

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS
E MATEMÁTICA

**ELABORAÇÃO DE UM LIVRO PARADIDÁTICO SOBRE
MERCÚRIO PARA USO EM CURSOS DE FORMAÇÃO DE
PROFESSORES DE QUÍMICA**

GABRIEL LUCAS DOS ANJOS FERREIRA

BELÉM
2023

GABRIEL LUCAS DOS ANJOS FERREIRA

**ELABORAÇÃO DE UM LIVRO PARADIDÁTICO SOBRE
MERCÚRIO PARA USO EM CURSOS DE FORMAÇÃO DE
PROFESSORES DE QUÍMICA**

Dissertação de mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemática – Mestrado Profissional, do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, como exigência para a obtenção do título de Mestre em Docência em Educação em Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de professores de Ciências e Matemáticas

Linha de pesquisa: Formação de professores para o Ensino de Ciências e Matemáticas

Orientador: Prof. Dr. Jesus de Nazaré Cardoso Brabo

BELÉM
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Anjos Ferreira, Gabriel Lucas dos.

Elaboração de um livro paradidático sobre mercúrio para uso em cursos de formação de professores de química / Gabriel Lucas dos Anjos Ferreira. — 2023.

74 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Jesus de Nazaré Cardoso Brabo
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, 2023.

1. formação inicial. 2. paradidático. 3. mercúrio na Amazônia. I. Título.

CDD 370.712

GABRIEL LUCAS DOS ANJOS FERREIRA

ELABORAÇÃO DE UM LIVRO PARADIDÁTICO SOBRE MERCÚRIO PARA USO EM CURSOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA

Dissertação de mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemática – Mestrado, do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, como exigência para obtenção do título de Mestre em Docência em Educação em Ciências e Matemática. Sob orientação do Prof. Dr. Jesus Cardoso Brabo

Data da aprovação: 17 de março de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Jesus Cardoso Brabo
PPGDOC/UFPA – Presidente

Profa. Dra. Elinete Oliveira Raposo
PPGDOC/UFPA – Membro Interno

Prof. Dr. Kelly das Graças Fernandes Dantas
ICEN/UFPA – Membro Externo

Prof. Msc. Luciel Antônio da Silva Macedo
PPGECM/UFPA – Doutorando Convidado

BELÉM
2023

Esse trabalho é dedicado a todos os povos da floresta e das matas, atormentados pela praga do garimpo ilegal.

AGRADECIMENTOS

Ao senhor do movimento, que me permitiu alcançar essa vitória, que correu e girou para me trazer até aqui. Laroyê.

Ao grande Guerreiro, major dos Orixás, que me deu forças para aguentar essa caminhada, e me amparou quando fiquei sem chão. Ogunhê

Ao grande senhor do pano branco nosso criador, que é lento certo, e guerreiro Epa Epa Babá

Obrigado a minha família, minha irmã Natássia, minha mãe Fátima e meu pai Nazareno e minha tia Cíntia, que sempre me deram apoio, amparo e me deram a vida. Obrigado por fomentarem e sustentarem essa caminhada.

A minha noiva Natália que me amparou e deu colo quando nas noites mais escuras meu mundo desabou e eu chorei as dores de perdas. Sem você não teria chegado até aqui.

Ao meu irmão de criação Murilo Pereira Cunto, com quem dividi cada uma das etapas, desde a aprovação até os maiores desafios do processo, obrigado irmão.

A minha família da caminhada Álvaro, o que resolve; Denner, o paciente; Felipe, o sábio; Gabriel, o que mostra que é possível sorrir e Mayara, a companheira de estrada com quem conversei e dialoguei com quem busquei sabedoria e ajuda. Muito obrigado por terem deixado essa caminhada mais leve, sem vocês não teria conseguido andar nem metade desse caminho.

A toda a família da Diretoria, nós que sempre estivemos juntos e que sempre apoiamos uns aos outros, nós que sorrimos e choramos junto, muito obrigado.

Um agradecimento especial para a coordenação do LabCi/IEMCI, espaço gentilmente cedido para o desenvolvimento de etapas da pesquisa. Na pessoa da professora Ariadne Perez e dos bolsistas Fellipe Leal Corrêa e Larissa Vânia Melo, por terem gentilmente ajudado no desenvolvimento de etapas necessárias da pesquisa.

Agradeço também ao projeto Anime Ciência, na pessoa do bolsista Wendell Gomes, que me ajudou na etapa de produção dos vídeos do produto educacional.

Quero também agradecer ao amigo Gabriel Conceição, que gentilmente desenvolveu uma das versões da capa do produto educacional. No momento que vi, soube que a trajetória estava finalizando, pois pude ver naquele desenho a materialidade do sonho, das ideias, e do processo.

A querida amiga Leda Valéria Alves que me guiou e ajudou em muitos momentos dessa caminhada, o caminho foi mais rico com teu apoio.

Aos queridos Murilo Henrique e Ramielly Rosa, minha tríade que continuou junta desde a graduação e que hoje se apoia para superar as várias dificuldades que aparecem, e que sonha novos projetos juntos.

A querida amiga e quase irmã Yasmim Barros, que esteve sempre disposta para me ajudar e apoiar, com quem celebrei desde a entrada no mestrado.

Aos professores do curso Eficaz, Alcemir, Scooter e Luciel e toda a equipe que, nos últimos anos, me ajudaram a recuperar o amor pela sala de aula, o trabalho feito nesse espaço é simplesmente incrível e mágico. Muito agradecido pela oportunidade.

Agradeço especialmente aos amigos João Nunes e Jonathan Cardozo que distribuem sabedoria e conhecimento a todos nós, muito obrigado.

Um agradecimento especial à meu tio Rubens Ruela, que financiou parte desse processo de mestrado, mesmo sem ter nenhuma obrigação. Graças a você pude chegar até aqui.

Ao querido amigo e orientador Jesus Cardoso Brabo, que mais uma vez aceitou me orientar, e realizou um trabalho quase impossível. Tenho uma dívida contigo que não será paga nem na próxima vida, e aqui fica meu agradecimento mais sincero.

RESUMO

Para que os estudantes da educação básica efetivamente se alfabetizem linguística, matemática e cientificamente ainda é necessário superar inúmeros problemas, que vão desde a precariedade de infraestrutura escolar, melhor remuneração salarial e formação inicial e continuada dos profissionais da educação. Produzir e avaliar materiais didáticos para cursos de formação de professores pode contribuir para a melhoria da preparação desses profissionais. Tais materiais devem estar afinados com resultados de pesquisa recentes sobre o processo de ensino-aprendizagem-avaliação de ciências, inovações tecnológicas, aspectos sociais do uso de tecnologias, exploração de recursos naturais, mudanças curriculares, entre outros aspectos essenciais para compreender e atuar sobre mundo natural e social contemporâneo e exercer plenamente a cidadania em atuais e futuras sociedades democráticas. Com o intuito de oferecer uma pequena contribuição para o aprimoramento de cursos de formação inicial de professores de Química da educação básica, foi produzido um livro paradidático sobre Mercúrio o qual foi submetido à análise de eventuais efeitos de aprendizagem do seu uso em cursos de formação inicial de professores de Química. O teor e as atividades propostas no paradidático em questão foram postas em práticas durante um minicurso, onde doze discentes de um curso de Química licenciatura voluntariamente participaram, respondendo a um formulário do tipo KWL (*Know, Want to Know, and Learning*). A análise de conteúdo empreendida nas respostas e comentários do grupo de participantes do minicurso, forneceu alguns indícios que o material paradidático proposto pode contribuir para a formação dos futuros professores Química, ao apresentar alternativas metodológicas para o processo de ensino aprendizagem de determinados conhecimentos químicos, de forma contextualizada e mais de acordo a atual BNCC.

Palavra - chaves: formação inicial; paradidático; mercúrio na Amazônia.

ABSTRACT

For students in elementary school to be effectively linguistically, mathematically, and scientifically literate, it is still necessary to overcome numerous problems, ranging from precarious school infrastructure, better salaries, and initial and continual education of professionals in the educational field. Producing and evaluating teaching materials for teacher training courses can contribute to improving the skills of these professionals. Such materials should be in tune with recent research results on the teaching-learning-evaluation process of science, technological innovations, social aspects of the use of technologies, exploration of natural resources, curriculum changes, among other aspects that are essential to understand and act upon the contemporary natural and social world, and to fully exercise one's rights as a citizen in current and future democratic societies. To offer a small contribution to the improvement of undergraduate Chemistry teacher training courses, a accompany educational book about Mercury was produced and submitted to an analysis of possible learning effects of its use in initial training courses for Chemistry teachers. The books content and proposed activities were carried out during a mini course, attended voluntarily by twelve students from an undergraduate Chemistry course, who responded to a KWL (Know, Want to Know, and Learning) form. The content analysis undertaken in the responses and comments of the group of participants of the minicourse provided some evidence that the proposed material can contribute to the training of future Chemistry teachers, by presenting methodological alternatives for the teaching-learning process of certain chemical knowledge in a contextualized manner and in greater harmony with the current Common Core State Standards (BNCC).

Keywords: initial training; educational material; Mercury in the Amazon.

Lista de fotografias

Fotografia – 1: Processo de separação analítica

p. 26

Lista de quadros

Quadro 1: Panorama geral das respostas obtidas no minicurso. p. 57

Quadro 2: Categorização das respostas à questão: o que você sabe sobre o mercúrio? p. 57

Quadro 3: Categorização das respostas à questão: o que você gostaria de saber sobre o Mercúrio? p. 60

Quadro 4: Categorização das respostas à questão: o que você aprendeu sobre o Mercúrio? p. 62

Lista de Siglas

UFPA – Universidade Federal

IEMCI – Instituto de Educação Matemática e Científica

CCIUFPA – Clube de Ciências da UFPA

BDTD – Banco Digital de Teses e Dissertações

REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática

PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência

PRP – Programa Residência Pedagógica

NASTRO – Núcleo de Astronomia da UFPA

SIGAA – Sistema de Gestão de Atividades Acadêmicas

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
MEMORIAL FORMATIVO: a formação inicial como professor de química.....	18
O curso de formação inicial de professores de Química da Universidade Federal do Pará	18
Vivendo a licenciatura em química	22
O Clube de Ciências da Universidade Federal do Pará: a imersão na vida docente....	32
CONCEITOS RELEVANTES PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA E DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	39
Ciência tecnologia e sociedade (CTS): passos para uma formação cidadã	41
Questões da Amazônia.....	42
Diversificação de estratégias	44
Preveja Observe e Explique (POE)	45
O produto didático.....	50
METODOLOGIA DE PESQUISA	52
O tipo de pesquisa	52
A criação do produto	52
Os participantes da pesquisa	54
Aspectos do minicurso e instrumento de pesquisa.....	54
O processo de análise e a categorização.....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERENCIAS	67
ANEXOS	71

INTRODUÇÃO

A formação de professores é um dos aspectos mais importantes de nossa sociedade, pois são esses profissionais que irão atuar nas escolas formando jovens cidadãos e cidadãs. Por isso, a formação deve acontecer de maneira ampla, de modo a oportunizar aos futuros professores uma diversidade de saberes e conhecimentos, tanto sobre a docente, quanto a respeito de conhecimentos científicos de sua respectiva área específica (FERNANDEZ, 2015).

Ao pensar na formação de professores atualmente, é inevitável citar que o mundo viveu nos últimos anos a emergência sanitária causada pelo vírus Sars-Cov-2, causador da maior crise de saúde pública dos anos recentes, a COVID-19. Durante os chamados *lockdowns*¹, não podíamos sair às ruas, nem frequentar o ambiente institucional ou familiar. A contaminação pelo vírus matou milhares de pessoas, no Brasil e no Mundo.

Embora, no Brasil boa parte das mortes pudesse ter sido evitada com medidas sanitárias recomendadas pela Organização Mundial de Saúde acredito que boa parte dos problemas que aconteceram em nosso país possui relação direta com o fato de que uma grande parcela da população não ter tido acesso a um processo adequado de alfabetização científica (CHASSOT, 2016), muito menos a uma formação cidadã discutida por autores como Santos (2010), que acabou implicando na adesão de uma parcela significativa da população a um movimento negacionista da Ciência, amplamente observado e difundido durante a pandemia.

Uma população que não foi alfabetizada cientificamente pode sofrer bem mais com problemas dessa natureza. As pessoas podem ser facilmente enganadas por discursos falsos, mesmo quem tem relativa instrução (BRABO, 2021). O problema é que as ações ou reproduções de discursos desse tipo têm consequências severas quando vivemos em sociedade. É a sociedade como um todo que enfrenta problemas como o colapso do sistema de saúde e o alto índice de mortalidade quando parte das pessoas resolve não colaborar com

¹ Nota: a expressão se refere a paralisação total de atividades que não são essenciais (salões de beleza, repartições públicas, escolas, comércio que não são de alimentos, bares, restaurantes, atividades esportivas dentre outros), e visava diminuir a circulação de pessoas, tudo isso era um esforço para tentar barrar a contaminação pelo vírus.

as regras sanitárias cientificamente recomendadas. Por isso, promover a alfabetização científica e a formação cidadã pode ajudar neste contexto, não como uma salvação, mas como uma estratégia para lidar melhor com esses e outros diversos tipos de problemas.

Dessa forma, assumo que minha pesquisa se inscreve numa perspectiva que fomenta a valorização da formação cidadã e da promoção da alfabetização científica. Entendo sua necessidade, pois segundo Chassot “(...) seria desejável que os alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada a leitura do mundo em que vivem, mas entendessem as necessidades de transformá-lo, e para melhor.” (2018, p. 84).

Embora saiba da existência de diferentes correntes teóricas a respeito da chamada alfabetização científica, inclusive de algumas que defendem a existência de diferenças substanciais entre alfabetização e letramento científico, este texto usa o termo alfabetização científica na perspectiva defendida por Chassot (2018) e formação cidadã na perspectiva de Santos e Schnetzler (2010) e Pietrocola e Souza (2019).

Naturalmente, para que as escolas ofereçam melhores oportunidades para os jovens se alfabetizem linguística, matemática e cientificamente ainda é necessário superar inúmeros problemas, que vão desde a precariedade de infraestrutura, melhor remuneração e formação inicial e continuada dos profissionais da educação.

Olhando especificamente para os programas de formação inicial de professores, entre os diferentes problemas a serem superados (CARVALHO; MARTINS, 2018), está à atualização de materiais didáticos para serem usados em cursos de formação de professores. Materiais que estejam mais afinados com os resultados de pesquisa recentes sobre o processo de ensino-aprendizagem-avaliação de ciências, inovações tecnológicas, aspectos sociais do uso de tecnologias, exploração de recursos naturais, mudanças curriculares, entre outros aspectos essenciais para compreender o mundo natural e social contemporâneo e exercer plenamente a cidadania nas atuais e futuras sociedades democráticas.

Com o intuito de oferecer uma contribuição para o aprimoramento de cursos de formação inicial de professores de Química da educação básica, este estudo visa produzir um livro paradidático sobre Mercúrio e analisar eventuais efeitos de aprendizagem do seu uso em cursos de formação inicial de professores de Química.

Após o momento crítico da pandemia, enfrentamos uma nova dificuldade, uma herança da pandemia: o retorno às atividades educacionais de forma presencial, depois de dois anos de um ensino que só o futuro nos dirá se deu certo. Por isso, precisamos mais do que nunca, auxiliar a formação inicial de professores, pois eles irão lidar com um novo currículo, novas maneiras de organização do ensino, uso de novas tecnologias de informação e comunicação na escola, dentre outras demandas profissionais dos professores. Essa geração de professores e alunos, por exemplo, precisa lidar com implementação da Base Nacional Comum Curricular, que independente de eventuais pontos positivos e negativos, rege os atuais currículos dos sistemas de Educação Básica no Brasil. Tal documento contém conceitos, princípios e recomendações que, por ser uma política curricular recentemente implantada, ainda não são adequadamente abordados em cursos de formação inicial dos professores de química (BRASIL, 2017).

Pensando nisto, o objetivo dessa pesquisa foi: desenvolver um material (para)didático para a formação inicial de professores de Química. Assim como, analisar eventuais benefícios do uso de tal material em um minicurso, sobre o tema Mercúrio, para a prática futura dos licenciandos. Ao longo da dissertação também busco refletir sobre a formação de professores de Química da Universidade Federal do Pará – UFPA, alicerçado em minha formação docente. Com isso, esta dissertação está organizada em seis capítulos, contando com esta **INTRODUÇÃO**, em que apresento o tema e a estrutura da pesquisa.

No segundo capítulo, **MEMORIAL FORMATIVO: a formação inicial como professor de química**, conto sobre a formação que vivi, no curso de graduação e no Clube de Ciências da UFPA (CCIUFPA), e problematizo o modelo que experimentamos na formação inicial, na Licenciatura em Química.

No terceiro capítulo, **FUNDAMENTAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO E DA PESQUISA**, apresento uma possível saída para lidar com a problemática discutida na formação inicial, em meu memorial formativo. E assumo como estratégia produzir um paradidático, comprometido com o ideal de alfabetização científica e formação cidadã.

No quarto capítulo **METODOLOGIA DE PESQUISA** destaco como foi feita a pesquisa e as opções de coleta e análise os dados, produzidos durante a realização de um minicurso para um grupo de licenciandos em química.

No quinto capítulo **RESULTADOS E DISCUSSÃO**, apresento resultados e realizo a discussão, ressaltando como o material proposto pode ajudar na prática de futuros professores de química.

E por fim, no sexto capítulo, **CONSIDERAÇÕES FINAIS**, elucido o texto e faço um fechamento sobre o que foi discutido direcionando o leitor para suas próprias reflexões sobre sua formação de professores de química.

Dado que esta pesquisa foi desenvolvida no contexto de um programa de mestrado profissional, traz, em apêndice, o produto educacional derivado da pesquisa.

MEMORIAL FORMATIVO: a formação inicial como professor de química

Na construção deste capítulo, dou a conhecer alguns aspectos estruturais de meu curso de formação inicial e do Clube de Ciências da UFPA (CCIUFPA), lugares que contribuíram em minha formação inicial e para a produção desta pesquisa.

Assim, este memorial caracteriza, em linhas gerais, meu percurso formativo durante o período de realização do meu curso de Licenciatura em Química. Conto um pouco da minha trajetória na graduação e no CCIUFPA, onde tive a oportunidade de vivenciar o processo de prática antecipada à docência (GONÇALVES, 2000). Com isso, apresento algumas reflexões e discussões, com referenciais teóricos pertinentes, sobre o peculiar processo de formação inicial de um professor de Química. Para fazer isso, nesta seção faço uso de escrita em primeira pessoa, pois é o intuito deste capítulo descrever minhas experiências pessoais ao longo de minha formação docente para explicitar e justificar os motivos, as escolhas e preocupações que, de um jeito ou de outro, acabaram me levando a compor o material didático em questão e realizar uma pesquisa para avaliar seu eventual valor formativo.

O curso de formação inicial de professores de Química da Universidade Federal do Pará

De acordo com o Projeto Pedagógico do curso de Química Licenciatura da UFPA, foi criado em 1972, se destinava a formar professores para a Educação Básica (PPC, 2010) num contexto social de exceção do país². No início desse período de exceção, a Ciência brasileira vivia a segunda fase do seu processo de institucionalização. Nesse momento, “várias instituições e instrumentos que visavam a atender a demanda no campo tecnológico foram criados.” (FERRAZ, 2001, p. 241). Ou seja, os cursos de licenciatura em conteúdos específicos foram criados para atender a crescente demanda de estudantes dos níveis de ensino básico e superior da época.

De acordo com o documento do projeto político pedagógico vigente (PPC, 2010), desde sua criação curso de Licenciatura em Química da UFPA passou por quatro mudanças curriculares, nos anos 1976, 1993, 2006 e 2010. Todas as modificações foram impulsionadas por mudanças na legislação educacional nacional das diferentes épocas.

² Nota: aqui me refiro ao período de ditadura cívico-militar que governou o Brasil de 1964 até 1985.

A partir do ano de 2006, o PPC do curso de Licenciatura em Química passa a apresentar uma meta relacionada à formação do professor, esta meta é mantida quando observamos o PPC mais recente:

(...) priorizar a formação de profissionais que sejam capazes de elaborar e executar projetos de pesquisa e desenvolver projetos interdisciplinares visando à efetivação da construção do conhecimento científico e que também desenvolvam ideias inovadoras para atuar num mercado de trabalho em uma contínua transformação (Universidade Federal do Pará, 2010, p. 6).

Na prática, a estrutura curricular e a atitude de alguns professores do curso, no período que fui discente, ainda não pareciam estar de acordo com tal meta. A separação que existe ainda hoje entre disciplinas de conteúdo específico de Química e aquelas que abordam os chamados conteúdos pedagógicos é uma demonstração disso (JESUS; TOLOSA; FERNANDES, 2020). Entendo que isso tenha relação com a história e constituição da área de Química na Amazônia e o curso de Licenciatura em Química nasce e herda esses aspectos.

A presença da Ciência Química na Amazônia iniciou nas primeiras décadas do século XX, no ano de 1920 com a criação da *Escola de Chimica Industrial* (MACHADO, 2004). No entanto, o desenvolvimento do estudo da química na Amazônia data de muito antes disso. Ainda no século XVIII, mais precisamente em 1744, o pesquisador francês Charles Marie La Condamine descobriu que os indígenas amazônidas fabricavam artefatos com látex, e tinham conhecimentos sobre alguns óleos (MACHADO 2004). Pode-se até dizer que alguns estudos de Química começaram na Região, de forma institucional, com a chegada da Escola de Farmácia, em 1904, mas seu estudo de forma sistemática e aplicada teve início com somente com a criação da *Escola Chimica Industrial*.

O contexto de desenvolvimento da *Escola de Chimica* é a do desenvolvimento da Ciência Química na Amazônia, e por isso havia direcionamentos específicos em seu currículo, Machado (2004, p. 43) mostra que:

O curso era realizado em 4 anos, sendo o último ano destinado a um trabalho de tese e especialização em indústria, geralmente de interesse amazônico. Eram ministradas as disciplinas: matemática, física, química geral, química industrial, análise quantitativa, tecnologia amazônica, química orgânica, físico-química, mineralogia, desenho linear e tecnologia industrial, totalizando onze disciplinas.

Apesar de serem apenas duas disciplinas, e de ser um curso voltado a formação industrial, percebe-se explicitamente o direcionamento ao que é da Amazônia e que já existia aqui. Machado (2004, p. 43) destaca em sua pesquisa:

Quanta falta uma disciplina como esta faz hoje para os estudantes de química paraenses... Para os da área científica e tecnológica, a oportunidade de examinar tecnologias nativas sob a ótica da química moderna. Para os futuros professores de química possibilidade da prática de uma educação química pautada pelas abordagens culturais dos saberes regionais: aulas de química como múltiplas trocas e diálogos interculturais.

Após um período conturbado³, no ano de 1963, a *Escola de Chimica Industrial* foi encampada pela Universidade Federal do Pará – UFPA, que por sua vez, havia sido criada em 1957 (MACHADO 2004). Após todo esse longo processo, no ano de 1972, deu-se a criação do curso de Licenciatura em Química, o qual segundo Machado (2004) estava

[...] concebido num ambiente cultural que considerava a licenciatura em química como um curso de química ao vinculá-lo ao Depto. de Química, por sua vez subordinado ao CCEN⁴, ainda que um curso “menor”. Como veremos, este curso parece evidenciar em seu desenho curricular a predominância do conhecimento químico sobre os demais (p. 48).

Ou seja, a constituição do curso de Química Licenciatura é advento de um processo, de formação e construção da Universidade Federal do Pará, e nesse contexto havia uma visão do que poderia ser acadêmico ou não. Em relação à resistência à mudança curriculares que existia em boa parte dos docentes do curso, Machado (2004) ressalta que “(...) devia-se às origens práticas e ‘industriais’ da *Escola de Chimica*, o que era compreendido pela administração universitária como incapaz de atribuir a um curso desses o perfil acadêmico necessário (...)” (p. 45). Compreendo com isso, que alguns aspectos que vivi podem ter raízes nesse passado, que Nunes (2021) destaca em sua pesquisa, que marcas históricas que influenciam no curso no tempo presente.

A estrutura do curso está dividida em oito blocos, nos quais estão distribuídas disciplinas teóricas e práticas de Química, de Física e de Matemática. Em cada um dos blocos existe pelo menos uma disciplina pedagógica que segundo o discurso no âmbito do curso, visa oferecer subsídios para a prática docente. Estas disciplinas são chamadas de “espinha dorsal” do curso, pois em teoria, cada bloco acadêmico existe uma disciplina pedagógica para à formação do professor. O problema é que não existe articulação entre essa disciplina e as outras componentes do bloco (SCHNETZLER 2000), conseqüentemente todo o curso acaba ficando um tanto quanto desarticulado. Além disso, segundo Nunes (2021), o currículo de

³ Nota: a Escola de Chimica Industrial ficou fechada por mais de 20 anos, teve problemas para se reaberta e enfrentou forte resistência para ser anexada a UFPA (MACHADO 2004)

⁴ Nota: Na época Centro de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará - CCEN/UFPA

disciplina vigentes, não está bem alinhado com o conteúdo e habilidades de Química visadas na educação básica, futuro *lôcos* de trabalho dos licenciandos.

Durante a primeira metade do curso, os quatro primeiros blocos, não existem direcionamentos para estágios em espaços diferentes⁵ dos estágios obrigatórios, na verdade não existe direcionamento nenhum⁶ sobre uma prática antecipada (NUNES, 2021). Mas entendo ser necessário oportunizar a prática desde os primeiros semestres para que os licenciandos vivam o espaço escolar com todas as pressões que este possui, dessa maneira possam desenvolver saberes e fazeres da profissão (GONÇALVES, 2000).

No período que estive como discente do curso, percebia que componentes curriculares que tínhamos, as disciplinas, funcionavam como requisito para cursar as outras disciplinas dos semestres seguintes, um percurso formativo nitidamente centrado no acúmulo de conhecimentos químicos ao longo do curso.

As atividades de estágio supervisionado iniciam somente no quinto semestre do curso, sendo um em cada bloco de disciplinas semestrais, a partir de então. Esses estágios devem ser praticados dentro de espaços escolares, e normalmente são atividades de observação, onde “(...) terá como objetivo oferecer a(o) futura(o) licenciada(o) um conhecimento da real situação de trabalho em escolas do sistema de ensino.” (Universidade Federal do Pará, 2010, p. 13). Essas atividades acontecem no último ano do ensino fundamental e nas três séries do ensino médio, sendo acompanhado por professores das escolas. Ao lembrar o meu estágio, o que vi e vivi nessa disciplina foi uma preocupação exacerbada com a documentação relativa ao espaço escolar. Entendo a necessidade de documentarmos nossas atividades para ter respaldo institucional no que fazemos. No entanto, o que vi foi pouca reflexão sobre o que efetivamente acontecia nas aulas de química da escola.

As outras componentes acontecem da mesma forma: desarticuladas. O que é da química específica não tem relação (pelo menos essa relação não é feita durante as aulas) com a prática nem com a formação docente. E dentro das disciplinas pedagógicas aprendemos

⁵ Nota: aqui estou me referindo aos espaços de estágios não obrigatórios, pois entendo que a formação inicial deve oportunizar a licenciandos experiências em futuros locais de atuação desde os primeiros semestres, como destacam Gonçalves (2000) e Nunes (2016; 2021), que também respalda em Pimenta (2004) ao dizer que a formação do professor é prática.

⁶ Nota: Atualmente existe um programa de bolsas que visa fazer a iniciação docente no espaço escolar o PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência), no entanto durante meu percurso formativo não participei desse programa. Além disso, existe outro programa o PRP (Programa Residência Pedagógica) que também leva os licenciandos para a escola.

muito sobre educação e ensino, mas pouco sobre práticas simuladas, ou articulação com os programas como Programa Institucional de Iniciação à Docência (PIBID), Programa Institucional de Residência Pedagógica (RP) ou outros.

Ao entender esses processos no âmbito do curso, percebi que eu não teria uma boa formação docente se dependesse somente do curso, por todas as questões curriculares e das práticas que vi nas disciplinas. A seguir narro um pouco mais da minha vivência no curso para exemplificar isso.

Vivendo a licenciatura em química

Minha entrada na licenciatura aconteceu no ano de 2015, quando obtive aprovação para uma vaga do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal do Pará. Após as formalidades cadastrais, aconteceram momentos de acolhimento dos calouros do curso, promovidos por discentes de turmas de anos anteriores. Com eles, tive contato direto com pesquisadores do bacharelado, com alguns professores aposentados e com outros licenciandos. Lembro que em duas ocasiões pesquisas na área da Educação em Ciências (Química) foram ligeiramente mencionadas, e foram apresentados alguns projetos de extensão voltados para o ensino, recordo-me do NASTRO (Núcleo de Astronomia da UFPA) e outro que falava sobre um projeto no qual se elaborava letras de músicas para facilitar a assimilação de conceitos de químicos para o Ensino Médio. Além disso, participei de um momento de apresentação de experimentos curiosos, feitos em uma sala de aula por alguns licenciandos veteranos. Eles executaram esses experimentos, prendendo nossa atenção. Isso deu certo! Mas foi por pouco tempo...

Recordo-me que quando tive aulas em laboratório, sempre havia uma receita que ditava o que devia ser feito, sem aparente reflexão sobre o que estava ocorrendo ou sem explicitar adequadamente a relação entre o fenômeno realizado e o cotidiano, a base eram os roteiros: mostravam como a atividade deveria acontecer. Cada experimento realizado era anotado, tinha as quantidades e os resultados obtidos, tudo anotado. Com essas anotações deveríamos construir um relatório que do que havia ocorrido durante os experimentos, ou durante uma aula os professores lembravam: "... lembram-se do que nós fizemos no laboratório? Pois é, naquele dia nós comprovamos a lei...". Lembro também, durante todo o percurso, de vários momentos que chamaram minha atenção dentro do laboratório, ficavam

explícitas as intenções do trabalho laboratorial que vivi (experiência pela experiência, comprovar uma teoria, visualização, descoberta e afins).

Na primeira metade⁷ do curso, avalio as experiências de laboratório de ensino, de maneira a mecanizar procedimentos, ou seja, seguir o que estava escrito a risca, observar o que acontecia para uma aplicação posterior em uma prova. Nestas aulas, o procedimento foi quase sempre o mesmo: ler o guia com antecedência, seguir o passo-a-passo dos experimentos, fazer as anotações e entregar o relatório na semana seguinte. Mas penso que o ensino não deve ser dessa maneira, nesse sentido, concordando com Silva e Zanon (2000), acredito que realizar atividades experimentais não se restringe a visualizar, ou enxergar, ou ainda aplicar o que foi visto anteriormente. Com a experimentação abrimos uma ponte para o processo de ensino-aprendizagem, pois confrontamos informações, anteriormente vistas (sejam elas de sala de aula ou de fontes externas) com um fenômeno, nesse ponto o estudante pode experimentar sensorialmente algo.

O papel que a experimentação assume nesse tipo de prática é pouco formativo do ponto de vista da formação docente, pois retira pontos essenciais do trabalho prático. Além disso, Hodson (1994, p. 304) nos diz que:

Os estudantes as vezes sofrem uma sobrecarga de informação e ficam incapacitados de perceber claramente um sinal de aprendizagem:

- Adotar um enfoque de receita, seguindo simplesmente as instruções passo a passo.
- Concentrar-se em **um único** aspecto do experimento, com a ilusão de excluir o resto.
- Mostrar um comportamento aleatório que lhes faz estar muito ocupados sem ter nada que fazer.
- Olhar ao seu redor para copiar o que os demais estão fazendo.
- Tornar-se ajudante em um grupo organizado e dirigido por outros companheiros.

(tradução livre)

Ou seja, as circunstâncias que as práticas laboratoriais desse tipo acontecem favorecem somente uma sobrecarga de conceitos, sem permitir as aprendizagens possíveis e necessárias nesses contextos.

Nessa época, eu não entendia o potencial e a necessidade de pesquisa na área da Educação em Ciências (Química), pensava que pesquisa em Ciências/Química só se fazia dentro dos laboratórios das áreas específicas. Contudo, minhas ideias foram se modificando

⁷ Nota: para efeito de organização deste texto, divido o itinerário da licenciatura em dois momentos: a primeira metade, onde não temos estágios, e a segunda metade onde estão presentes as atividades de estágio supervisionado. Não pretendo me ater a outros momentos do curso.

com as vivências no Clube de Ciências da Universidade Federal do Pará (CCIUFPA), um espaço que segundo Nunes (2016; 2021) e Gonçalves (2000) oportuniza a licenciandos, praticar a docência desde os primeiros semestres do curso. Após saber de forma resumida dos objetivos do projeto, procurei fazer parte daquele espaço, pois queria desenvolver experiência em sala de aula. Embora, na época, lembro que se surgisse uma oportunidade de participar como bolsista de um laboratório da química específica eu iria.

Segundo Gatti et al. (2019), a formação de professores no Brasil ainda acontece com base em um racionalismo técnico, somado a um modelo academicista tradicional. Técnico, pois considera o professor como aplicador de técnicas científicas desenvolvidas por outros, além disso, é academicista por pressupor erroneamente que o professor não produz conhecimento, em razão disso deve usar o que outros produziram. Assim,

(...) com base nesse modelo, os currículos de formação profissional tendem a separar o mundo acadêmico do mundo da prática. Por isso, procuram propiciar um sólido conhecimento básico-teórico no início do curso com a subsequente introdução de disciplinas de ciências aplicadas desse conhecimento para, ao final, chegarem à prática profissional (...) (SCHNETZLER, 2000, p. 21)

Mas qual o problema de tudo isso? Essa formação considera que a prática docente irá lidar com: “(...) soluções disponíveis a problemas já formulados, escolhendo entre os meios disponíveis o que melhor se adequar aos fins previstos” (CONTRERAS, 2002, p. 97). No entanto, a prática docente é um confronto de realidades complexas, que não podem ser entendidas simplesmente por sua expressão em sala, pois existe uma série de outros fatores que podem ser responsáveis por essa expressão (CONTRERAS, 2002).

Não quero menosprezar a importância dos saberes específicos, e dos equipamentos envolvidos. No entanto, defendo, como uma das motivações desse texto, que a formação dos professores deve incluir saberes e práticas que sejam direcionadas à uma prática docente comprometida com a formação cidadã.

Dessa maneira entendo que essa visão deveria ser desenvolvida nos professores desde a formação inicial, e desde os primeiros semestres, já que, para ensinar lidamos com pessoas, com jovens, com crianças e com adultos, nesse momento devemos saber como um experimento é montado, quais conceitos e conhecimentos teóricos explicam o fenômeno naquele recorte de realidade. Entretanto, também é extremamente necessário sabermos lidar com as pessoas, e com suas realidades, sabermos mostrar a relevância de tais conhecimentos, e como isso pode transformar a vida dessas pessoas. Daí a importância do educador se

preocupar com as condições sociais que permeiam o processo de ensino, pois essas condições influenciam o ensino, da mesma forma que essas condições podem vir a ser modificadas dependendo de como se deu, ou como se dá, esse processo de ensino (FREIRE, 2016).

Penso que as questões sociais são vitais no processo de aprendizagem, pois concordo com Cachapuz, Praia e Jorge (2002), quando dizem que:

a interação do indivíduo com o meio social como uma componente determinante no seu funcionamento cognitivo. (...) a verdadeira direção do desenvolvimento não vai do individual para o social, mas do social para o individual. De um processo de natureza interpessoal passa-se progressivamente para um processo de atividade individual, (...) (p. 118)

A compreensão do processo de aprendizagem deve considerar esses aspectos, pois se queremos, como professores, promover uma formação cidadã temos de ver a aprendizagem como social, e não exclusivamente individual.

Esse entendimento do social e individual foi importante na prática antecipada que vivi na experiência do Clube de Ciências; tais experiências me fizeram na graduação, ver os guias nos laboratórios como artefatos que são muito valorizados, mas que tem pouco a ensinar, além de terem uma forte relação com práticas que reforçam a visão de que a Ciência é externa ao indivíduo. São muito valorizados na graduação, e são muito valorizados na Educação Básica. Silva e Zanon (2000, p. 121) mostram isso, ao dizerem que “(...) o empiricismo-indutivismo é amplamente dominante, nos contextos das escolas (...)”.

Ora, existem momentos em que os guias são realmente necessários para determinados públicos, se estivermos falando sobre cuidados de primeiros socorros, protocolos para técnicas de laboratório ou mesmo para trabalhadores da indústria química. Mas formar os professores de Ciências, nesse caso específico de Química, na perspectiva da racionalidade técnica é condenar a formação de milhares de crianças e jovens a esse modelo hegemônico de formação que não forma para a vida em sociedade (GATTI et al., 2019).

Assim as percepções que iniciaram esse texto, sobre a forma que as disciplinas experimentais do curso acontecem, foram se constituindo na interface de planejar uma aula no CCIUFPA, refletir sobre e assistir aulas na graduação, pensando em como aquela aula contribuía para a minha formação, me fez questionar naquele tempo: por que estamos vendo isso? No que esse conhecimento vai me ajudar em sala de aula? Qual a relação dessa prática com as nossas vidas e com a prática docente? Poucos docentes tentaram responder alguma delas, os outros me disseram para ter atenção na aula, para não reprovar. Hoje olho para esses

momentos e busco compreender e evidenciar processos formativos, como destaque a seguir com uma vivência na licenciatura.

Figura 1 – procedimento de separação analítica de mistura



Fonte: o autor (2016)

A Figura 1 é a fotografia de um experimento demonstrativo realizado em uma aula de laboratório durante minha formação inicial do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal do Pará. Fotografei um momento de uma aula experimental do ano de 2016, em que fazíamos a análise de um determinado grupo de espécies químicas que estavam misturadas em formatos sólidos e líquidos, nosso trabalho era seguir um roteiro que nos informava sobre o que fazer a cada momento.

Essa aula era relativa à componente “Laboratório de Química Analítica”, que ocorriam entre três e quatro tempos de aula seguidos por semana. Penso que a disciplina visava apresentar os processos básicos de análise química qualitativa. Resumidamente, íamos ao laboratório fazer processos químicos de análise e identificação de substâncias, cátions e ânions que eram preparados previamente pelo docente da disciplina. Essa disciplina é do 3º bloco de componentes da estrutura curricular do curso. Antes desse bloco tive contato com o laboratório, no 1º bloco, do curso de Química Licenciatura, na disciplina de Química Geral Experimental. Nessa aula de laboratório, deveríamos aprender coisas básicas como regras de segurança e as vidrarias de laboratório, procedimentos como titulação e separação de misturas e alguns fundamentos da prática em laboratório como atenção ao resultado do experimento, lavagem de vidrarias e postura/attitudes dentro do laboratório.

O professor divulgava, no sistema de gestão de atividades acadêmicas (SIGAA), um roteiro da aula. Antes das aulas nós devíamos fazer o *download* do roteiro experimental que deveria ser seguido, e ler esse roteiro para ter noção do que aconteceria em aula, já podíamos ir pensando em qual era a mistura, que nós não conhecíamos que seria separada, como podíamos ler o procedimento que seria feito, podíamos imaginar as possíveis substâncias a serem trabalhadas.

Entendo que essas aulas eram problemáticas, pois como descreve Schnetzler (2000, p. 15),

comprovações e/ou ilustrações de teorias são deixadas para as ditas '*aulas de laboratório*', que geralmente vêm a construir uma outra disciplina nas quais ainda prevalecem as aulas práticas de tipo "receituário", que reforçam a ideia de que "a experiência deu errado" se o resultado mostrar-se distinto do previamente indicado no objetivo da atividade experimental. (grifos da autora)

Ou seja, seguíamos uma receita que tinha um objetivo, desconhecido por nós, e chegamos a resultados, pouco significativos e inquestionáveis. E isso se repete em todas as disciplinas de laboratório do curso.

É estranho pensar, com os olhos de hoje, nessa visão de que a experiência "deu certa ou errada". Atualmente tenho consciência dos problemas da crença uma verdade científica absoluta e inquestionável. Sei as evidências empíricas podem ser interpretadas de diferentes formas e que a teoria científica vigente em determinada época é aquela que, apoiada em regras lógicas, possui o maior número de evidências empíricas a favor e o menor número de evidências empíricas contrárias (BOYD, 1983; BRABO, 2021).

Estarmos trajados de jalecos, no espaço fechado, manipulando vidros, reagentes, equipamentos e outros materiais e pensarmos: "finalmente estamos sendo químicos" ou "finalmente a gente está estudando química na prática". Viver o laboratório era algo novo, nos termos que estávamos vivenciando. Era novo para muitos, e único para todos. Aquele era um espaço em que dava pra ser o "cientista maluco"; "o químico das séries televisivas"; "ser químico tem algo de especial, no laboratório vamos sentir isso". Era o momento em que experimentávamos o trabalho prático da química, vendo fenômenos macroscópicos apenas imaginados, conhecia-se além dos aspectos teórico e de representação. Porém os formadores esquecem que naqueles momentos estão formando os futuros professores, onde poderiam ser mais estimulados a refletir e fazer diferente.

O curso reforçava, por meio de suas disciplinas, uma visão distorcida de Ciência e de quem é o cientista (PORTUGAL; BROIETTI, 2020). Penso isso, pois em todas as disciplinas práticas devíamos apenas dizer o que estava acontecendo no experimento, sem que houvesse reflexão, nas disciplinas teóricas tinha-se uma linearidade do conhecimento que era ministrado.

O interessante, é que a atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira – LDB (BRASIL, 1996) dispõem que uma das finalidades do ensino superior é o desenvolvimento do espírito científico, que penso, com base em Bachelard (1996), ser a atitude de problematizar e matematizar observações. Por isso, é interessante perceber que o curso não problematiza as concepções distorcidas de Ciência, muito menos com a formação do espírito científico. Sobre isso Maldaner (2000, p. 63) diz que:

Na forma da prática atual, em que os conhecimentos trabalhados nas disciplinas científicas são tidas como verdades e expressão de uma realidade objetiva externa, acabam prevalecendo as concepções tácitas, com base em crenças e formulações não críticas do que seja a ciência e seu significado no mundo contemporâneo. E isso tende a se perpetuar nos processos educativos formais, pois os professores trazem a sua concepção de ciência para o contexto do ensino (...).

Explicito que minha compreensão acerca da entrada no ciclo universitário é de que acontece um maravilhamento na vida das pessoas, quem inicia a faculdade vive uma “modernidade”, por isso penso ser normal tecer essa reflexão quando começamos um curso de graduação. No entanto, assumir um compromisso com a formação cidadã, cria a necessidade de formar professores que compreendam “(...) o conhecimento que produzem insere-se em um esquema conceitual amplo e que o controle das respostas às interrogações da natureza só é possível porque há construções teóricas anteriores de que se valem.” (MALDANER, 2000, p. 68). Sem a compreensão de que a Ciência é um constructo nosso, e não uma entidade externa ao ser humano, não há condições para uma prática libertadora (FREIRE, 2016).

Outro ponto importante desse processo é a visão que se cria do trabalho experimental. Hodson (1994, p. 306), nos diz:

Além disso, muitas vezes durante as aulas de ciências na escola, é muito difícil separar os conceitos abstratos fundamentais que procuramos dos efeitos observáveis: o movimento browniano como prova do movimento aleatório das moléculas, a mudança de cor durante a diluição progressiva de uma solução de manganato de potássio (VII) como evidência da existência de partículas, o "comportamento" da limalha de ferro como evidência da existência de linhas magnéticas de força,

Ou seja, a ideia de visualizar os conceitos estudados em nível teórico não iria se realizar e nem poderia! Já que, no laboratório não vemos os fenômenos microscópicos. Para Silva e Zanon (2000, p. 121),

a prevalência dessa visão de que a ciência *‘está na realidade, a espera de ser descoberta’* é um indicio de que o empiricismo-indutivismo é amplamente dominante, nos contextos das escolas, em detrimento da valoração da capacidade criadora do sujeito que se transforma ao transformar/criar o real colocado em discussão.” (grifo das autoras)

O problema de aulas experimentais como essa, é que ela reforça essas visões distorcidas de Ciência, da função da Ciência, do trabalho do cientista entre outros, por colocar os estudantes como observadores que terão suas próprias conclusões acerca do que está sendo visto, desconsiderando intervenções do meio.

Cada parte da marcha analítica era dividida pelo grupo de licenciandos, tínhamos quase uma linha de produção, na qual cada um era responsável por uma parte. Todos os licenciandos deviam tirar fotografias do experimento, anotar tanto o que acontecia quanto as dicas da professora, pois seria útil para a elaboração do relatório referente a aula.

Assim, apesar de estarmos com a “mão na massa” o trabalho do laboratório é pouco formativo. Isso se deve a desarticulação entre os conceitos específicos em primeiro lugar. Posteriormente, isso se relaciona com a desarticulação com os saberes pedagógicos. Hodson (1994, p. 306) fala que,

(...), mesmo que os estudantes percebam o laboratório como um lugar onde estão ativos (no sentido de estar fazendo algo) muitos são incapazes de estabelecer a conexão entre o que estão fazendo e o que estão aprendendo (tanto em termos de conhecimentos conceituais como de conhecimentos relativos ao procedimento).

Nesse sentido, como não existe mediação docente “que faz intervenções indispensáveis aos processos de ensinar-aprender ciências que promovem o conhecimento e as potencialidades humanas” (SILVA; ZANON, 2000, p. 121), fica a cargo de o estudante pensar e construir algum conceito sobre o que é visualizado, condizente ou deformado. Além disso, sem que o licenciando tenha contato com essa ação mediadora em sua formação inicial, fica sem parâmetros de como mediar algo em sala.

Isso tudo está ligado a um problema maior, o currículo da formação. Essa é a razão para que durante a aula, não se crie relações entre o que foi estudado em outros momentos, muito provavelmente não se criará relação sobre a atuação docente na Educação Básica. Sobre essa desarticulação Schnetzler (2000, p. 22) diz,

Como decorrência dessa estrutura curricular, tem-se vários níveis de desarticulação, a saber: i) entre as disciplinas específicas e as pedagógicas; ii) entre as disciplinas de conteúdo específico como um todo e destas com o ensino de química, física e biologia na escola média e fundamental (...).”

Gatti et al. (2019) caracterizam essa desarticulação da seguinte forma

os cursos de formação de professores foram divididos em duas partes. Na primeira, ensinavam-se as teorias e técnicas de ensino, que eram apresentados como saberes científicos. Na segunda, os futuros professores realizavam, numa prática real ou simulada, a aplicação dessas teorias e técnicas.

Percebe-se que a desarticulação construída priorizando determinados saberes em detrimento de outros. Como resultado os professores de Química, formados, continuam utilizando a experimentação como uma receita que deve ser aplicada para se chegar sempre a um mesmo resultado (certo) do roteiro. Criando uma falsa ideia de linearidade na Ciência e de que o conhecimento é advento da simples observação.

Depois de algumas práticas de laboratório o meu interesse inicial pela disciplina não era mais o mesmo. Acontece que no meio do período dessa componente, minha empolgação se encerrou e deu lugar a dúvidas do tipo: como esses processos poderiam ajudar a nossa prática e formação docente? Nossas aulas não evoluíram daquilo que começaram, tinham a mesma dinâmica do início da disciplina quando ingressei no curso, fazendo inúmeros processos analíticos que visavam separar cada uma das espécies que compunham uma mistura, a qual nunca tinha visto, nem tido contato, porém não traziam significados para minha formação como professor.

Entendo as aulas que tive como sendo um “ensino por transmissão” que Cachapuz, Praia e Jorge (2002) definem que:

As matérias constituem-se num fim em si mesmo, como algo de verdade absoluta, em que o conhecimento científico é considerado como sempre certo e inquestionável (...). O professor apresenta a matéria através de uma imensa massa de informação que debita, sem a intencionalidade de provocar articulações horizontais e verticais e dispensando ajudar os alunos a relacionar os elementos entre si. Parece que os factos não se interligam, que o anterior tem pouco a ver com a seguinte. (p. 144).

As aulas tinham o foco no roteiro, lidávamos com os mesmos aspectos, os processos eram parecidos e descontextualizados. Como podemos esperar que professores formados nesses termos, tenham condições de promover uma formação cidadã em suas práticas? Se o professor não é ensinado a considerar os aspectos sociais e cotidianos que interferem em sua vida, como acadêmico, isto é, quando formado ele não terá subsídios para fazê-lo, isso tudo

porque sua formação se ocupou em ensinar técnicas de laboratórios e conhecimentos específicos desconectados da realidade, e das necessidades educacionais da educação básica.

Como aquelas aulas poderiam ajudar em minha prática futura? Entendo que o objetivo da disciplina era ensinar a fazer uma análise química dentro do laboratório, e acredito que isso foi aprendido (naquele contexto, aprendemos alguma coisa de todos aqueles ensaios). Todavia, éramos licenciandos, compreendo que nossa formação deveria ser direcionada para a prática docente, não para o trabalho de um perito ou um técnico de bancada.

Considero que tudo pode ser utilizado em algum momento de alguma forma, mas assevero que nos termos em que essa e muitas outras disciplinas foram ministradas, a formação favorecida é dos profissionais citados e não de um professor que tenha compromisso com a formação cidadã, bem como destaca Nunes (2021).

Felizmente, vivenciei minha formação inicial concomitantemente a um estágio docente no Clube de Ciências da UFPA (CCIUFPA), que é um laboratório didático pedagógico, onde podemos experimentar a docência de forma antecipada, em parceria e assistida (GONÇALVES, 2000). Por essas formações que vivi nesses dois espaços, me constituí como docente de Química. Por conta disto, aprendi a questionar e refletir sobre o que acontecia durante meu curso de graduação, como as componentes poderiam ajudar em minha formação e, se não fosse contribuir de alguma forma, tentava entender o motivo de ser e de estar no processo.

Como as vivências não são estáticas, aprendi a fazer um movimento inverso: de levar conhecimentos que julguei interessantes da graduação para a prática docente no CCIUFPA. Como uma das características do referido projeto é trabalhar com as curiosidades dos estudantes, identifiquei perguntas e dúvidas que poderiam ser investigadas e que tinham relação com algo do que era trabalhado na graduação, para isso, havia necessidade de fazer adaptações com relação ao nível educacional, e a realidade do espaço, algo que não fui provocado no curso e tive oportunidade de viver no CCIUFPA. Por isso, posso afirmar que houve situações em que utilizei aspectos ou ideias que foram trabalhados durante o curso de Química Licenciatura como essa disciplina de Química Analítica em aulas do CCIUFPA, por exemplo, numa pesquisa sobre a cor do solo como indicador de fertilidade.

O Clube de Ciências da Universidade Federal do Pará: a imersão na vida docente

Como mencionado anteriormente, o Clube de Ciências da UFPA (CCIUFPA), é um espaço formativo do qual fiz parte durante quase toda minha graduação. Lembro que logo depois de ter iniciado as aulas do curso de graduação, duas colegas me falaram do espaço e despertaram minha curiosidade, pois eu nunca tinha ouvido a expressão “investigação” no contexto do ensino.

Movido por curiosidade fui conversar com o coordenador do CCIUFPA, que me explicou de forma muito resumida o que se fazia lá. Gostei e comecei a participar como professor estagiário, vivendo a partir daquele momento a prática antecipada a formação (GONÇALVES, 2000; NUNES, 2016; 2021; PAIXÃO, 2008).

Posso dizer que o CCIUFPA se configura como um espaço institucional, que funciona como subunidade do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, no qual licenciandos das diferentes áreas do saber e estudantes da educação básica vivenciam a iniciação científica por meio de práticas investigativas. Nesse espaço podem participar acadêmicos de quaisquer cursos de graduação das diferentes universidades do estado do Pará e estudantes da educação básica regularmente matriculados em escolas públicas ou privadas. No início de cada ano, graduandos, das universidades e centros universitários públicos e particulares do estado, se inscrevem para participar do Ciclo de Formação de novos Professores Estagiários, termo utilizado para se referir aos licenciandos que participam do CCIUFPA.

No ato da inscrição, cada licenciando diz em quais turmas deseja atuar, no caso, o ano e faixa etária que deseja praticar a docência. Além disso, é pedido que na inscrição o participante informe qual sua disponibilidade de horário na semana, para a formação das equipes, isto porque, as equipes se reúnem duas vezes durante a semana para planejarem as atividades a serem desenvolvidas nas manhãs de sábado. Após as inscrições, no dia marcado, eles participam do Ciclo de Formação.

Nessa formação, acontece o contato inicial com o espaço, por meio de palestras e oficinas, são apresentadas aos novos professores estagiários características do espaço, como os dias e horários das aulas, que acontecem aos sábados, das 8h às 12h da manhã, a necessidade das reuniões de planejamento, que ocorrem em dois dias durante a semana e nelas a equipe de estagiários planeja o que vai acontecer na aula de sábado e o processo vivido nas reuniões, como o refletir sobre a prática, seus pares e sobre si, como destaca Nunes (2016).

Além disso, também são apresentadas as características pedagógicas do espaço, como a estratégia de ensino utilizada, um pouco da história do CCIUFPA e das experiências de outros professores estagiários. Após as palestras e oficinas, as equipes de estagiários serão formadas para trabalharem durante um ano letivo no CCIUFPA, que normalmente vai de março até dezembro, com recesso em julho.

Dessa maneira, é formada as equipes de professores estagiários que atuam nas turmas de estudantes da educação básica, os sócios mirins como são chamados. Agora, na condição de professores estagiários os graduandos desenvolvem e orientam atividades de ensino e investigação em equipe, ou seja, de forma conjunta.

Aqui já aparecem duas características importantíssimas para minha formação, a primeira é que quando ingressei no CCIUFPA passei experimentar a prática pedagógica antes do estágio supervisionado do curso e antes de estar formado, isto segundo Gonçalves (2000, p. 33) é uma

(...) necessidade de formação por vários docentes universitários e alguns autores, como ÂNGULO (1990) seria também um momento de o estudante imergir numa experiência inovadora de ensino, formando novos referenciais acerca das relações de imbricação de ensino-aprendizagem-conhecimento.

Esse exercício de ser professor antes de realizar os estágios supervisionados do curso, e antes de formado, foi importante para mim, pois eu consegui perceber aspectos da sala de aula sem as pressões e formalidades de uma escola regular: não havia um conteúdo programático, nem havia necessidade de se preocupar com uma prova. A perspectiva assumida era o aprender fazendo (GONÇALVES, 2000).

A segunda característica é que não se entra em sala de aula sozinho, nem se desenvolve algo para ser trabalhado sozinho, a equipe está ali numa parceria formativa que, segundo Nunes (2016, p.82), é

(...) interação com colegas e/ou professores estagiários experientes, assim como também com os estudantes da educação básica atendidos pelo [Clube de Ciências]. Essa interação com seus pares oportuniza aos professores estagiários, refletir sobre sua prática por meio dos *feedbacks* que recebe dos demais professores estagiários (...)

Há ainda outra característica, a equipe recebe orientações de professores da educação básica (advindos de um convênio entre o IEMCI/UFPA e a Secretaria de Educação do Estado do Pará - SEDUC). Eles orientam as atividades e planejamentos dos professores estagiários, fornecendo textos, avaliando e refletindo conjuntamente sobre as práticas para auxiliar na formação de cada um.

Ao que se refere aos estudantes da educação básica, que compõem as turmas, no Clube de Ciências, os chamados sócios-mirins, são crianças e jovens na faixa etária dos 6 (seis) aos 18 (dezoito) anos de idade, que podem participar do CCIUFPA desde que estejam regularmente matriculados em alguma escola da rede pública ou particular. No início de cada ano são formadas as turmas de estudantes da educação básica, que fazem a inscrição no espaço. Para que essas inscrições aconteçam, os estagiários fazem divulgação nas escolas e centros comunitários dos bairros próximos, que rodeiam o campus universitário do Guamá, nessas divulgações, os estagiários entram em contato com as realidades de cada escola, das necessidades e carências que existem.

Cada criança interessada é inscrita em uma turma, de acordo com a série/ano que cursa na escola e a idade. Na época que atuei como professor-estagiário no CCIUFPA, a configuração das turmas era feita da seguinte maneira: eram formadas 9 (nove) turmas, sendo: 1º, 2º, 3º, 4º e 5º anos, depois por uma questão de limitações de espaço-físico, existiam mais 4 (quatro) turmas de ensino fundamental maior, sendo duas: 6º e 7º ano (A e B) e duas 8º e 9º ano, e mais 1 (uma) turma do Ensino Médio. A partir da turma do 6º e 7º anos, os estudantes de faixas etárias próximas, cerca de 1 ano de diferença eram reunidos em uma mesma turma, desde o 6º e 7º ano até o Ens. Médio. No entanto, essa junção de anos escolares, não prejudicava o trabalho dos estagiários, pois como as idades dos alunos eram próximas e os conhecimentos prévios dessas crianças também, não havia muitas diferenças e dificuldades. Ao contrário, isso permite que crianças de idades próximas convivessem e trabalhassem juntas, trocando experiências e conhecimentos, se desenvolvendo nesse processo. Isto permitia que os professores-estagiários percebessem o quanto o estudante podia aprender conversando ou trocando experiências com alguém mais experiente.

O CCIUFPA oportuniza o exercício da docência antecipada de forma assistida e em parceria que pode ser entendida, segundo Gonçalves (2000, p. 154 – 155) como:

(...) uma formação compartilhada, em que os sujeitos se formam na interação com seus pares e seus alunos (FRIZZO, 1999), com a oportunidade de refletir sobre a sua própria prática, recebendo *feedback* não só de seu parceiro, como do professor-formador responsável pelo grupo e pelo próprio grupo de que participa.

Outra característica do CCIUFPA importante de ser comentada, é o fato de não trabalhar com conteúdos programáticos, dessa forma, trabalhávamos com as curiosidades dos estudantes, aspectos do cotidiano deles que chamassem atenção e que eles considerassem interessantes de seres investigados. Por isso, uma das primeiras situações que os estagiários tinham que lidar era: “como elaborar uma aula que seja atrativa para um grupo de sócios-

mirins que não se conhecem?”, cada equipe lida com essa situação em grupo, a equipe da qual participei pensou em relacionar aspectos cotidianos com apresentações e relacionar isso com Ciências.

Lembro que em 2017 participava como estagiário na turma do 8º e 9º ano, já era meu terceiro ano vivendo o Clube de Ciências. A minha equipe de estagiários tinha dois professores estagiários mais experientes e um professor-formador que era doutorando de um dos programas de Pós-graduação do IEMCI.

Planejamos a aula investigando a pergunta: como as nuvens se formam? Esta pergunta estava entre os registros escritos pelos sócios-mirins, sobre seus interesses de pesquisa. Assim iniciamos o encontro fazendo algumas provocações para os estudantes sobre como eles achavam que as nuvens se formavam. Perguntas como: do que são feitas as nuvens? Se as nuvens são feitas de água, de onde essa água vem? Como essa água foi parar no céu? Depois de termos discutido sobre isso, anotamos no quadro as frases que os sócios-mirins tinham dito, para dar continuidade na aula.

Dividimos a turma em dois grandes grupos, e cada grupo fez um experimento. O experimento foi pensado pela equipe de professores, tendo base somente no ato cotidiano de ferver água, e elaborado pelos estudantes com orientações dos professores estagiários. O experimento consistia em dois balões volumétricos com água e em um deles aquecemos a água, utilizando uma manta aquecedora e em outro resfriamos usando gelo e uma caixa térmica de isopor. Cada balão volumétrico tinha capacidade para 1 litro de água, e ambos foram preenchidos até a metade, 500 ml de água. Ao mesmo tempo um era colocado na manta aquecedora para ser aquecido o outro era mergulhado na água fria. Com esse experimento investigávamos o processo de evaporação da água, para que os sócios mirins pensassem no papel do calor em aquecer a água para que, depois da mudança de estado físico, ela “subisse” aos céus. Ressalto que esse experimento foi construído pela interação entre professores e estudantes, sem precisar de um roteiro, aqueles que utilizávamos nas aulas experimentais do curso de Química.

Durante e após o procedimento discutimos sobre o que havia sido trabalhado ao mesmo tempo em que montamos um mapa conceitual⁸ junto com os estudantes. Eles diziam as palavras ou frases que consideravam mais importantes, e explicavam quais relações percebiam entre essas palavras.

⁸ Nota: chama de mapa conceitual o esquema em duas dimensões que expressa relações entre conceitos utilizando a hierarquização como estratégia de ordenamento (MOREIRA; MASINI, 2016)

Ao final da aula, foi possível construir respostas ao questionamento inicial da aula. Nesse processo também surgiram novos questionamentos, que nos levaram a outros direcionamentos nas aulas seguintes.

Sabendo que as nuvens são formadas por meio da evaporação das águas da superfície de nosso planeta, as hipóteses formadas pelos estudantes focavam neste aspecto, na evaporação. Consideramos que foi bom trabalhar dessa maneira, pois na aula os sócios-mirins construíram a relação entre o aquecimento das águas, evaporação e formação dos conjuntos de partículas em suspensão.

Como os sócios tinham interesse em pesquisar como as nuvens se formavam, elaboramos aulas seguintes, construindo um percurso investigativo, para contemplar o interesse deles e construir conhecimento sobre o papel do calor na evaporação das partículas de água que formam das nuvens, ou seja, valorizávamos a curiosidade dos estudantes para balizar as aulas que planejávamos. Algo que também ressalto é a relação entre o conhecimento científico com o cotidiano dos estudantes, podendo alcançar dessa maneira a formação cidadã.

Lembro depois desse encontro, vendo algumas fotografias da aula, percebi um fato que achei interessante, quando os sócios-mirins disseram as palavras mais importantes da aula e como eles relacionavam essas palavras, eles descreveram algo que nos está descrito em livros como sendo a Lei de Charles. Nas palavras dos estudantes: “as partículas do vapor precisam de mais espaço do que as partículas da água que ficam mais juntas” e “o ar quente expande e precisa de mais espaço para ocupar, e como o balão está na tampa da garrafa ele se enche. No caso do ar frio acontece ao contrário o ar contrai/comprime/fica mais junto e suga o balão pra dentro da garrafa”. Atribuo isso a dois fatores: a interação dentro da sala e os esquemas conceituais montados em conjunto. Não posso dizer que o estudante enunciou uma lei, no entanto, a compreensão que tenho é que as relações feitas neste processo podem ser entendidas, da mesma forma da chamada Lei de Charles.

Posso dizer que presenciei e participei do uso de um experimento investigativo. Isso foi muito positivo para minha formação, pois não seguimos uma simples receita do que fazer e quando fazer, mas oportunizávamos aos estudantes criarem, refletirem e construïrem suas respostas.

No momento em que essa prática aconteceu, eu ainda tinha a visão de que existia uma necessidade de enquadrar os conceitos científicos e delimitar qual o melhor momento para se trabalhar cada um deles. Como se a Ciência pudesse ser organizada em caixinhas e que em

cada momento iremos abrir e estudar uma caixinha diferente, o que não é dessa caixinha também não pode ser trabalhado nesse momento. Depois dessa prática comecei a perceber que com um problema de investigação, pode-se estudar os conceitos de maneira interdisciplinar (ZANON; HAMES; SANGIOGO, 2012).

Hoje, entendo que não existe a necessidade de enquadramentos muito rígidos, pois cada conceito pode ser trabalhado de uma forma diferente usando recursos diferentes para momentos diferentes. Tudo isso possui uma relação muito mais sócio interativa do que simplesmente cognitiva; em minha formação vi o potencial dos conhecimentos estudantis, dentro e fora de sala.

O CCIUFPA me permitiu observar de forma prática alguns problemas que são debatidos em sala de aula, tanto na graduação como na pós-graduação, perceber ou até mesmo concordar em alguns aspectos. Também tive a oportunidade de vivenciar muitas leituras, muitas discussões do âmbito da graduação no espaço do CCIUFPA, pude perceber de uma forma mais singela e simplificada aquelas leituras e debates, ou seja, pude experienciar de forma simulada e controlada, algumas teorias. Dessa forma, consegui ter noções diferentes do processo de ensino-aprendizagem.

Dessa forma, entendo que o CCIUFPA se constitui como um laboratório didático pedagógico (GONÇALVES, 2000; PAIXÃO, 2008) para graduandos experimentarem a docência. Particpei deste laboratório por 4 (quatro) anos – de 2015 até 2018 – e tive muitas vivências que contribuíram para minha formação docente.

Neste sentido, esse meu percurso formativo, possibilitou-me como professor pensar na necessidade de promover uma formação cidadã (SANTOS; SCHNETZLER, 2010), e a crer que o processo de ensino-aprendizagem de Química tem que ser pensado para além de apenas saber manipular vidrarias de um laboratório. É necessário ir além dos instrumentos e focar no entendimento do mundo e da vida que permeia essas práticas. Comungo da ideia definida por Praia, Gil-Perez e Vilches (2007, p. 150) de que em um ensino que objetiva a formação cidadã, propõem:

planejar a aprendizagem como um trabalho de investigação e de inovação por meio do tratamento de situações problemáticas relevantes para a construção de conhecimentos científicos e a conquista de inovações tecnológicas susceptíveis de satisfazer determinadas necessidades.

Minha vivência em tempos de pandemia evidenciou que promover a formação em nossos espaços de ensino é urgente e necessário. O que vimos acontecer em nosso país durante esse período tem influência do contexto da formação tecnicista em nossas escolas

básicas, que separa conhecimentos, numa fragmentação até cartesiana⁹. Concordo com Santos e Schnetzler (2010, p. 46) quando falam que:

Considerando que cidadania se refere à participação dos indivíduos na sociedade, torna-se evidente que, para o cidadão efetivar a sua participação comunitária, é necessário que ele disponha de informações que estão diretamente vinculadas aos problemas sociais que afetam o cidadão, os quais exigem um posicionamento quanto ao encaminhamento de suas soluções.

Por essa razão defendo a formação cidadã e busco com esta pesquisa contribuir para que a formação dos licenciandos tenha também esta perspectiva, partindo de um problema social para assim criar condições em que o estudante possa construir seus conhecimentos, e após esse processo possa construir opiniões cientificamente embasadas acerca do problema estudado, sabendo os aspectos científicos que estão envolvidos, propondo soluções para as problematizações feitas. Com isso, no próximo capítulo, destaco a fundamentação para a elaboração do produto resultante desta pesquisa.

⁹ Nota: Concordo com Chassot (2018, p. 177) quando chama de “(...) departamentalização do conhecimento (...)”

CONCEITOS RELEVANTES PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA E DO PRODUTO EDUCACIONAL

Se observarmos a realidade educacional do Brasil, vamos perceber que o documento legal que orienta a educação básica nacional é a nova Base Nacional Comum Curricular, segundo seu texto:

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). (BRASIL, 2017, p. 7)

Este documento regulamenta quais competências e aprendizagens que o estudante deve desenvolver durante seu percurso educacional na educação básica (ensino fundamental e médio) e dá os encaminhamentos do que as redes estaduais e escolas podem oferecer para que seus estudantes desenvolvam essas competências e habilidades.

Dito isto, um ponto óbvio precisa ser dito: os futuros professores devem conhecer sobre esse documento. Faz-se necessário também que os futuros professores dominem este documento de modo que possam trabalhar de acordo com o mesmo, e criticá-lo quando houver oportunidade, mostrando eventuais falhas e equívocos, e onde pode e deve ser mudado.

O problema é que, em geral, os cursos de formação de professores demoram para se sintonizarem aos princípios de documentos legais, de modo a preparar o professor para sua atuação futura¹⁰. Geralmente, o que acontece (quando acontece) são incursões pontuais e sem conexão com o resto do curso¹¹. Ou seja, tem-se apenas uma disciplina aonde se vai conhecer de forma superficial os vários documentos que regem a educação nacional (Lei de Diretrizes e Bases da Educação e os principais teóricos que estão por trás da lei). No entanto, depois que esta disciplina encerra-se entramos em um mar de componentes específicas, que não conversam e não estão interessadas em conversar com estas orientações legais.

¹⁰ Nota: neste texto opto por dar foco na formação de professores de química, por isso assumindo-se as realidades descritas em capítulo anterior;

¹¹ Nota: como já foi explicado em capítulo anterior;

De modo que as componentes vão acontecer para ensinar conhecimentos que servem as áreas específicas, sem que este tenha relação com a prática futura do professor. Quantos alunos de licenciatura, durante o curso de graduação, já se fizeram a pergunta: qual a relação entre isso que estudamos e o que eu irei ensinar na educação básica (ensino médio ou fundamental)?

Pois bem, pensando nesse aspecto volto ao documento da BNCC, nele é possível encontrar como um dos encaminhamentos para a prática interdisciplinar, já que o documento cita “(...) a organização curricular do Ensino Médio vigente, com excesso de componentes curriculares, e uma abordagem pedagógica distante das culturas (...)” (BRASIL, 2017, p. 461) como dificuldades para a garantia do direito a educação em nível médio. O que se percebe é que a falta de um trabalho interdisciplinar feito dentro de um contexto cultural são fatores que dificultam a vivência no ensino médio, de modo a promover a relação do conhecimento com o meio social e cultural.

Como já foi explicado no capítulo anterior, durante o curso de formação inicial práticas de ensino interdisciplinares foram quase inexistentes. Com isso, se evidencia uma questão: como o professor de química/ciências vai desenvolver um ensino comprometido com parâmetros da BNCC se a formação inicial oportunizada na graduação não está comprometida com esses direcionamentos?

É dentro deste contexto que passo a olhar para os materiais paradidáticos que estão à disposição dos futuros professores, e dos formadores também, quais são esses materiais? Como eles são? Em que estão pautados?

Para compreender o que aparece nos bancos de dados de trabalhos científicos, procedemos uma pesquisa bibliográfica, escolhemos a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações para revisarmos quais materiais paradidáticos já foram produzidos nos últimos 10 anos, que fossem direcionados aos futuros professores, que tivessem foco no ensino de química e que estivessem pautados nos enfoques CTS.

Para esta pesquisa utilizamos as seguintes palavras-chave: paradidáticos, ensino de química e formação inicial; isso para um filtro de dez anos (2011 – 2020), nessa busca apareceram dois resultados uma dissertação de 2020, e uma tese de 2014 sem relação com o foco da pesquisa. Após isso, optamos por trocar uma das palavras chave, e com essa mudança

ficamos com as palavras: paradidáticos, ensino de química e CTS. Para essa segunda busca não houve resultados que tivessem quaisquer relações com o que é discutido nesse texto.

A falta de pesquisas sobre materiais paradidáticos para cursos de licenciatura em Química nos encorajou a produzir um texto desse tipo, sobre um tema específico de química, para a formação inicial, com conteúdo e atividades mais alinhadas aos preceitos da BNCC e às recomendações da abordagem de ensino CTS.

Assim com base nos referenciais discutidos a seguir, propus um livro paradidático para futuros professores de química, que possui fundamentos científicos e tecnológicos sobre o elemento Mercúrio (Hg) e propõe atividades que podem ser utilizadas por esses futuros professores em suas práticas em sala. Nossa expectativa é de que esse material contribua para o embasamento de licenciandos e formadores de professores sobre o tema. Nesse sentido, alguns princípios didáticos que fundamentam esta construção são discutidos na sequência.

Ciência tecnologia e sociedade (CTS): passos para uma formação cidadã

Ensino CTS pode ser entendido como uma estratégia que visa apresentar aos estudantes conhecimentos que sejam válidos para sua vida em sociedade (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Além do fato de que um de seus objetivos é a formação cidadã, sobre isso, Santos e Schnetzler (2010, p. 47) dizem que na atualidade

(...) é necessário que os cidadãos conheçam como utilizar as substancias no seu dia a dia, bem como se posicionem criticamente com relação aos efeitos ambientais do emprego da Química e quanto às decisões referentes aos investimentos nessa área, a fim de buscar soluções para os problemas sociais que podem ser resolvidos com a ajuda do seu desenvolvimento.

É por meio de um ensino contextualizado em suas vidas que os estudantes criam a possibilidade de transformar suas realidades, pois “num ensino CTS, que valoriza contextos reais dos alunos, a aprendizagem dos conceitos e dos processos decorre de situações problema cujas soluções se procurem alcançar” (CACHAPUZ, PRAIA E JORGE, 2002, p. 175).

E por que o enfoque CTS é importante para esta pesquisa? Pois, por meio dele podemos oferecer a nossos estudantes uma perspectiva que os permita compreender melhor a importância de vacinas, a importância da preservação ambiental e de outras questões que são socialmente relevantes na atualidade. Desenvolver na escola práticas que permitam aos estudantes refletirem sobre suas realidades é construir uma prática voltada para a formação cidadã.

Além disso, a articulação entre ciência – tecnologia – sociedade permite ao educando construir uma visão sobre as teorias científicas como dependentes de quem as está desenvolvendo, não algo neutro e externo, apenas para ser observado; da mesma forma que o aluno poderá compreender que as “novidades” tecnológicas possuem uma relação com a sociedade; do mesmo modo que se pode orientar o educando a perceber como suas ações interferem na sociedade (SANTOS E SCHNETZLER, 2010).

Por isso, tais pressupostos teóricos foram utilizados para compor o produto educacional em questão, pois é ele direcionado aos futuros professores, sendo um apoio, suporte (didático – pedagógico), para que estes licenciandos tenham noção das diferentes formas de implementar esse tipo de atividades educativas em suas futuras aulas.

Questões da Amazônia

Falar em Amazônia é falar em uma região complexa e rica. Complexa desde sua constituição natural (fauna, flora, clima, dentre outros) até as relações sociais que acontecem no contexto regional (pessoas com pessoas e pessoas com a floresta). Os materiais apresentam de forma resumida e explicada como era a visão da região nos vários contextos pelos quais o país passou, desde a colônia. Vemos que as relações que foram tidas são sempre assimétricas, nas quais a região é sempre fornecedora de algo, que não irá beneficiar as populações que vivem nesse espaço. Na época colonial eram enxergadas duas regiões, o Grão-Pará e o Brasil, sendo que a primeira era a de menor desenvolvimento social e tecnológico (OLIVEIRA, 2011).

Historicamente a região amazônica tem sido uma grande fornecedora de matérias-primas para produção industrial, no Brasil e exterior. Todavia, esse fluxo de riqueza beneficiou apenas alguns poucos exploradores que têm deixado uma herança de pobreza e devastação para os povos indígenas, populações tradicionais e muitos imigrantes pobres que, sem muitas alternativas de sobrevivência, acabaram se instalando em cidades e comunidades rurais dessa região. Foi assim durante o chamado Ciclo da borracha, na exploração de garimpos (como de Serra Pelada), na expansão de pecuária e, atualmente, nos grandes projetos de mineração em curso (FEARNSIDE, 2010).

Particularmente, as populações tradicionais são pouco respeitadas, e nem sempre são beneficiadas nas incursões feitas neste território. Sejam os indígenas, que já viram suas terras

invadidas, e os rios sendo poluídos, sejam os caboclos amazônidas, que viram muito ser feito e desfeito, sem ter continuidade ou melhoria para a região.

A contaminação dos rios por Mercúrio é um dos mais graves problemas causados pela exploração descontrolada dos recursos naturais, pois afeta a fauna, flora e todas as pessoas que vivem neste espaço. Um problema antigo que só vem se intensificando, devida à exploração ilegal de ouro em nossos rios e florestas, conhecida como garimpo ilegal.

O garimpo é uma atividade de extração de metais e pedras preciosas, feita de forma rudimentar e com pouca tecnologia. Essa atividade é uma das mais antigas formas de trabalho feitas no país. No passado já foi bem-vista: na época da expansão das fronteiras do país, a movimentação e civilização indo a locais remotos (VILARDAGA, 2019). Entretanto, hoje a visão que se tem dessa atividade é bem diferente.

É importante saber que a atividade garimpeira não está restrita ao contexto da Amazônia, ela existe por todo o país, sendo responsável por uma parcela considerável da nossa produção de metais e gemas preciosos (FÁBIO, 2022).

Segundo Barbosa (1991) a atividade garimpeira gera uma série de problemas sociais e ambientais, tais como: poluição de rios e efluentes, assoreamento do leito de rios, morte de espécies de animais e plantas; disputas com populações nativas, invasão de terras indígenas, prostituição, dentre muitos outros. O garimpo se configura como uma questão social, pois a atividade garimpeira possui regulamentações, a atividade garimpeira é incluída na constituição de 1988, porém na prática as regras, que são necessárias para o funcionamento da atividade, não são cumpridas.

Por se tratar de um problema urgente que contamina rios, mata peixes e seres humanos, entendemos que ele deve ser enfrentado logo e de várias maneiras. E uma dessas maneiras é por meio da educação. Ora, se existe a necessidade de promover um ensino sobre os males que a contaminação promovida por garimpos ilegais, é preciso mostrar como os professores podem promover esse ensino.

É dentro desse contexto e com base nesses referenciais que propus esse material direcionado para ajudar a prática dos futuros professores que estão em formação inicial. A seguir mostro outra diretriz pedagógica e uma das estratégias de ensino que foram utilizadas para compor o conteúdo do livro.

Diversificação de estratégias

Na atualidade o professor está sujeito a lidar com o grande fluxo de informações nas redes e mídias sociais. Tal cenário amplia ainda mais um velho desafio dos professores: como manter a atenção dos estudantes em sala? Lidar com essa nova variável significa lidar com o que parece ser uma competição: o professor em sala *versus* os *posts* (vídeos, imagem única, carrossel de imagens, *threads* de informações etc.) nos mais variados aplicativos de compartilhamento de informações que os estudantes costumam utilizar.

Como um professor de química, por exemplo, irá conseguir lidar com as redes sociais, manter a atenção dos alunos e ainda promover uma educação que seja transformadora? Como fazer tudo isso, se a cultura escolar ainda está fortemente influenciada pela cultura de testes? (MOREIRA, 2018). Sendo que a formação desse professor aconteceu totalmente pautada em uma racionalidade técnica, como já foi discutido?

No caso da disciplina Química, os professores enfrentam preconceitos de boa parte dos estudantes que acredita e dissemina que a disciplina é difícil, chata e sem utilidade para a vida deles (SILVA et al., 2019). Preconceito sustentado por uma concepção de Ciência como conhecimento oriundo de mentes solitárias, loucas e bem distantes do ideal de juventude desses estudantes. Por essas e outras que, pesquisadores da área de ensino de Ciências, tais como Hodson (1994), a bastante tempo defendem que “os jovens necessitam ver que os cientistas podem ser afetuosos, sensíveis, divertidos e apaixonados, além de serem diligentes e persistentes” (1994, p. 303). Ou seja, um dos objetivos do trabalho científico deve ser construir uma visão mais coerente sobre quem é o cientista. Por isso, percebo na diversificação de estratégias de ensino uma possibilidade para quebrar a hegemonia das aulas expositivas e estimular os professores a implantar variações metodológicas de usar diferentes fontes de informação, além do livro didático.

A quebra da hegemonia de aulas meramente expositivas, com ênfase na memorização de informações ajudaria a superar a visão de que o conteúdo das aulas só serve para passar nos testes e frear o declínio de interesse em aulas de ciências dos jovens adolescentes, uma vez que, de acordo com Silva (2018):

As pesquisas (...) identificam esse declínio devido a um excesso de ênfase no desempenho acadêmico dos alunos nas avaliações escolares e ao fracasso em promover entre os estudantes uma compreensão de como o ensino escolar de ciência para a identidade pessoal e experiência de vida desses estudantes. (p. 22)

Ou seja, quando acontece essa ênfase do ensino escolar nos exames e deixa de lado a possibilidade de maravilhamento que o ensino de ciências permite, o estudante perde o interesse e o foco nas aulas, adquirindo e reforçando preconceitos em relação a Ciência.

Young (2007, p. 1291) comenta que:

[...] outra consequência [excesso de ênfase nos resultados de avaliação] é a transformação da educação num mercado (...), no qual as escolas são obrigadas a competir por alunos e fundos. (...) As escolas são tratadas como um tipo de agência de entregas, que deve se concentrar em resultados e prestar pouca atenção ao processo ou ao conteúdo do que é entregue.

Esse é outro problema que acontece com o ensino quando as escolas passam a ter foco, exclusivamente, nos exames e no desenvolvimento acadêmico de seus alunos. Como não há interligação dos conhecimentos que estão sendo estudados com o que os estudantes vivem, há uma significativa diminuição do interesse demonstrado nas aulas.

Obviamente não há como apresentar as respostas para todas postas os problemas do ensino de ciências, no geral, e de química, em particular, mencionados. No entanto, tendo consciência deles cabe-nos, enquanto educadores comprometidos com a melhoria da qualidade do ensino, oferecer alternativas que considerem tais problemas, que estejam mais de acordo com a realidade da escola contemporânea, e, na medida do possível, façam uso adequado das múltiplas tecnologias de informação e comunicação, trazendo para a sala de aula elementos do contexto social que estimulem os alunos a refletir e perceber a importância dos conhecimentos científicos abordados em aula.

Preveja Observe e Explique (POE)

O POE é umas das estratégias de ensino utilizadas para compor atividades do texto paradidático proposto. Trata-se de uma alternativa metodológica às aulas de laboratório do tipo ‘receita de bolo’, discutidas anteriormente. De acordo com Rosa (2014), é uma estratégia, criada na década de 1980 pelos professores australianos Richard White e Richard Gunstone, na qual uma hipótese é enunciada e as possíveis causas sobre por que a situação pode ocorrer são produzidas e testadas, obtendo-se, assim, os dados.” (p. 111). Na época, a estratégia foi

caracterizada pelos autores como sendo metacognitiva¹², pois, permite ao aprendiz conhecer e interferir no conhecimento de como ele aprende.

Geralmente o uso da estratégia POE acontece de acordo com os seguintes passos: primeiro os estudantes são avisados que terão que observar um fenômeno ou situação problema, em seguida, os estudantes devem propor uma hipótese tentando prever o que irá acontecer ao longo da demonstração em questão; depois disso, os estudantes devem observar a experiência acontecendo, e verificar se suas previsões e hipóteses estão de acordo ou não com, discutindo as evidências com os colegas e professores; por último o professor apresenta a explicação cientificamente adequada para o experimento, explorando as diferenças, limitações das hipóteses dos estudantes e ensinando conceitos, regras e representações próprias das teorias científicas que explicam o fenômeno ou resolvem o problema em questão.

A estratégia POE tem por objetivo explorar as ideias dos estudantes; por meio dessas atividades o estudante pode fazer previsões sobre uma situação que será apresentada (MINTZES, WANDERSEE E NOVACK, 2000). Nesta atividade o estudante vai emitir uma hipótese sobre a situação que está em análise (previsão) podendo ser confirmada ou não ao final do processo. Portanto, neste tipo de situação pode-se colocar o estudante em contato com suas próprias ideias acerca do fato que está sendo observado.

Segundo Mintzes, Wandersee e Novak (2000) a atividade POE se caracteriza da seguinte maneira:

É mostrada aos estudantes uma situação real, e pedes-lhes que deem uma previsão sobre as consequências de uma determinada mudança na situação e as razões dessa previsão; depois quando a mudança é feita, fazem suas observações e, finalmente reconciliam-se as previsões e as conclusões se tal for necessário. (p. 134)

Dessa forma, este tipo de atividade permite ao estudante pensar sobre o que está sendo feito (durante a previsão) traduzir o fenômeno que está sendo visto (durante a observação) e comparar o que pensou inicialmente com as inferências da observação (explicação).

Entendo que, como professores, faz parte do nosso trabalho buscar desenvolver práticas alternativas para nossos estudantes, visando atingir diferentes propósitos, sobre isso:

¹² Nota: não é meu objetivo neste texto entrar em discussões sobre metacognição, apresento e concordo com a definição trazida pela autora, dessa forma o fato de a estratégia ser metacognitiva é entendido como sendo um juízo positivo sobre o POE;

(...) 1) procurar oportunidades focadas para que os estudantes explorem a capacidade que tem, em um momento concreto, de compreender e avaliar a firmeza de seus modelos e teorias para alcançar os objetivos da ciência; e 2) oferecer estímulos adequados para o desenvolvimento e mudança (HODSON, 1994, p. 305)

Penso que esse trecho possa ilustrar meu entendimento acerca das atividades POE, pois elas são práticas alternativas que possuem esses enfoques, de modo, que cada uma das etapas permite ao aprendiz exercitar um aspecto diferente no sentido exposto.

Durante a fase de Previsão não se tem somente a formulação de uma hipótese, o que acontece deve ser um processo de prever o que será observado. Essa formulação não é somente uma simples “resposta”, mas sim uma construção, e é vital para a atividade que o aprendiz identifique essa construção, dizendo com base no quê formulou aquela hipótese, qual foi a sequência de pensamento que ele seguiu para fazê-lo, ou seja, as razões que o levaram a aquela hipótese.

Hodson (1994) nos mostra que um dos focos da aprendizagem de ciência deve ser na identificação de ideias e pontos de vista dos estudantes, durante a fase de previsão o professor pode fazer isso, já que, o objetivo dessa etapa é que os alunos construam hipóteses sobre o que irá acontecer.

Como a prática é pensada para que o estudante exponha suas ideias e reflitam sobre elas, o que vai ocorrer é desenhado para explorar essas ideias, visto que a fase de observação é o momento no qual se pode confrontar os pensamentos elaborados anteriormente. É importante afirmar que isso pode acontecer por meio da manipulação experimental, ou seja, o aluno pode fazer com as próprias mãos a situação proposta. Isso oferece: “(...) estímulos para que os alunos desenvolvam, e possivelmente modifiquem suas ideias e pontos de vista.” (HODSON, 1994, p. 305). Logo, com essas condições, o estudante tem a possibilidade de conhecer seu processo cognitivo.

Além disso, a estratégia POE auxilia em dois outros fatores: a construção de habilidades metacognitivas e na construção de uma visão contraintuitiva da ciência.

Segundo Rosa (2014) com esta estratégia didática

(...) no desenvolvimento de atividades experimentais, haja vista que primam pela interação do aprendiz com o objeto do conhecimento, de modo que reflita sobre seu conhecimento e faça suposições, tomando consciência de seus próprios processos cognitivos. (p. 113)

Ou seja, em atividades experimentais são possíveis interações entre o aprendiz e o experimento, da mesma forma entre o aprendiz e seu próprio processo cognitivo. Com isso, ele vai poder refletir sobre o que aconteceu e sobre o que ele pensou inicialmente.

Já o aspecto da visão contraintuitiva de ciência é importante de ser debatido aqui, pois estamos convivendo com uma pandemia que acentuou problemas com negacionismos científicos. Ora, pensar que se pode recomendar um remédio, para tratar uma doença, com base exclusivamente na observação intuitiva de alguns poucos casos – onde não houve comprovação de que o remédio funcione – é uma atitude no mínimo criminosa. Chalmers (1993) mostra que:

De acordo com o indutivista ingênuo, a ciência começa com observação, a observação fornece uma base segura sobre a qual o conhecimento científico pode ser construído, e o conhecimento científico é obtido a partir de proposições de observação por indução. (p. 35)

Ou seja, visão do indutivista ingênuo poucos casos observados são suficientes para suportar uma hipótese. Mas isso de fato não acontece na Ciência, que tem de basear seus argumentos em dados de amostras amplas e segmentadas e mesmo assim, com um certo grau de incerteza peculiar.

Na atualidade vimos que quando nos pautamos, somente, por observações iniciais temos resultados superficiais que não refletem a realidade de um todo. Chalmers (1993) nos mostra que

Os argumentos indutivos não são argumentos logicamente válidos. Não é o caso de que, se as premissas de uma inferência indutiva são verdadeiras, então a conclusão deve ser verdadeira. É possível que a conclusão de um argumento indutivo ser falsa, embora as premissas sejam verdadeiras e, ainda assim, não haver contradição envolvida. (p.36)

A realização de experimentos do tipo POE ajuda os estudantes a entender melhor esse aspecto. Uma vez que, na fase de observação, o estudante não fica meramente olhando o que aconteceu no experimento, segundo Silva (2018), o professor estimula os estudantes “(...) fazendo-os debater os resultados com base em suas previsões e tentar conciliar possíveis conflitos entre previsão e observação (...)” (p. 29). As observações dos estudantes não são desprovidas de lógica, elas “(...) são carregadas de teoria (...)” (SILVA, 2018, p. 29), quando o aluno emite suas previsões e as confronta com as observações tem a possibilidade de refletir sobre o que pensou.

Com isso os estudantes podem perceber o que Chalmers (1993, p. 53) quer dizer quando comenta que “proposições de observação, então, são sempre feitas na linguagem de alguma teoria e serão tão precisas quanto à estrutura teórica ou conceitual que utilizam.”, ou seja, quando um observador propõe algo, esta proposição trará consigo os conceitos e preconceitos que o observador tiver. Por isso, que essa estratégia é uma ferramenta que permite estudar as concepções dos alunos. Por isso, também que na fase de observação o estudante pode confrontar o que pensou inicialmente em suas previsões.

Durante a explicação o professor

sintetiza as ideias apresentadas pelos diferentes grupos e/ou indivíduos e expõem a explicação cientificamente aceita do fenômeno em questão, chamando atenção para eventuais limitações ou falhas das hipóteses alternativas que tenham sido apresentadas durante a atividade. (SILVA, 2018, p. 29)

Ou seja, após o diálogo entre os alunos, o docente mostra como aquele fenômeno visto é explicado pela comunidade científica, e pode direcionar outras atividades, como: textos, vídeos, simulações computacionais, entrevistas entre outros, para ajudar os estudantes a compreenderem o que não ficou explícito com a aula.

A discussão de evidências e argumentação em torno de explicações cientificamente mais plausíveis, proporcionadas pelas vivências de atividades do tipo POE, podem ajudar os estudantes a entender melhor questões sobre natureza da Ciência e fazê-los tomar decisões pautadas em argumentos cientificamente adequados e não ser tão facilmente enganados por charlatões e ideólogos.

Cabe registrar que, durante pandemia de Covid-19, uma ampla parcela da comunidade foi induzida a acreditar que um determinado medicamento era indicado para lidar com as síndromes respiratórias, decorrentes do agravamento do quadro causado pelo vírus. Os sintomas da síndrome respiratória (em seu estado mais grave) tinham relação com a resposta imunológica do corpo humano, e por esse motivo os alguns médicos supuseram que um medicamento que age diretamente na modulação da resposta imunológica do corpo humano poderia tratar os sintomas: a hidroxicloroquina.

Tais médicos se apoiaram em casos isolados que supostamente tiveram resultados positivos com o uso do citado medicamento. Interesses políticos e econômicos acabaram impulsionando uma torrente de notícias falsas sobre o medicamento, elegendo-o como “a cura para a doença causada pelo Coronavírus Sars-Cov-2” ou “o tratamento precoce que evita a

morte pelo coronavírus”. Não havia sido feito nenhum estudo amplo sobre a suposta eficácia para um “tratamento” da doença, muito menos sobre possíveis efeitos de prevenção de formas mais graves da mesma. A medida que tais estudos foram sendo realizados, não demonstraram que o medicamento não tinha nenhuma eficácia contra o vírus e pior: o uso do medicamento levava a problemas cardíacos, que poderiam levar a morte pacientes que tivessem problemas no sistema cardiorrespiratório (BBC/Brasil, 2021).

Tal episódio, que acabou provocando inúmeras mortes, ilustra bem a importância de uma alfabetização científica adequada, uma vez que os conhecimentos científicos são essenciais para a vida das pessoas das sociedades contemporâneas:

Com o avanço tecnológico da sociedade, há tempos existe uma dependência muito grande com relação à Química. Essa dependência vai desde a utilização de produtos químicos até as inúmeras influências e impactos... (SANTOS E SCHNETZLER, 2010, p. 46)

Dessa forma as atividades POE's possuem grande potencial para interação com as vivências dos aprendizes (em qualquer nível de ensino), por esse motivo essa estratégia está no produto educacional proposto, para que ela possa ajudar os futuros professores a compreender melhor conhecimentos científicos e questões sobre natureza da Ciência, e ter melhor condições de levar tais ideias e práticas para seus futuros alunos da educação básica.

O produto didático

Inquietações com os problemas descritos e ideias do arcabouço teórico discutido inspiraram a criação de produto educacional. Um paradidático que tem a intenção de oferecer uma pequena contribuição para a mudança do quadro descrito no memorial de formação. Uma alternativa de abordar conhecimentos químicos construída com uma abordagem interdisciplinar e contextualizada para a realidade amazônica.

Baseado nesses princípios, a ideia do conteúdo e atividades do produto é discutir conceitos, impactos e soluções de um problema da realidade amazônica. Um problema ambiental que interfere em maior ou menor escala nas vidas dos moradores dessas comunidades, com uma abordagem explicitamente direcionada para uma formação mais humanizada (FREIRE, 2016), na qual o futuro professor aprende a lidar com problemas reais da comunidade em que vive. Além disso, poderá ensinar seus futuros estudantes a intervir em suas realidades, tendo por base os conhecimentos abordados em sala de aula.

Trata-se de uma tentativa de superar o modelo de ensino tecnicista de mera apresentação de conhecimentos científicos. Ora, se estamos formando professores, e queremos que a prática desses professores seja transformadora em suas realidades, precisamos que temas socioambientais sejam debatidos, desde a formação inicial. Para que, quando estiverem em sala de aula estes licenciandos tenham subsídios pedagógicos para lidar com esses problemas.

Assim a elaboração do produto se destina a ser contrária a formação que vivi, e objetiva tratar de um problema real, e que pode afetar muito mais o meio ambiente do que se imagina. Com essas visões o produto se configura num *e-book* interativo, que oferece informações (técnico-científicas e histórico-sociais) sobre o metal Mercúrio, assim como fornece opções de aulas que podem ser utilizadas para a educação básica, seguindo a perspectiva da nova Base Nacional Comum Curricular – BNCC.

O *e-book* foi organizado em duas partes. Nos primeiros capítulos são apresentadas informações sobre Mercúrio (história, propriedades físicas e químicas, a poluição pelo mercúrio, a atividade garimpeira e os impactos da construção de hidrelétricas). Os capítulos finais trazem quatro propostas de atividades para discutir e fixar o assunto.

METODOLOGIA DE PESQUISA

A seguir serão descritos detalhes sobre a elaboração do produto e análise das impressões e eventuais aprendizagens que um grupo de licenciandos que voluntariamente se inscreveram para assistir um minicurso, cujo principal texto de apoio foi o próprio produto didático em questão.

O tipo de pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se como sendo do tipo qualitativa, uma vez que são privilegiadas as interpretações das respostas e opiniões dos sujeitos que participaram da pesquisa, mediante análise de conteúdo.

Os dados recolhidos são em forma de palavras ou imagens e não de números. Os resultados escritos da investigação contêm citações feitas com base nos dados para ilustrar e substanciar a apresentação. Os dados incluem transcrições de entrevistas, notas de campo, fotografias, vídeos, documentos pessoais, memorandos e outros registros oficiais. (BOGDAN E BIKLEN, 1994, p. 48)

A ideia é explicitar e categorizar as concepções dos participantes antes de após terem vivenciado as aulas com o uso do produto didática em questão. Bogdan e Biklen (1994) mostram que “Os investigadores que fazem uso deste tipo de abordagem estão interessados no modo como diferentes pessoas dão sentido às suas vidas. Por outras palavras, os investigadores qualitativos preocupam-se com aquilo que se designa por *perspectivas participantes*” (p. 50).

A criação do produto

Os textos e atividades do produto didático foram pensados para contornar problemas como falta de contextualização, foco excessivo em conceitos químicos, desconexão com a realidade da educação básica, dentre outros. Além de proporcionar oportunidades para que licenciandos possam exercitar conhecimentos e habilidades sobre diferentes aspectos envolvidos ao assunto, a ideia é que sua abordagem possa inspirar os licenciando a propor e realizar atividades análogas com seus futuros alunos da educação. Ou seja, o que autores, tais como Cortela e Nardi (2017), costumam chamar de simetria invertida: boas práticas vivenciadas nos cursos de formação inicial e continuada inspirando atuais e futuros professores a pôr em prática atividades análogas para seus respectivos alunos.

A decisão em compor um paradidático sobre Mercúrio se deu após o contato com uma série de reportagens jornalísticas sobre o garimpo ilegal no Rio Madeira (AC), que noticiavam que várias dragas estavam estacionadas ao longo do curso do Rio. Logo em seguida, no início do ano de 2021, um canal por assinatura lançou uma série documental de 6 (seis) episódios sobre a rodovia Transamazônica intitulada: “Transamazônica – Uma estrada para o passado”, cujo terceiro episódio narra conflitos de populações tradicionais com garimpeiros, mostra as condições em que é feita a extração ilegal de ouro na região do Pará e mostra o combate que vem sendo feito pelas forças policiais responsáveis. Ao assistir e refletir sobre tais reportagens foi possível perceber que tal temática possibilitaria a discussão de diversos conhecimentos químicos socialmente relevantes e essenciais para lidar com problemas relacionados a exploração mineral em nossa região (BAÍA JUNIOR, 2014; OLIVEIRA, 2014).

Com isso, a partir desses *insights* foi decidido que lidar com a questão do mercúrio lançado a natureza pelo garimpo seria um excelente mote para aprender diversos conhecimentos Químicos e, a o mesmo tempo, contextualizar esses aspectos, mostrando a história do elemento, os controversos usos que ele já teve. Além disso, havia possibilidade de mostrar o mercúrio dentro do problema social que é o garimpo ilegal de ouro na Amazônia. Finalmente era possível compor algumas atividades didáticas que futuros professores de Química poderiam utilizar em suas aulas de educação básica.

Para obter referências e material para compor o texto foram feitas buscas em repositórios digitais da CAPES (Banco de Teses e Dissertações e o Portal de Periódicos Capes), além de pesquisas utilizando o buscador *Google*, utilizando as palavras-chave: mercúrio na Amazônia; reações do mercúrio no ambiente; toxicidade do mercúrio no ambiente. Publicações anteriores à 1990 não foram consideradas, pois o foco era perceber o que foi produzido no país depois da constituição de 1988, pois a nova Constituição brasileira trazia um conjunto de dispositivos legais para a proteção do meio ambiente.

Ao término das buscas, foram selecionados 5 livros, 12 artigos de periódicos, mais uma tese e uma dissertação. Entre referências selecionadas encontra-se o Plano nacional de mineração do Ministério de Minas e Energia, um manual do Ministério Público Federal para lidar com as apreensões de materiais de garimpos, entre outros.

Tais referências traziam informações relativamente atualizadas sobre o elemento químico Mercúrio, que foram utilizadas para produzir textos sobre a história do elemento, sua

relação com a alquimia, etimologia da palavra e principais propriedades físico-químicas. Além disso, o texto traz informações a respeito da utilização do referido elemento nas atividades de garimpo, as vias e mecanismos de contaminação os impactos de intoxicação na saúde humana e em certos habitats. Por fim, sugestões de atividades que podem ser usadas por atuais e futuros professores Química em suas aulas.

Os participantes da pesquisa

Os participantes da pesquisa eram graduandos do curso de licenciatura em química da UFPA, esses licenciandos que participaram de um minicurso, sobre o produto (para)didático, cuja elaboração foi descrita acima. Esses graduandos responderam a um questionário *online* da plataforma *google*. Nesse formulário também havia um termo de consentimento livre e esclarecido para uso das informações que fossem coletadas no minicurso, após a leitura do texto explicativo os estudantes procederam com perguntas para que fosse possível caracterizá-los para a pesquisa.

Dadas as limitações de tempo para elaboração da pesquisa e para o desenvolvimento do minicurso o espaço amostral foi de apenas 12 estudantes, dos quais foram coletadas informações. Estes estudantes são universitários do curso de Química licenciatura do campus universitário do Guamá da UFPA, de diferentes diversos semestres do curso. Esses participantes se inscreveram em um minicurso que foi ofertado pelo Centro acadêmico do curso de Licenciatura em química.

Aspectos do minicurso e instrumento de pesquisa

O minicurso foi realizado durante dois encontros presenciais, com duração total de 3 (três) horas-aulas. Foram feitas dinâmicas de leitura dos textos, apresentações de slides e experimentos sobre o assunto. Para registrar e avaliar a aprendizagem do assunto, ao longo das aulas os participantes foram instruídos a preencher um questionário do tipo KWL (*Know, Want to Know, and Learned*). O minicurso foi oferecido pelo Centro Acadêmico de Licenciatura em Química – CALQui, e foi realizado no dia 13 de outubro, em evento de comemoração ao Dia do Professor, organizado pela entidade, e realizado nos dias 13 e 14 de outubro de 2022.

Após a apresentação dos objetivos do minicurso, os participantes foram instruídos a preencher somente as duas primeiras colunas (“o que sei” e o “que quero saber”) do

formulário KWL, destinada a escrita de conhecimentos prévios dos estudantes e suas intenções de aprendizagem sobre o tema que seria debatido.

Ao final do minicurso, foi solicitado que os participantes preenchessem a última coluna do questionário KWL: “o que você aprendeu sobre o mercúrio?”.

O formulário do tipo *Know, Want to Know, and Learning* (KWL) é um quadro com três colunas, na primeira coluna “Know” (o que já sabe) o aluno deve escrever o que já sabe acerca do tema da aula. Essa coluna deve ser preenchida antes da aula acontecer, ela se direciona justamente aos conhecimentos prévios do estudante. A segunda coluna “Want” (o que quer aprender) é destinada ao que o aluno quer aprender, ou o que ele imagina ser importante aprender sobre o tema em questão. Se um problema nortear a aula essa coluna pode ser associada às estratégias definidas pelo estudante para a solução do problema. Aqui a ideia é o estudante preencher com os objetivos de aprendizagem que ele considera importante sobre o tema. Já a terceira coluna *Learning* (o que aprendeu) se destina ao que efetivamente o aluno aprendeu sobre o tema após realizar as atividades propostas, o que foi significativo sobre a aula e o que fez mais sentido a respeito do que foi visto.

Ao usar o KWL o estudante pode envolver-se em um processo de autoaprendizagem, pois nessa estratégia o educando tem responsabilidades com o que será escrito (OGLE, 1989). O fato declarar o que sabe sobre o assunto ajuda ele e o professor a tomar consciência de seus próprios conhecimentos prévios.

Entre as características mais importantes que uma planilha KWL deve ter é “(1) ser adaptável ao ensino de toda a turma, uma vez que a maior parte do trabalho da área de conteúdo é feito em grandes grupos, (2) trabalhar com os livros didáticos e materiais de recurso usados pelos alunos” (OGLE, 1989, p. 206)

Por conta da possibilidade de registrar eventuais aprendizagens ou mudanças de perspectivas, tal ferramenta pode ser útil como instrumento para coleta de dados qualitativos. As respostas podem ser submetidas à análise de conteúdo e fornecer um perfil relativamente preciso sobre o que foi aprendido durante leituras, aulas, vídeos etc.

O processo de análise e a categorização

Após realizar o minicurso e coletar os formulários KWL, as respostas escritas dos participantes foram submetidas a leitura flutuante, de onde foram deduzidas *a posteriori* as

categorias de análises que aparecem nos Quadros 1, 2 e 3. Ou seja, as respostas dos participantes ao instrumento de pesquisa (KWL) foram agrupadas em categorias temáticas. Para que isso fosse possível, foram seguidos os passos de análise de conteúdo sugeridos por Bardin (2008). Com isso, foram criadas as seguintes categorias:

1. Propriedades físicas e químicas
2. Impactos na saúde
3. Impactos ambientais
4. Melhorar aulas sobre o assunto
5. Aspectos históricos
6. Aplicações tecnológicas

Cada uma das categorias tenta sintetizar e agrupar os diferentes aspectos veiculados nas respostas ou anotações dos participantes. Por exemplo: na categoria 1 (Propriedades químicas) foram agrupadas respostas como: “*o mercúrio é um elemento químico que possui número atômico 80*”, pois tal proposição expressa uma informação a respeito de uma propriedade do elemento mercúrio (seu número atômico). Seguindo essa mesma lógica, respostas que expressavam algo relacionado à toxicidade do mercúrio, foram enquadradas na categoria 2 (Impactos na saúde), e assim sucessivamente para cada resposta analisada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A categorização das respostas para cada uma das três questões do KWL foi organizada em planilhas Excel, cuja adequação deu origem aos Quadros 1, 2 e 3. Neles, os participantes aparecem identificados por pseudônimos (A1, A2...). Para que os quadros pudessem caber em uma página e fornecer uma visão mais ampla do enquadramento das respostas nas respectivas categorias, as transcrições das respostas que originalmente haviam inseridas nas células referentes a cada categoria/participante foram substituídas pela letra X na respectiva célula dos quadros.

A tabela a seguir apresenta um panorama geral das respostas obtidas no minicurso, comparando as percepções gerais acerca das respostas dos participantes do minicurso.

Quadro 1: panorama geral das respostas

1. Pergunta: o que já sabem?	2. Pergunta: o que desejam saber?	3. Pergunta: o que aprenderam
Foco das respostas nas propriedades físicas e químicas	Foco das respostas nos impactos ambientais	Respostas mais heterogêneas
Pouco sabem sobre outras características do elemento	Ligação com a mídia e o que é noticiado sobre contaminações	Possibilitou que eles conhecessem mais aspectos sobre o elemento

Fonte: o autor 2022

O Quadro 1 apresenta a síntese dos resultados da categorização das respostas à primeira coluna do KWL, ou seja, respostas à questão: o que você sabe sobre o mercúrio?

Quadro 2: Categorização das respostas à questão: o que você sabe sobre o mercúrio?

	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5	Aluno 6	Aluno 7	Aluno 8	Aluno 9	Aluno 10	Aluno 11	Aluno 12
1. Propriedades físicas e químicas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
2. Impactos na saúde						X					X	
3. Impactos ambientais						X						
4. Melhorar aulas sobre o assunto												
5. Aspectos históricos												
6. Aplicações tecnológicas			X					X		X	X	X

Fonte: o autor 2022

No Quadro 1 é possível observar que a maioria dos estudantes que participaram do minicurso, mencionou apenas conhecimentos relativos às propriedades do elemento. As respostas mais comuns mencionaram o número atômico do elemento:

[...] sua sigla é Hg, metal de transição do grupo 12, número atômico igual 80 (Aluno 9)

Além disso, outra resposta muito frequente foi a respeito do estado físico da substância em condições de pressão e temperatura ambiente:

[...] é um metal líquido a temperatura ambiente, tem símbolo Hg na tabela periódica, número atômico 80, ponto de fusão $-38,83^{\circ}\text{C}$ (Aluno 10)

O fato da grande prevalência de informações sobre propriedades do elemento em detrimento a outros tipos de informação sobre o assunto, pode ter relação com o modelo de formação oferecido pelo curso, como comenta Maldaner:

Na forma da prática atual, em que os conhecimentos trabalhados nas disciplinas científicas são tidos como verdades e expressão de uma realidade objetiva externa, acabam prevalecendo as concepções tácitas, com base em crenças e formulações não críticas do que seja a ciência e seu significado no mundo contemporâneo. (2000, p. 62-63)

Como já foi mencionado em capítulos anteriores, embora tenha ocorrido alguns avanços no projeto político pedagógico do curso, o modelo vigente do curso de licenciatura em química da UFPA, ainda é baseado no chamado modelo de racionalidade técnica (SCHÖN, 1992), ou seja, a lógica da formação segue uma perspectiva de que os saberes da ciência específica são suficientes para formar um bom profissional. No entanto, tal perspectiva não condiz com as orientações da diretriz curricular geral que seguimos hoje: a BNCC, que se pauta numa relação entre áreas, não com aprofundamentos teóricos entre saberes específicos¹³.

Apenas as respostas de um aluno não foram enquadradas na categoria 1. A resposta do aluno 11, aborda a toxicidade do metal para os seres humanos e para a natureza, além de apontar aplicações tecnológicas do referido elemento:

[...] é extremamente tóxico para a natureza e nocivo à saúde humana, usado em alguns produtos como desodorante demaquilantes e nos termômetros (Aluno 11).

¹³ Nota: Friso que compreendo a necessidade, e importância dos saberes específicos de cada ciência. No entanto, se seguirmos a orientação nacional da BNCC, precisamos repensar a importância que damos aos conhecimentos específicos e aos conhecimentos de área.

O quadro 1 também mostra que outros cinco participantes mencionaram as aplicações tecnológicas que o elemento possui, ou já possuiu, o que pode ser interpretado de pelo menos duas maneiras: ou a maioria dos estudantes não teve contato com nenhum artefato que utilizasse o mercúrio em seu funcionamento, ou existem poucas oportunidades durante a formação inicial onde se proporcione ao licenciando relacionar artefatos tecnológicos de seu cotidiano com as explicações científicas pertinentes.

Apenas dois participantes mencionaram informações referentes a impactos do uso mercúrio para a saúde (categoria 2). Além disso, apenas uma resposta esteve na categoria 3, que agrupa respostas pautadas nas implicações ambientais do elemento.

Considerando o contexto Amazônico no qual vivemos, onde o uso indevido de mercúrio da extração de ouro é bastante noticiado, não nos parece satisfatório que estudantes do curso de licenciatura em química, não mencione informações ou preocupações a respeito da poluição ambiental e aos problemas de intoxicação que o uso indevido de Mercúrio vem causando em nossa Região. Uma vez que se trata de uma região explorada pela mineração onde “uma parte significativa da mineração de ouro na Amazônia (legal e ilegal) é realizada de forma artesanal e/ou em pequena escala, mediante o uso de mercúrio (...)” (CRESPO-LÓPEZ et al, 2021, p. 13), que polui rios e mata peixes e causa sérios problemas socioambientais.

Se em seu próprio processo de formação o discente não é incentivado a problematizar seu cotidiano, e contextualizar o que lhe é ensinado em sala, como ele poderá fazê-lo em sua prática futura? Neste ponto cabe lembrar a reflexão apontada por Carvalho e Gil-Perez de que normalmente a formação dos professores é “(...) uma soma de cursos sobre conteúdos científicos, ministrados pelos departamentos de Ciências correspondentes, e de cursos sobre educação (...)” (2011, p. 69). A aparente falta de informações e preocupações a respeito de eventuais impactos socioambientais do uso de Mercúrio e a ocorrência de respostas centradas majoritariamente nas propriedades do Mercúrio parece indicar que tal modelo pedagógico ainda não foi adequadamente superado no âmbito do curso de formação de professores que os participantes estavam realizando na ocasião da coleta de dados.

Quadro 3: Categorização das respostas à questão: o que você precisa saber sobre o Mercúrio para dar uma aula?

	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5	Aluno 6	Aluno 7	Aluno 8	Aluno 9	Aluno 10	Aluno 11	Aluno 12
1. Propriedades físicas e químicas									X			
2. Impactos na saúde		X			X							
3. Impactos ambientais	X			X			X	X	X	X		X
4. Melhorar aulas sobre o assunto			X			X						
5. Aspectos históricos												
6. Aplicações tecnológicas							X					

Fonte: o autor (2022)

Nas respostas da segunda questão (Quadro 2) é possível notar que apenas uma das respostas foi enquadrada categoria 1, que agrupa aspectos de propriedades físicas e químicas. Um indício de que os participantes possuem conhecimento sobre propriedades do elemento, como ficou explícito nas respostas da primeira pergunta (Quadro 1). Considerando que esta pergunta é sobre os conhecimentos que os participantes achavam necessários para darem uma aula sobre esse elemento, e apenas uma das respostas é sobre as propriedades, é possível inferir duas seguintes alegações: a primeira que os participantes já teriam domínio sobre esses aspectos. A segunda é que, embora dominem informações básicas sobre propriedade físico-química do mercúrio, julgam importante ter domínio de outros tipos de conhecimentos, principalmente os relacionados aos impactos ambientais relacionados ao Mercúrio (Categoria 3).

Apenas dois participantes consideram que é importante conhecer aspectos relacionados a eventuais impactos do mercúrio à saúde (Categoria 2), uma vez que ambas declararam querer saber:

[...] mais sobre as formas de intoxicação e os prejuízos a saúde (aluno 2)

[...] como se dá a intoxicação do mercúrio, as consequências para o ser humano e como ele age no corpo humano, progredindo para doenças prejudiciais (aluno 5)

Isso é um indício de que embora muito se noticie na mídia sobre a poluição por mercúrio, e sobre como o elemento se acumula no meio ambiente, pouco se sabe sobre os efeitos que tal intoxicação causa no corpo humano.

O Quadro 2 mostra que maioria (sete participantes) estava mais interessada em conhecer os impactos ambientais do elemento, ou nas palavras de alguns deles:

[...] os problemas causados na sociedade (aluno 7)

[...] sobre os males que ele causa no meio ambiente e nos cidadãos, onde pode ser utilizado (mas não deve) (aluno 8)

[...] relações do elemento com o cotidiano (aluno 9)

É possível que tais preocupações estejam vinculadas às inúmeras notícias veiculadas na grande mídia sobre a recente expansão de garimpos ilegais na Amazônia. Se tal inferência estiver correta, ela é um bom indicativo dos benefícios que a inclusão de atividades com abordagens do tipo CTS poderia trazer para aulas. Levando em consideração que um ensino CTS, discute aspectos que vão além dos conhecimentos disciplinar, colocando em pauta discussões importantes para a formação de cidadãos que conhecem, exercitam seus direitos e sabem da importância dos seus papéis em sociedade democrática (SANTOS; SCHNETZLER 2010). Se for assim, a inclusão desse tipo de atividade em cursos de licenciatura em Química pode fazer que os estudantes deem mais atenção para questões dessa natureza, inserindo e mantendo discussões saudáveis sobre diversos aspectos CTS relacionados aos diferentes conhecimentos de Química.

Curiosamente, mesmo se tratando de um minicurso relacionado a metodologia de ensino, apenas dois participantes manifestarem interesse em obter informações para melhorar suas aulas (Categoria 4). Como comentado, por exemplo, pela aluno3:

características da tabela periódica, interdisciplinaridade, pois é um agente causador de danos ao ambiente e a sociedade. Ciclo biogeoquímico do mercúrio (aluno 3)

Embora tal comentário não se vincule apenas em um aspecto específico, já que traz elementos que poderiam ser enquadrados nas categorias 1 e 3, discretamente menciona palavra interdisciplinaridade, que é um aspecto intrinsecamente relacionada uma eventual abordagem de ensino.

Isso precisa ser destacado, pois já é um indicativo de que tal participante está tentando superar uma mentalidade descrita por Maldaner, na qual:

Se a educação, por força das próprias condições históricas criadas, contemplar a fragmentação do conhecimento, (...) é assim que a mente ou consciência dos indivíduos vai ser constituída. Isso gera o individualismo, a prepotência, o privilegio, a submissão, a exclusão e a violência. (2000, p.79).

Por tais razões, nos pareceu mais apropriado enquadrar o comentário do aluno 3 na categoria 4.

Além de apenas um participante ter declarado interesse em aprender sobre eventuais aplicações tecnológicas (aluno 7), o Quadro 2 mostra que nenhum participante demonstrou interesse explícito em aspectos históricos, Tal constatação pode ter relação com o fato que os

referidos participantes não considerarem aspectos da história da ciência como necessários para uma aula, justamente em função que aspectos também são negligenciados nas disciplinas e atividades do curso (MARTINS, 2007).

Quadro 4: Categorização das respostas à questão: o que você aprendeu sobre o Mercúrio?

	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5	Aluno 6	Aluno 7	Aluno 8	Aluno 9	Aluno 10	Aluno 11	Aluno 12
1. Propriedades físicas e químicas			X	X			X			X		X
2. Impactos na saúde	X	X	X	X	X			X				X
3. Impactos ambientais	X				X	X			X	X		
4. Melhorar aulas sobre o assunto								X				
5. Aspectos históricos	X	X			X	X					X	
6. Aplicações tecnológicas								X				

Fonte: o autor (2022)

O Quadro 4 mostra a categorização das respostas a questão: o que você aprendeu sobre o Mercúrio, respondida ao final das atividades do minicurso. Nele é possível perceber certa heterogeneidade de respostas.

Cinco participantes declaram ter aprendido um pouco mais sobre propriedades físicas e químicas (Categoria 1). Ou seja, mesmo tendo sido a categoria mais mencionada na primeira pergunta, parece que minicurso e a leitura do (para)didático, trouxe informações novas e relevantes sobre as propriedades do elemento, como por exemplo:

[...] possui um ciclo biogeoquímico, bactérias o transformam em metilmercúrio, isso é favorecido em pH ácido (aluno 3)

[...] pode sofrer transformações prejudiciais com auxílio de bactérias, podendo se maximizar através do pH (aluno 10)

Percebo que as respostas continuam relacionadas aos conceitos químicos, no entanto nesse momento já aparece o conceito de ciclo biogeoquímico, e o conceito de pH, diferentemente das respostas apresentadas inicialmente (Quadro 1), na qual apareciam apenas informações mais básicas sobre elemento químico.

A maioria dos participantes (sete) alegaram ter aprendido sobre impactos do Mercúrio à saúde (Categoria 2), como ilustrado na resposta do aluno 2:

[...] aprendi que é um elemento muito prejudicial à saúde (já sabia que era tóxico, mas nunca pesquisei) (aluno2)

Ou seja, o participante em questão possuía uma ideia sobre a toxicidade do mercúrio, e sua possível relação com algum quadro clínico. No entanto, tais informações não eram muito precisas, possivelmente adquiridas fora do âmbito estritamente acadêmico. A participar do minicurso e ler o paradidático o referido participante teve a oportunidade de adquirir conhecimentos mais precisos respeito e provavelmente aprimorar sua opinião sobre o grau de devastação e risco à saúde que a exploração mineral ilegal implica na vida das pessoas que vivem comunidades florestais da Amazônia e mesmo aquelas que vivem em cidades próximas.

Interpreta-se que muitas respostas correspondem a categoria 2, isso indica que, para esse grupo de participantes, o aspecto mais marcante do minicurso foi a discussão sobre os impactos na saúde, isto evidencia que o produto educacional parece ter proporcionado aprendizagens relacionadas à essa categoria.

Questões relacionadas a possíveis impactos ambientais (Categoria 3) também foram mencionadas por um bom número de participantes (cinco). O uso de mercúrio no garimpo, pouco mencionado na primeira pergunta (Quadro 1), foi bastante citado como aprendido. Além disso, foi possível detectar as respostas relacionadas à contaminação gerada de Mercúrio pelas hidrelétricas¹⁴, como por ver, por exemplo, nas respostas dos alunos 5 e 6:

[...] poluição sobre mercúrio, consequências das hidrelétricas que tornam os lagos ácidos e liberam o mercúrio do solo (aluno 5)

[...] como ele faz mal para o ambiente e para a saúde humana e como é usado descuidadamente no trabalho (aluno 6)

A categoria 4 (melhorar aulas sobre o assunto) continuou tendo um número muito baixo de menções. Apenas a resposta de um participante fez referência a tal categoria. Talvez mais um efeito do modelo de formação, que na visão de Schnetzler (2000) “(...) dá pouca atenção à discussão sobre **o que, como e porque** ensinar química, física ou biologia na escola [...]. Tal transposição didática não tem lugar em disciplinas específicas (...)” (p. 21).

Cinco participantes mencionaram ter aprendido sobre aspectos históricos (Categoria 5). O que de alguma forma mostra que tais informações conseguem impressionar alguns estudantes, embora as informações mencionadas a esse respeito tenham sido poucas e bem básicas, como exemplo:

[...] origem de seu nome (aluno 1)

¹⁴ Nota: discutido no trabalho Fearnside (2010).

[...] aprendi também que ele serviu como medicamento e as pessoas que ingeriram passaram mal ou morreram (aluno 2)

Isso reforça a necessidade de dar um pouco mais de atenção para aspectos história da ciência que poderiam ser úteis para melhorar o entendimento dos conceitos químicos e de como se deu a construção deles. Sobre isso Carvalho e Gil-Perez comentam que: “um professor precisa conhecer a história das ciências, não só como um aspecto básico da cultura científica (...), primordialmente, como uma forma de associar os conhecimentos científicos com os problemas que originaram sua construção (...)” (2011, p. 23), o que evidencia que a relação com esse aspecto não é meramente uma informação que sem relevância, mas sim algo que faz parte de um processo de construção da realidade científica e do conhecimento que está sendo trabalhado.

O Quadro 4 também mostra que apenas a de um dos participantes pode ser enquadrada na categoria 6 (aplicações tecnológicas do mercúrio), embora isso apareça com relativo destaque ao longo do texto e das atividades do produto didático. É possível que os participantes não tenham compreendido o uso de mercúrio em termômetro como uma tecnologia. A única menção a aprendizagem de aplicação tecnológica foi apresentada pelo aluno 8 ao se referir a utilização do mercúrio na extração do ouro:

[...] usá-lo pode até ajudar a separar o ouro por exemplo (aluno 8)

Embora o aluno tenha dito que aprendeu sobre isso, não parece ter atendido para os danos para o meio ambiente que o uso do mercúrio para extrair ouro implica.

Curiosamente o participante que havia inicialmente declarado interesse em aprender especificamente sobre aplicações tecnológicas (Aluno 7, ver Quadro 2) não mencionou ter aprendido nada sobre isso ao final do curso (ver Quadro 4).

Em síntese, a análise das respostas do KWL antes e após a participação dos estudantes no minicurso ofertado revelou dados importantes sobre eventuais limitações de seus respectivos cursos de formação e, ao mesmo tempo, mostrou que materiais desse tipo podem ser utilizados para aprimorar conhecimentos de licenciandos sobre aspectos que vão além de informações meramente conceituais. Além disso, os resultados foram utilizados para aprimorar o texto e as atividades do produto didático analisado. Por sua vez, o produto em questão pode inspirar outros educadores a compor textos análogos sobre assuntos e assim oferecer um maior número de materiais didáticos alternativos para os cursos de licenciatura em Química.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este texto apresenta uma pesquisa que visa oferecer contribuições para a formação inicial de professores de química. Por meio da discussão feita no capítulo de memorial apresento os pontos problemáticos (tais como falta de reflexão em aulas práticas, falta de inserção socioambiental no curso como um todo, construção de visões deformadas de ciência dentre muitos outros) que encontrei em minha formação inicial, e mostro, por meio da discussão com referenciais pertinentes, o que esses pontos podem produzir. Tudo isso teve origem em inquietações vivenciadas durante a pandemia do COVID-19. Percebi que enquanto professor de Química, não estava preparado para lidar nem com discussões a respeito de problemas ambientais e de saúde pública, nem as implicações tecnologia digital disseminação de informações.

Para tentar mitigar as limitações formativas que identifiquei no meu próprio curso de graduação, decidi compor um paradidático que, além de informações atualizadas a respeito de um tema químico, pudesse estimular a discussão de aspectos CTS. Com base nessa ideia, selecionei e apresentei os referenciais teóricos que orientaram a construção do produto paradidático sobre o Mercúrio, esses referenciais foram escolhidos com base em uma revisão feita no Banco de Periódicos da CAPES, que mostrou poucas pesquisas didáticas a respeito do assunto. O direcionamento que adotei foi o de elaborar um *e-book* interativo, com embasamento CTS, e que estivesse adequado a realidade amazônica, esse *e-book* tem por objetivo dar subsídios para professores de ciências/química compor aulas e práticas contextualizadas em problemas e aspectos da Região Amazônica.

Com o apoio desse material que foi produzido, foi posto em prática um minicurso para os graduandos de licenciatura em química da Universidade Federal do Pará, que objetivou analisar eventuais impactos de aprendizagem nos referido participantes. Ao analisar as respostas as tarefas realizadas ao longo do minicurso percebe-se que os problemas observados em minha história de formação inicial parecem ainda estar presentes entre os participantes, o que é bastante preocupante, considerando que o curso está preparando professores para atuar em uma realidade pós-pandemia em que vários problemas ambientais amazônicos foram agravados, dada desregulamentação ambiental que aconteceu, e que é uma realidade de mudanças curriculares, com a consolidação da Base Nacional Comum Curricular.

A análise de conteúdo empreendida nas respostas e comentários do grupo de participantes do minicurso fornece alguns indícios que o material paradidático proposto pode contribuir para a formação dos futuros professores Química, ao apresentar alternativas metodológicas para o processo de ensino aprendizagem de determinados conhecimentos químicos, de forma contextualizada e mais de acordo a atual BNCC. Evidentemente é necessário fazer alguns ajustes para tentar aprimorar o conteúdo, a forma e as atividades propostas no paradidático em questão, que, também pode servir de inspiração para a produção de outros materiais análogos sobre outros assuntos de Química de interesse docente.

REFERENCIAS

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento; Tradução Esteia dos Santos Abreu – Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

JÚNIOR, BAIA. **Entre o ouro e a biodiversidade**: garimpos e unidades de conservação na região de Itaituba (Tese) Doutorado em Desenvolvimento sustentável do trópico úmido Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) Universidade Federal do Pará, Pará, Brasil. 2014.

BARBOSA, Lívia. Garimpo e meio ambiente: águas sagradas e águas profanas. **Revista Estudos Históricos**, v. 4, n. 8, p. 229-243, 1991.

BARDIN, Laurence. **Análise do conteúdo**: ampliada e revisada. Lisboa: Edições 70, 2008.

BBC/BRASIL. **1 ano de covid no Brasil**: o que não sabíamos e aprendemos. Portal BBC Brasil, 2021.

BOYD, R. N. On the current status of the issue of scientific realism. In: HEMPEL, C; PUTTMAN, H; ESSLER, W. (Eds.). **Methodology, Epistemology, and Philosophy of Science**. Dordrecht: Springer, 1983. p. 45-90.

BRABO, Jesus Cardoso. Falácias, pós-verdade e ensino-aprendizagem de Ciências. **Ensino & Pesquisa**, v. 19, n. 1, p. 25-38, 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: Presidência da República, 1996.

CACHAPUZ, Antônio Francisco; PRAIA, João José Félix. JORGE, Manuela P. **Ciência, educação em ciências e ensino das ciências**. 1ª ed. – Lisboa: Ministério da Educação, 2002.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de ciências**: tendências e inovações. São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO, Letícia; MARTINS, André Ferrer. Formação de professores de ciências a partir da perspectiva do desenvolvimento profissional. **Pesquisa e Debate em Educação**, v. 8, n. 2, p. 216-242, 2018.

CHALMERS, Alan F. **O que é ciência afinal?** Trad, Raul Fiker. 1 ed. São Paulo Brasiliense 1993

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação - 8. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2018.

CONTRERAS, José. **A autonomia de professores**. Cortez, 2002.

CORTELA, Beatriz SC; NARDI, Roberto. O ensino em didática da ciência na formação inicial de professores de Física: o desafio da simetria invertida. *Enseñanza de las ciencias*, n. Extra, p. 5463-5468, 2017.

CRESPO-LÓPEZ, Maria Elena et al. Mercury: What can we learn from the Amazon? *Environment International*, v. 146, p. 106223, 2021.

FÁBIO, André Cabette. **Reinvenção do garimpo no Brasil**. Rio de Janeiro: Mórula, 2022.

FEARNSIDE, Philip Martin. **Exploração mineral na Amazônia Brasileira: o custo ambiental**. Grupo de Estudos Estratégicos Amazônicos (GEEA). Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2010.

FERNANDEZ, Carmen. Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 500-528, 2015.

FERRAZ, Maria das Graças. O impacto da política de ciência e tecnologia do Brasil no desempenho de um instituto de pesquisa na Amazônia: o caso do Museu Paraense Emílio Goeldi. *In: Conhecimento e fronteira: história da ciência na Amazônia*. Priscila Faulhaber, Peter Mann de Toledo (org.). Belém: Museu paraense Emílio Goeldi, 2001.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 53ª ed – Rio de Janeiro: Paz e terra, 2016.

GATTI, Bernardete Angelina. SÁ BARRETO, Elba Siqueira de. ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de. ALMEIDA, Patrícia Cristina Albieri de. **Professores do Brasil: novos cenários de formação**. Brasília: UNESCO, 2019.

GONÇALVES, Terezinha Valim Oliver. **Ensino de ciências e matemática e formação de professores: marcas da diferença**. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 12, n. 3, p. 299-13, 1994.

JESUS, Hebert Heitor Silva de; TOLOSA, Francisco Everdosa; FERNANDES, Adriano Caldeira. Reflexões e contribuições do estágio supervisionado no curso de licenciatura em química da UFPA. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 8, n. 2, p. 755-773, 2020.

MACHADO, Jorge Ricardo Coutinho. **A formação de professores de química na UFPA: a história de um curso de graduação e sua evolução**. 2004. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática) – Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento científico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

MALDANER, Otávio Aloisio. Concepções epistemológicas no ensino de ciências. *In: Roseli Pacheco Schnetzler. Rosália Maria Ribeiro de Aragão (org.). Ensino de ciências: fundamentos e abordagens*. Campinas: R. Vieira gráfica e editora, 2000. Cap. 3, p. 60 – 81

MARTINS, André Ferrer Pinto. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MINTZES, Joel J; WANDERSEE James H; NOVACK Joseph D. **Ensinando ciências para a compreensão**. Tradução: Rita Clemente. 1 ed. Lisboa: Plátano, 2000

MOREIRA, Marco Antônio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, p. 73-80, 2018.

NUNES, João Batista Mendes. **Aprendizagens docentes no CCIUFPA: sentidos e significados das práticas antecipadas assistidas e em parceria na formação inicial de professores de ciências**. 2016. Dissertação. Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

NUNES, João Batista Mendes. **(Trans)formação de licenciandos em educadores químicos: traços do (con)viver e praticar a docência durante a formação inicial no Clube de Ciências da UFPA**. 2021. Tese. Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2021.

OGLE, Donna. KWL: The know, want to know, learn strategy. In: MUIITH, K. D. **Children's comprehension of text: Research into practice**. Newark: International Reading Association, 1989.

OLIVEIRA, Luciana de Fátima. Estado do Maranhão e Grão-Pará: primeiros anos de ocupação, expansão e consolidação do território. **Anais do XXVI Simpósio Nacional de História**, 2011.

OLIVEIRA, Sérgio Roberto Lemos de. **Avaliação dos níveis de mercúrio total em músculos de peixes associados à macrófitas aquáticas do Rio Amazonas e afluentes – Amazônia**, Brasil. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Oeste do Pará.

PAIXÃO, Christian Corrêa da. **Narrativa autobiográfica de formação: processos de vir a ser professor de ciências**. Dissertação. Universidade Federal do Pará. Belém, 2008.

PIETROCOLA, Maurício; SOUZA, Carolina Rodrigues. A sociedade de risco e a noção de cidadania: desafios para a educação científica e tecnológica. **Linhas Críticas**, v. 25, 2019.

PORTUGAL, Khalil Oliveira; BROIETTI, Fabiele Cristiane Dias. Visões acerca da natureza da ciência de formandos em licenciatura em química. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 5, n. 1, p. 1-18, 2020.

PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, p. 141-156, 2007.

ROSA, Cleci Terezinha Werner da. **Metacognição no ensino de física: da concepção à aplicação**. – Passo Fundo : Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em química: compromisso com a cidadania** - 4, ed. Ver. atual. Ijuí : Ed. Unijuí, 2010.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. O professor de ciências: problemas e tendências de sua formação. In: Roseli Pacheco Schnetzler. Rosália Maria Ribeiro de Aragão (org.). **Ensino de ciências: fundamentos e abordagens**. Campinas: R. Vieira gráfica e editora, 2000. Cap. 1, p. 12 – 42

SCHON, Donald A.; In: Nóvoa, Antônio. **Os professores e sua formação**. Dom Quixote, Lisboa, 1992

SILVA, Lenice Heloísa de Arruda; ZANON, Lenir Basso. A experimentação no ensino de ciências. *In*: Roseli Pacheco Schnetzler. Rosália Maria Ribeiro de Aragão (org.). **Ensino de ciências: fundamentos e abordagens**. Campinas: R. Vieira gráfica e editora, 2000. Cap. 6, p. 120 – 154.

SILVA, Elzeni Oliveira da. **O ensino de química na EJA com as atividades do tipo P.O.E. e Mão na massa**. 2018. Dissertação. Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

SILVA, Rodrigo da Luz; ALMEIDA, Eliane dos Santos; NASCIMENTO, Elisangela Silva; PRUDÊNCIO, Christiana Andréa Viana. Professores de química em formação inicial: o que pensam e dizem sobre as relações entre meio ambiente, ciência, tecnologia e sociedade. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 537-563, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Faculdade de Química. **Projeto Pedagógico do curso de Licenciatura**. Belém, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. **RESOLUÇÃO N. 5.294, DE 21 DE AGOSTO DE 2020**. Institui o Ensino Remoto Emergencial, excepcional e temporária (ERE), enquanto durar a emergência sanitária relativa a COVID-19

VILARDAGA, José Carlos. Fronteiras instáveis e alianças cambiantes: a ocupação colonial do Guairá e as relações entre Villa Rica del Espiritu Santo e São Paulo de Piratininga entre os séculos XVI e XVII. *Revista de Índias*, v. 79, n. 277, p. 659-695, 2019.

YOUNG, Michael. Para que servem as escolas? **Revista Educação e Sociedade**, (Campinas) v. 28, n 101, p. 1287 – 1302, 2007.

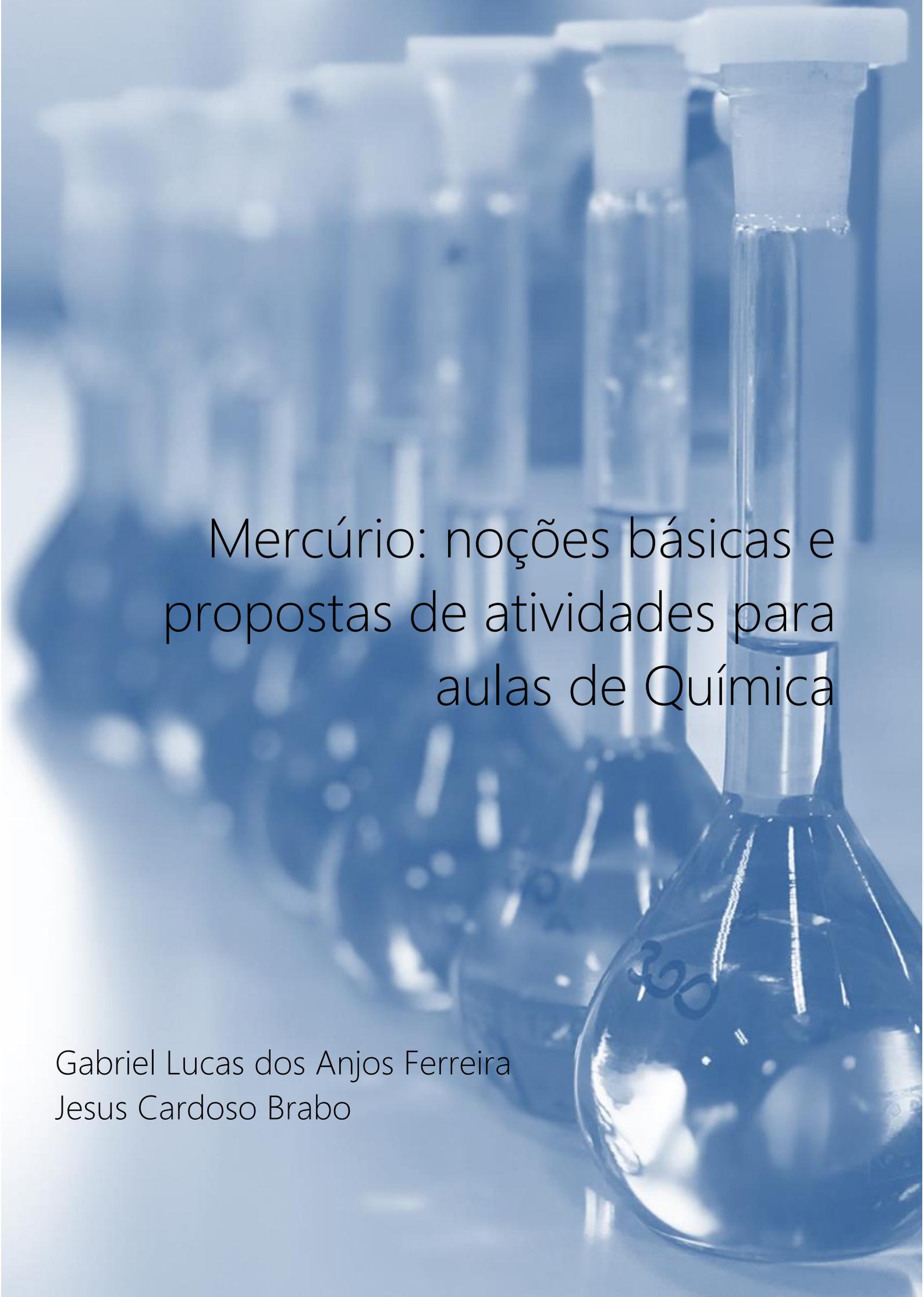
ZANON, Lenir Basso; HAMES, Clarinês; SANGIOGO, Fábio André. Interações em espaços de formação docente inicial na perspectiva da (re) construção do currículo escolar na modalidade de situação de estudo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 21-35, 2012.

APENDICES

Questionário *KWL – Know Want Learning*

O que você aprendeu	
O que você quer saber sobre o mercúrio	
O que você sabe sobre o mercúrio	

Produto didático



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

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.

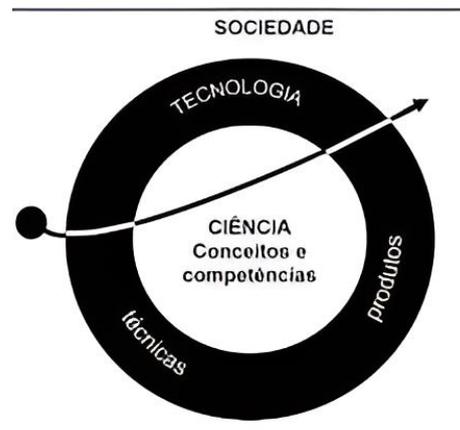


Figura 1: O diagrama do modelo abordagem didática que recomenda que as atividades partam de questões sociais, passem por questões de tecnologia, discutam conceitos e depois retornem para questões tecnológicas e sociais (AIKENHEAD, 1994), foi um dos parâmetros utilizados para compor a estrutura, conteúdo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

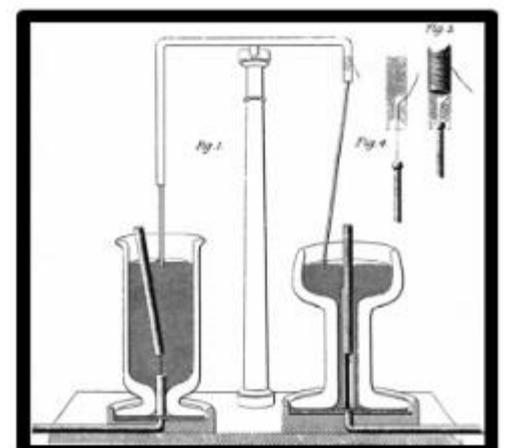


Figura 9: Em 1821 Faraday montou um protótipo de motor que funcionava com eletricidade e indução magnética, para isso ele usou o mercúrio, justamente por suas propriedades boa condutividade elétrica.

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).

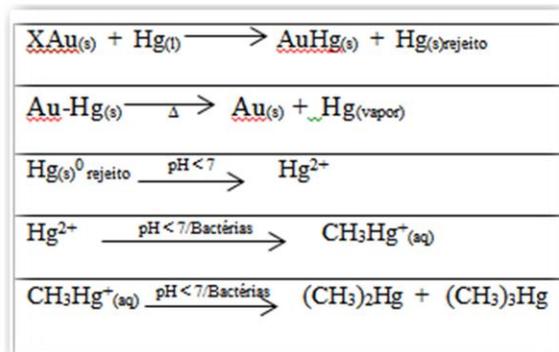


Tabela 2: Quadro com as reações que acontecem com o Mercúrio quando utilizado no garimpo.
Fonte: os autores

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.

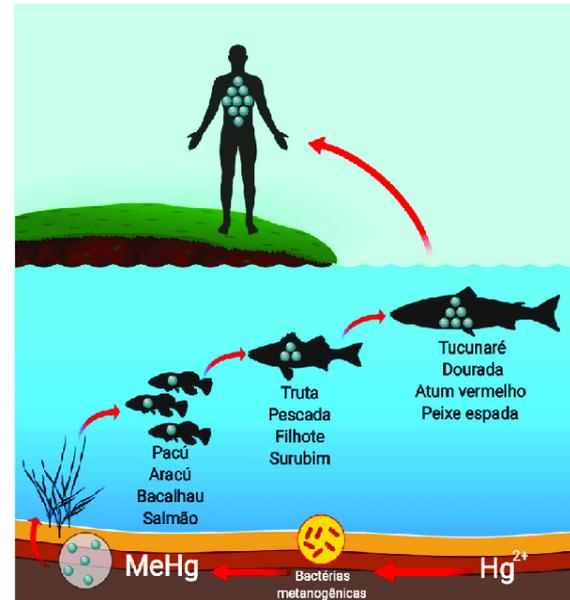


Figura 12: Esquema de biomagnificação pelo qual o Mercúrio passa na natureza. Durante cada uma das transições a quantidade de Hg só aumenta, pois o metal não é metabolizado nem por organismos de peixes nem por organismo humana.
Fonte: Crespo-López et.al (2005)

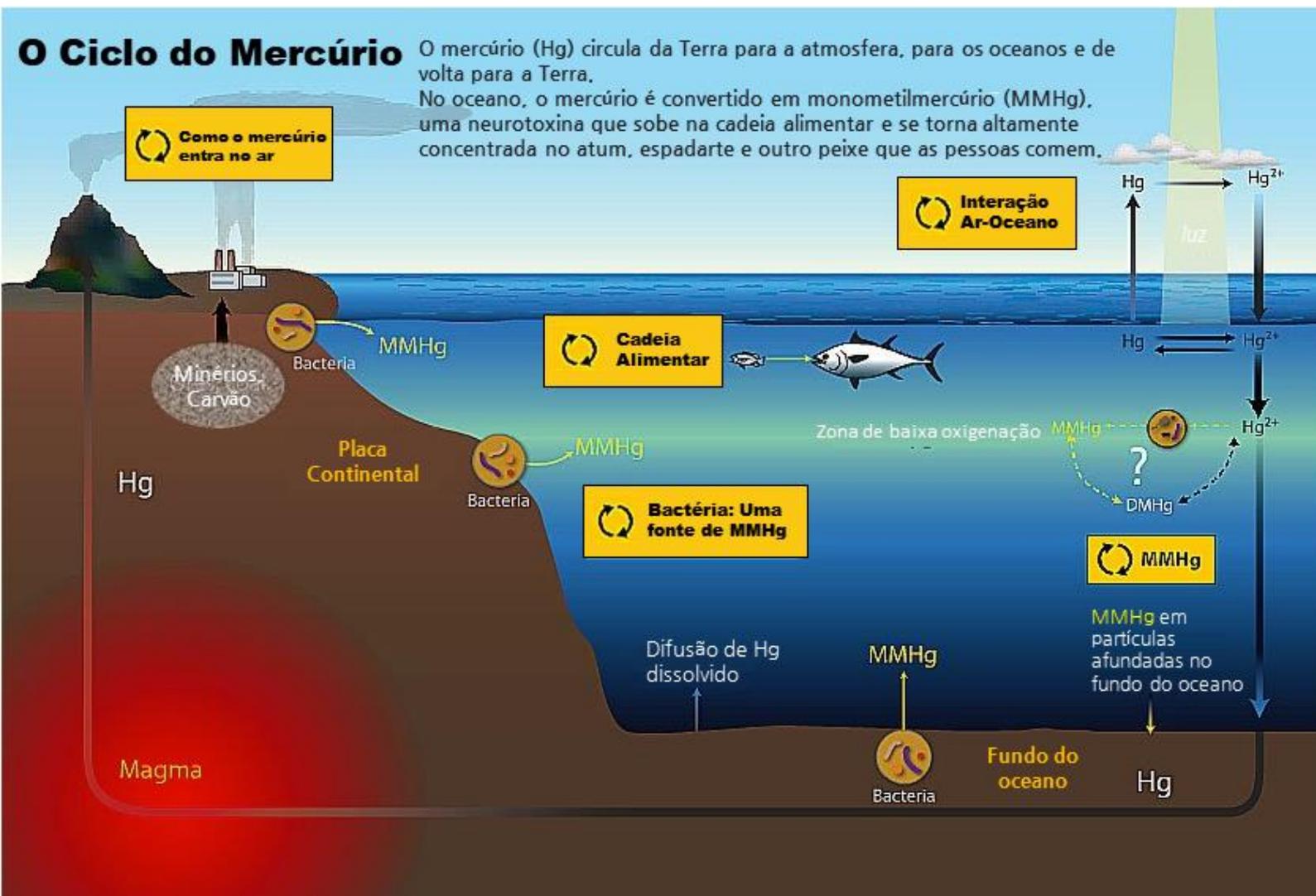


Figura 13: Ciclo do Mercúrio na natureza. Fonte: Mesquita (2018)

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 sobram, 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.

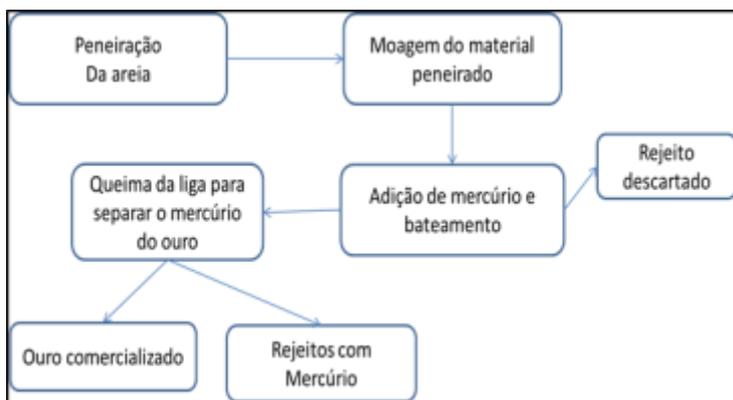


Figura 23 - Representação esquemática do processo de mineração de ouro com uso de mercúrio. Fonte: Autores.

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.

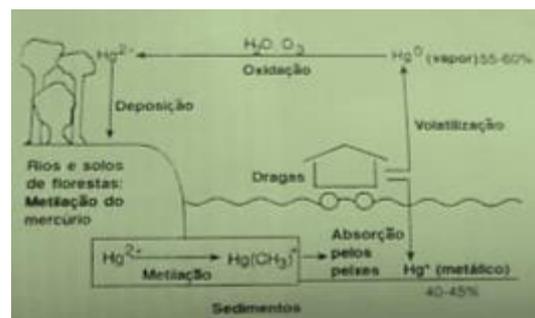


Figura 28: Diferentes vias de contaminação por mercúrio derivadas do uso de dragagem dos rios. Fonte: Lacerda e Salomons (1992)

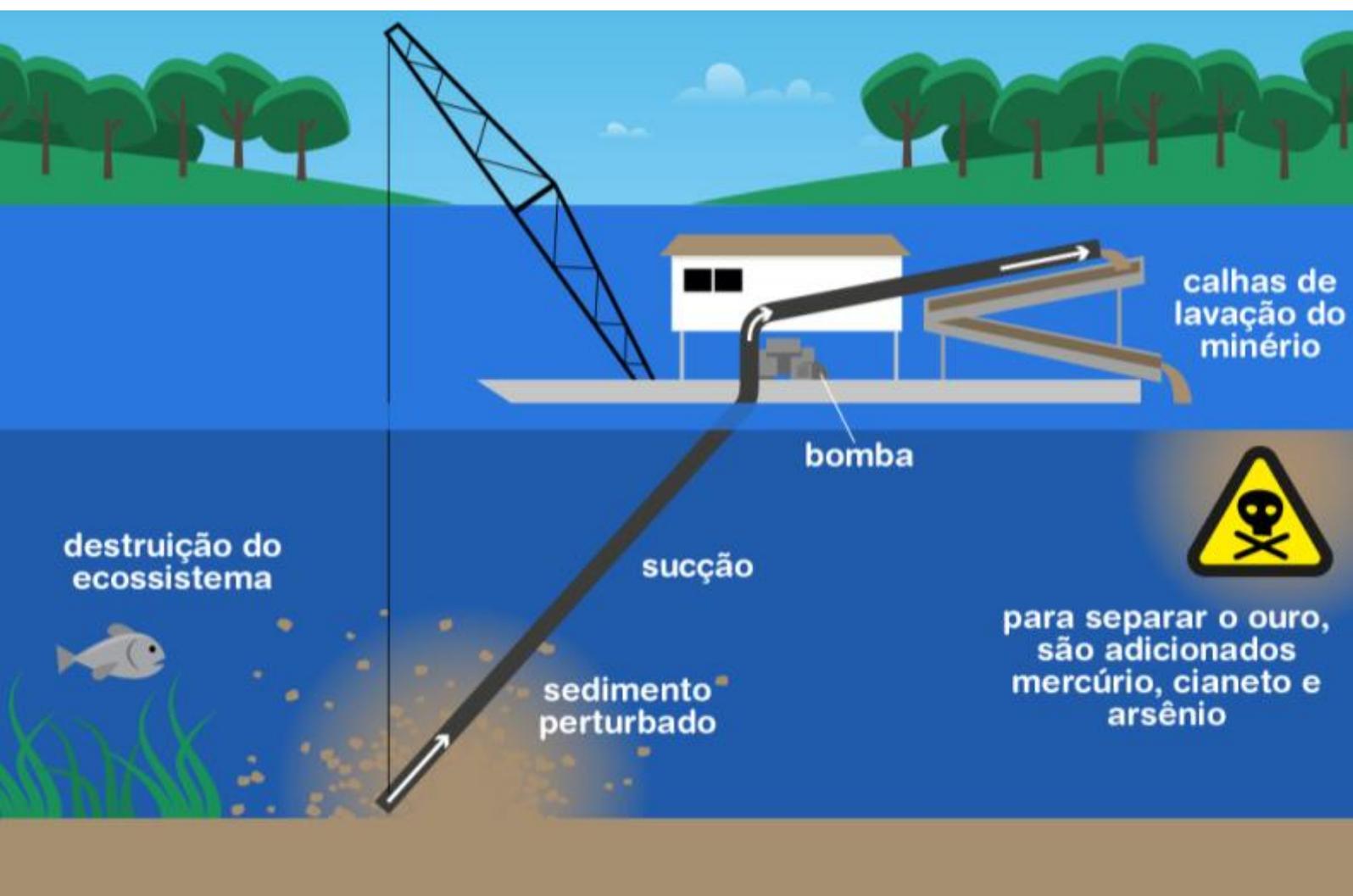


Figura 29: Ilustração dos diversos impactos ocasionados pela mineração por dragagem nos rios. Fonte: arvoreagua.org

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

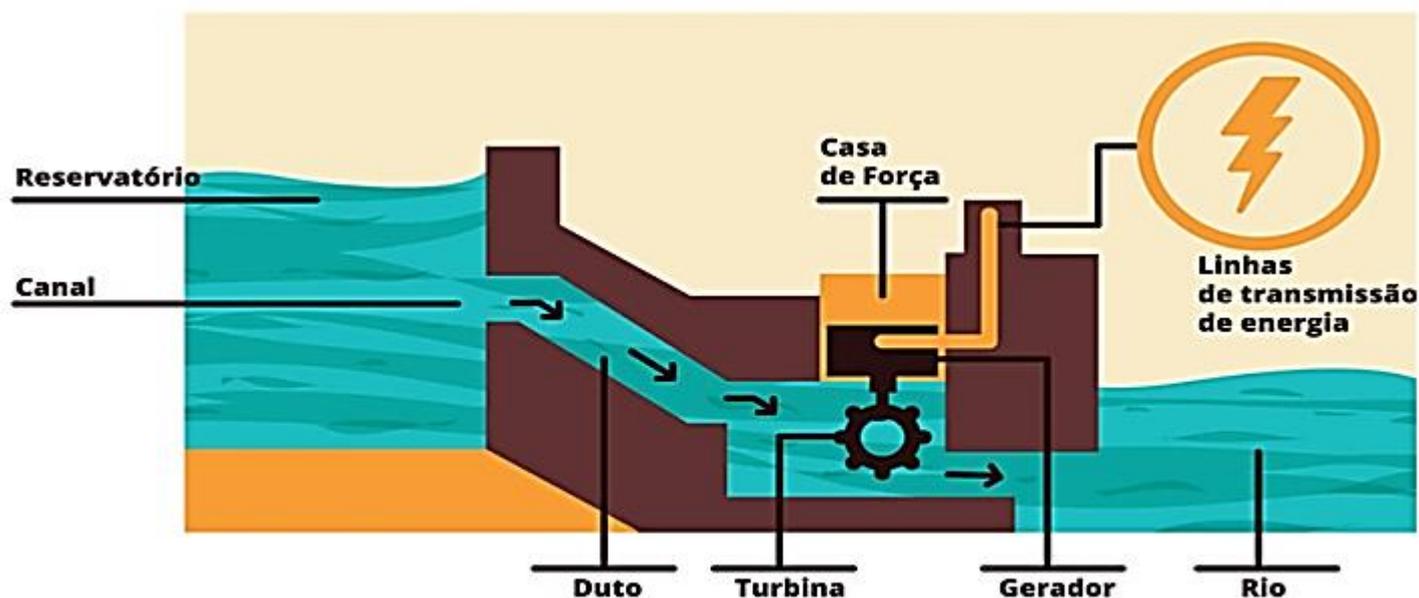


Figura 31: Ilustração esquemática do relevo na região amazônica (BRANDÃO, 2011) e do funcionamento de barragens de usinas hidrelétricas (FRANCISCO, 2018).

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/sqpTZ28QFCg>

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,

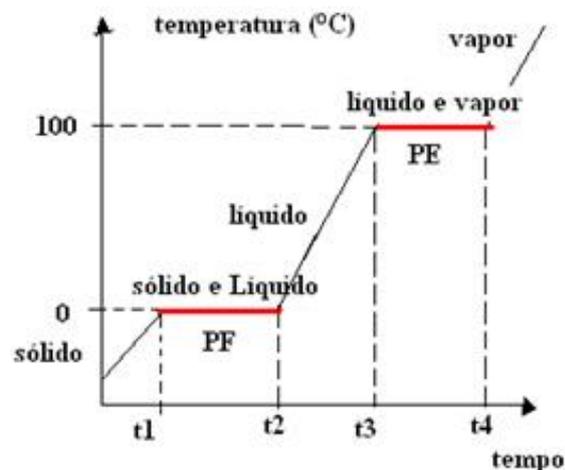


Figura 32: gráfico mudança de estado físico da água no nível do mar. Fonte: Fogaça (2014)



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 removem 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 leiam 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

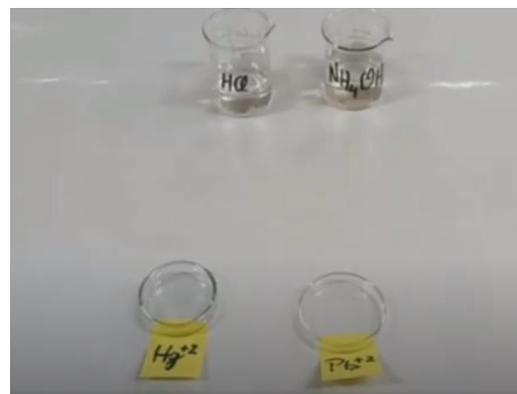
Fonte: Wikipedia

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/dois-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-mercuro/>

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 _____ $^{\circ}\text{C}$.