentes e vidrarias disponíveis) ou mostrar o vídeo 10 para os alunos.

Para tornar o desafio um pouco mais sofisticado, o professor pode perguntar aos alunos, também com base nas informações na tabela 4, que testes poderiam ser efetuados para saber se uma amostra de água contém íons de Hg^{+} e Pb^{++} ?



Vídeo 10: identificação de mercúrio e chumbo em amostras de água contaminadas.

Fonte: <https://youtu.be/e5rESLgMOVE>

Antes de fazer com que os alunos apresentem suas repostas o professor poderia dizer que no caso da necessidade de identificação de duas ou mais substâncias são necessárias várias etapas, que envolvem adição de reagentes, filtração, decantação ou outros processos de separação de misturas. Por isso, o professor pode propor que os alunos façam um fluxograma com as possíveis etapas para identificação de alguns íons que aparecem na tabela 4.

Após dar um tempo para que os alunos elaborem seus respectivos fluxogramas (individualmente ou em duplas), o professor pode projetar na lousa (fotografando com o celular) alguns fluxogramas e analisar a ideia junto com a turma.

Após isso, se tiver os reagentes e aparatos, pode realizar as reações. Caso contrário pode exibir o vídeo 10 com o processo de identificação de Hg^+ e Pb^{++}

Para finalizar a atividade o professor pode pedir para que os estudantes façam um fluxograma descrevendo o processo realizado (ou exibido em vídeo) e pedir para comparem com os que haviam sido inicialmente propostos por eles, indicando diferenças e semelhanças.

Referências

- AIKENHEAD, Glen. What is STS science teaching. In: SOLOMON, J; AIKENHEAD, G. *STS education: International perspectives on reform*, v. 2, n. 12, p. 47-59, 1994.
- ALINNE. *O formigueiro humano e as escadas “adeus mamãe”*: constante presença da morte. *Isto é* (Blog), 2019. Disponível em: <https://istoe.com.br/a-alucinante-corrída-do-ouro-de-serra-pelada/>. Acesso em 04 de jul de 2022
- ANDRADE, R. O. Contaminação além do garimpo. *Revista FADESP*, n. 265, 2018.
- BARBOSA, Lívia. Garimpo e meio ambiente: águas sagradas e águas profanas. *Revista Estudos Históricos*, v. 4, n. 8, p. 229-243, 1991.
- BISINOTI, Márcia Cristina. JARDIM, Wilson F. O comportamento do metilmercúrio (metilHg) no ambiente. *Revista Química Nova*, v. 27, n. 4, p. 593-600, 2004.
- BLESA, Miguel A.; CASTRO, Gerardo. *Historia natural y cultural del mercurio*. Buenos Aires: Asociación argentina para el progreso de las ciencias, 2015
- BRANDÃO, Marcos. Perfil de pedra. *Geobau, caracteres sobre geografia e afins* (Blog), 2011 Disponível em: <http://marcosbau.com.br/perfil-de-pedra-guia-geo2009-pag-31/>. Acesso em: 21 de set de 2022.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2017.
- CRESPO-LOPEZ, M. E; HERCULANO, A.M; CORVELO, T.C; DO NASCIMENTO, J.L. Mercury and neurotoxicity. *Revista de Neurologia*, v. 40, n. 7, p. 441-447, 2005.
- DAMAS, Giane B. ; BERTOLDO, Bruno; COSTA, Luciano T. Mercúrio: da antiguidade aos dias atuais. *Revista virtual de química*, v. 6, n. 4, p. 1010-1020, 2014.
- DCTECH. Espectroscopia de Absorção Atômica: conceitos básicos. *DCTech* (Blog), 2017. Disponível em: <https://www.dctech.com.br/espectroscopia-de-absorcao-atomica-para-dummies>. Acesso em: 15 maio. 2023.
- FEARNSIDE, Philip M. *A hidrelétrica de Samuel*: lições para as políticas de desenvolvimento energético e ambiental na Amazônia. *Hidrelétricas na Amazônia*, p. 9, 2015.
- FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. Ponto de fusão e ponto de ebulição. *Escolakids* (Blog), 2014. Disponível em: <https://escolakids.uol.com.br/ciencias/ponto-de-fusao-e-ponto-de-ebulicao.htm>. Acesso em: 21 de set de 2022.
- FRANCISCO, L. Plano de aula: usinas hidrelétricas. *Nova escola*, 2018. Disponível em: <https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/8ano/ciencias/usinas-hidreletricas/2164>. Acesso em: 21 de set de 2022.

LACERDA, L. D; SALOMONS, W. *Mercúrio na Amazônia: uma bomba relógio química?* – Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1992.

MARINHO, Arisson. Garimpeiros em uma mina de Sento Sé em 2017, em busca de ametistas *Correio 24 horas* (Blog), 2017. Disponível em: <https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/doi-garimpeiros-morrem-apos-desabamento-de-mina-ilegal-em-sento-se>. Acesso em 04 de jul de 2022.

MEDEIROS, Avelino Emerson. SANTOS, Lara Fernandes dos. Motor elétrico de Faraday – um marco no desenvolvimento da física e um experimento para remontar em sala de aula. *Revista do professor de física*, v. 1, n. 1, 2017

MESQUITA, J. L. Consumo de peixes e o mistério do ciclo do mercúrio. *Mar sem fim* (Blog), 2018. Disponível em: <https://marsemfim.com.br/consumo-de-peixes-e-ciclo-do-mercúrio/>

OFICINA70. Como testar e identificar ouro bruto. *Oficina70.com* (Blog), 2018. Disponível em: <https://www.oficina70.com/search/label/OURO?updated-max=2018-11-27T13:52:00-08:00>. Acesso em: 04 de jul de 2022.

PAULA, Camila. Bacias sedimentares e mais: um resumo para ficar por dentro do que é o relevo. *Descomplica* (Blog), 2015. Disponível em: <https://descomplica.com.br/artigo/bacias-sedimentares-e-mais-um-resumo-para-ficar-por-dentro-do-que-e-o-relevo/xVL/>. Acesso em: 05 de out de 2022

PORVARI, Petri. Mercury levels of fish in Tucuruí hydroelectric reservoir and in River Moju in Amazonia, in the state of Pará, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 175, n. 2, p. 109-117, 1995.

PRAZERES, Leandro. Garimpo na Amazônia: o que está por trás da invasão do rio Madeira. *Jornal BBC News Brasil*, Brasília, 25 nov. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59425015>. Acesso em 24 mar. 2022

SACKS, Oliver W. *Tio Tungstênio: memórias de uma infância química*; tradução Laura Teixeira Motta. – São Paulo: Companhia das letras, 2011

SERRA Pelada. Direção: Heitor Dhalia. Filme Brasileiro. *Warner Bros*, 2013. Filme (120 min).

SILVA, Souza Juliana; BATISTA, Gabriela; BERNSTEIN, Any. Mercúrio na Amazônia: a bomba relógio. *Revista Educação Pública*, Rio de Janeiro, v. 4, 2014

VIANNA, Luiz Bruno. Conversão de escalas termométricas. *Infoescola* (Blog), 2011. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/conversao-de-escalas-termometricas>. Acesso em: 21 de set de 2022.

Anexos

ANEXO I - INTRODUZINDO MAPAS CONCEITUAIS

Uma maneira de introduzir a técnica de produção de mapas conceituais para os estudantes é inicialmente fazê-los praticar a elaboração de um mapa sobre um tema que julguem dominar. Então, dar a eles as seguintes instruções:

1. Enumerar 10 a 15 *conceitos-chave* do tema (palavras ou expressões curtas);
2. Fazer um rascunho onde possa escrever os conceitos-chave e ir conectando uns aos outros por meio de linhas e conectivos (termos de ligação) de maneira que a conexão faça sentido;
3. Desenhar a maior quantidade de conexões entre os conceitos, cruzando linhas, se for o caso, incluindo novas palavras para dar sentido às conexões.
4. Conceitos-chave não podem ser repetidos! Se tiverem sido escritos distantes uns dos outros na página podem ser conectados por linhas longas e curvas.
5. Os conceitos-chave, assim como conectivos, podem e devem receber várias conexões (quanto mais melhor).
6. Evitar frases longas tanto nos conceitos-chave quanto nos conectivos.
7. Ao terminar o rascunho passe a limpo o mapa, distribuindo melhor as conexões e tentando colocar os conceitos mais gerais na parte de cima e distribuir conceitos específicos e exemplos abaixo deles. Caso haja computadores disponíveis pode ser utilizado o software gratuito *CmapTools* para compor a versão final do mapa.
8. Apresente e explique seu mapa para professores e colegas da turma.

Para ilustrar um pouco melhor, o professor pode fazer coletivamente com a turma um mapa na lousa, mostrando o processo na prática: elencando conceitos, fazendo as ligações, criando conectivos e reorganizando o desenho em função das conexões efetuadas. Assim ajudará os alunos a terem ideias de como podem fazer seus próprios mapas.

Lembre-se o primeiro mapa deve ser de um assunto que os alunos acham que dominam (futebol, bandas rock, tipos de festas etc.). Abaixo um exemplo de mapa conceitual que pode ser produzido coletivamente na lousa para a ilustrar o processo de produção e o resultado esperado aos alunos:



Referencias

BRABO, Jesus. (2005). Mapas conceituais como ferramentas de ensino e aprendizagem de ciências. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Brabo>.

ANEXO II - ATIVIDADE TESTE DO CLOZE

Temperatura e termômetros

A _____ é uma medida da energia cinética média das moléculas de um objeto ou ambiente. É uma _____ fundamental em muitas áreas da física, da química e da engenharia, e é crucial para entender o comportamento e propriedades físicas dos _____, tais como a viscosidade, a _____ elétrica e a _____ de vapor.

O termômetro é um _____ utilizado para medir a temperatura de um objeto ou ambiente. Ele funciona com base na variação de alguma _____ física que varia com a temperatura, como o volume, a pressão, a resistência elétrica ou a corrente elétrica. O termômetro de mercúrio, por exemplo, utiliza a variação de _____ do líquido para medir a temperatura. O mercúrio é colocado em um tubo de vidro selado com um bulbo na extremidade inferior, e à medida que a temperatura aumenta, o mercúrio se _____ e sobe no tubo, indicando o valor da temperatura na escala graduada.

Existem várias _____ de temperatura, mas as três mais comumente utilizadas são a Kelvin, a Celsius e a Fahrenheit. A Kelvin, conhecida como _____ de temperatura, é usada principalmente em estudos _____ e técnicos. Possui o valor do grau equivalente ao da escala _____, mas sua referência de zero absoluto (0 Kelvin) é a, teoricamente, menor temperatura possível, onde todas as moléculas estão em repouso, ou seja $-273,16^{\circ}\text{C}$. Assim, no ponto triplo da água (a temperatura em que a água, o gelo e o vapor de água coexistem em equilíbrio) um termômetro na escala Kelvin marcaria _____ K, enquanto outra na escala Celsius marcaria _____ $^{\circ}\text{C}$.