

Produção e análise de um paradidático sobre Mercúrio para cursos de formação de professores de Química

Gabriel Lucas dos Anjos Ferreira¹, Jesus Cardoso Brabo²

¹ Mestre em Docência em Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Pará
Professor do Colégio Eficaz

² Doutor em Ensino de Ciências pela Universidade de Burgos (Espanha)
Professor do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará

Production and Analysis of a Supplementary Book on Mercury for Chemistry Teacher Training Courses



Informações do Artigo

Palavras-chave:

Amazônia; material didático; formação docente.

Key words:

Amazon; educational material; teacher training

E-mail: brabo@ufpa.br



A B S T R A C T

This study examines potential learning consequences of using constructivist nature didactic activities and the STSE approach – focusing on the properties and applications of the chemical element Mercury and the dangers that indiscriminate use of its derivatives poses to humans, animals, and the environment – compiled in a supplementary book for Chemistry teaching degree courses and implemented in a mini-course taught to a group of twelve Chemistry teaching degree students. Their discursive responses to questions from a KWL chart were subjected to content analysis to synthesize the responses into certain categories created a posteriori. The analysis results indicated formative gaps among the participants in terms of mastery of knowledge and skills necessary to address socio-environmental issues and constructivist didactic ideas. Additionally, some evidence is presented and discussed suggesting that the proposed material can positively contribute to the training of future chemistry teachers.

INTRODUÇÃO

O adequado letramento científico da maior parcela possível da população tem sido a principal meta da educação escolar contemporânea, tanto em países desenvolvidos quanto naqueles ditos “em desenvolvimento” (GARCÍA-CARMONA; ACEVEDO-DÍAZ, 2018; MARTINS, 2020). Acredita-se que tal condição fortalece econômica e culturalmente as sociedades, fomenta e fortifica regimes democráticos e promove a paz e a integração entre países (YACOUBIAN, 2018).

Cidadãos cientificamente letRADOS, além de ocupar cargos importantes nas diferentes esferas econômicas que produzem riqueza para o país ou mesmo empreender negócios rentáveis que geram emprego e renda, podem exercer de maneira crítica sua cidadania, fazendo parte de discussões civilizadas e cientificamente embasadas sobre diferentes problemas sociais e econômicos, reivindicar democraticamente seus direitos ou de minorias injustiçadas, lutar pela preservação do meio ambiente e culturas tradicionais, contribuindo assim para a prosperidade de sua família e de seu país (HURD, 1998; HODSON, 2003; PIETROCOLA; SOUZA, 2019).

Por outro lado, indivíduos com letramento científico insuficiente, além de enfrentar problemas para ingressar e manter-se no mercado de trabalho, são mais vulneráveis à influência de grupos políticos mal intencionados, que manipulam informações e usam ostensivamente táticas discursivas para convencer as pessoas a apoiar suas práticas criminosas de exploração de riquezas naturais, descuido com a saúde e educação públicas, especulação financeira, ataque às instituições democráticas, entre outros expedientes que fortalecem, cada vez mais, apenas o poder econômico e político desses grupos. Com o advento da internet tal manipulação se intensificou em diferentes países, inclusive no Brasil (BRABO, 2021)

Naturalmente, o desafio da educação básica em dar melhores oportunidades para o letramento científico das nossas crianças e jovens só poderá ser superado à medida que o sistema de educação superior for capaz de formar bons professores, oferecendo àqueles que têm interesse de atuar na docência uma diversidade de conhecimentos, habilidades e competências científicas e didáticas (SHULMAN, 2013; FERNANDEZ, 2015; BRABO; SILVA, 2022)



Claro, a formação de bons profissionais da educação deve acontecer juntamente com melhoria da infraestrutura escolar, valorização de carreira e implantação de sistemas de formação continuada de professores. Sistemas que possam continuamente atualizar os materiais didáticos e os currículos de formação de professores, especialmente considerando a implementação da atual Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2017) e outras políticas públicas similares.

Nesse contexto, este trabalho visa dar uma contribuição para cursos de formação inicial de professores de Química, discutindo os resultados da análise de conteúdo de resposta de licenciandos em Química que participaram de uma intervenção didática baseada no conteúdo e atividades de natureza construtivista e abordagem CTSA organizadas em um livro paradidático sobre o elemento químico Mercúrio (FERREIRA; BRABO, 2023). Por conseguinte, trata-se de um relato de pesquisa & desenvolvimento de material didático para cursos de formação de professores, fundamentado em resultados de investigações didáticas e sugestões de diferentes pesquisadores contemporâneos da área de ensino de ciências/Química

APORTE TEÓRICO

É inegável os benefícios que o advento de inúmeros produtos e processos científicos e tecnológicos trouxeram para uma grande parcela da humanidade. No entanto, a busca e implementação de certos produtos e processos tecnológicos eventualmente desconsidera impactos a médio e longo prazo dessas inovações em determinadas populações humanas, ecossistemas específicos ou no planeta como um todo.

O aumento da temperatura média global e os ecossistemas dizimados pela mineração, rejeitos industriais, desmatamento, incêndios florestais, inundações e guerras são apenas alguns exemplos de como ações antrópicas estão ultrapassando os limites planetários que, entre outros efeitos deletérios, estão causando mudanças climáticas intoleráveis e irreversíveis, taxas aceleradas de perda e extinção da biodiversidade e o deslocamento e supressão de muitas vidas humanas com maior frequência e magnitude (PIUNNO; SHAHMURADYAN, 2024).

Diferentes convenções das Nações Unidas, entre outras decisões em prol da paz, prosperidade e preservação da vida no planeta, têm recomendado a todos os países membros a

implementação célere de políticas públicas de aperfeiçoamento dos sistemas de educação básica, para que assim sejam criadas melhores condições de "salvar o planeta" do iminente colapso ambiental que se aproxima (HODSON, 2003; SADLER et al., 2006; PEDRETTI et al., 2008).

A crise ambiental global e os inúmeros problemas socioambientais locais demandam que os sistemas de ensino básico não apenas almejem o aprendizado de conceitos científicos subjacentes às tecnologias modernas, mas também estimulem os alunos a avaliarem criticamente as implicações da adoção de certos padrões de desenvolvimento e consumismo tecnológico nas sociedades e no meio ambiente (PIETROCOLA; SOUZA, 2019).

Preocupados com tais problemas e almejando alternativas para superá-los, educadores ligados à chamada abordagem educativa CTSA vem defendendo, a mais de 40 anos, a implementação de um currículo de educação básica que considere e coloque em pauta o entrelaçamento da ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (CTSA). Inclusive, tal abordagem já foi implementada com sucesso em escolas da Austrália, Canadá, Tailândia e vários países da Europa (Martins, 2020).

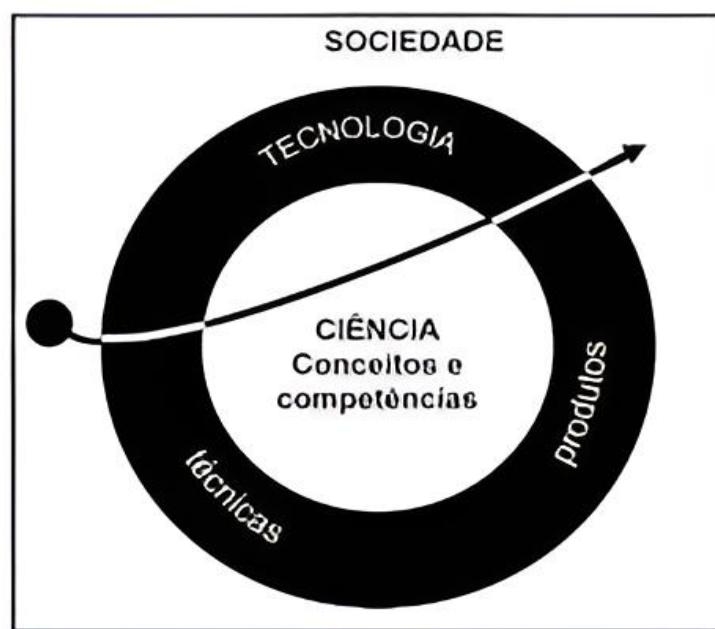


Figura 1: Diagrama do modelo de abordagem didática sugerida por Aikenhead (1994).

Simplificadamente o modelo de educação CTSA, esquematizado na figura 1, recomenda que os professores de ciências, ao invés de simplesmente expor de forma canônica teorias científicas importantes, ensejam discussões que partam de questões sociais, passem por questões de tecnologia, introduzam conceitos e depois voltem a analisar, de maneira mais qualificada, as questões tecnológicas e sociais (AIKENHEAD, 1994), enfatizando a discussão e busca por soluções para danos ambientais causados pelo advento de certos dispositivos ou processos tecnológicos (VILCHES; GIL PÉREZ; PRAIA, 2011).

Estudantes de escolas da Região amazônica, por exemplo, frequentemente testemunham inúmeros problemas socioambientais graves (desmatamento, expansão da fronteira agrícola, perseguição das populações nativas, narcotráfico, garimpo ilegal de ouro, entre outros). Problemas que afetam diretamente muitas pessoas e que poderiam ser postos em pauta em aulas de Química,

uma vez que vários aspectos de tais problemas tem relação direta com conhecimentos próprios da disciplina.

Para isso, professores de Química, além de dominar conhecimentos específicos da disciplina, devem estar preparados, dispor de tempo e condições de infraestrutura para conduzir seus alunos a lidar com problemas reais da comunidade em que vivem, e tomar consciência de possíveis alternativas de intervenção em suas realidades, utilizando os conhecimentos e habilidades adquiridos em sala de aula. Superando assim algumas limitações do modelo de ensino baseado exclusivamente na apresentação de conceitos e definições científicas, proporcionando aos educandos à vivência de um processo educativo mais contextualizado e estimulante (VILCHES; GIL PÉREZ; PRAIA, 2011).

Para que os atuais e futuros professores de Química adquiram tais competências é necessário que também vivenciem em seus cursos de formação inicial e continuada aulas estruturadas em recomendações CTSA (SOUSA; BRITO, 2015; MARCONDES et al., 2023). Para tanto é essencial que sejam projetadas disciplinas e diretrizes curriculares que possibilitem a implementação de aulas desse tipo nos referidos cursos e que haja uma preparação adequada dos formadores de professores.

Considerando que exista infraestrutura adequada, formadores de professores devidamente preparados – e dispostos a implementar atividades CTSA – e que o currículo dos cursos favoreça tais práticas, ainda é necessário dispor de materiais didáticos com informações para subsidiar a compreensão e análise de eventuais problemas e que, outrossim, contenham ideias e sugestões atividades bem desenhadas para engajar estudantes em processos de ensino-aprendizagem compatíveis com os objetivos CTSA propostos.

Com base nas ideias e preocupações mencionadas, este trabalho visa oferecer uma pequena contribuição aos cursos de formação de professores de Química, apresentando e discutindo os resultados da análise de um episódio de uso de um pequeno livro paradidático sobre o elemento químico Mercúrio, baseado deliberadamente em recomendações didáticas de natureza CTSA.

A proposta é oferecer a atuais e futuros professores informações e ideias para lidar com problemas pertinentes à realidade amazônica, ampliando o repertório de conhecimento e competências que habilitem docentes a implementar atividades de análise e reflexão crítica de questões socioambientais com seus alunos de educação básica e, assim, cumprir seu papel de agente transformador da sociedade.

A criação do produto educacional, um paradidático sobre o Mercúrio, foi motivada pela observação de problemas como falta de contextualização, foco excessivo em conceitos químicos e desconexão com a realidade dos alunos de educação básica. O objetivo do paradidático é oferecer oportunidades para que os licenciandos possam exercitar conhecimentos e habilidades relacionados ao tema e, ao mesmo tempo, inspirá-los a propor atividades análogas para seus futuros alunos, seguindo a ideia de simetria invertida (CORTELA; NARDI, 2017).

A escolha do tema do Mercúrio foi inspirada em várias reportagens jornalísticas recentemente veiculadas sobre garimpo ilegal no Rio Madeira e em uma série documental intitulada *Transamazônica: uma estrada para o passado* (2021), onde é possível perceber que os problemas socioambientais do lançamento indiscriminado de Mercúrio na natureza, via atividades de garimpo ilegal, podem servir perfeitamente como objeto de discussão de conhecimentos químicos

relevantes e contextualizados, além de possibilitar a reflexão sobre diversos problemas sociais relacionados à exploração mineral na região amazônica.

Para compor o texto do paradidático, foram realizadas buscas em repositórios acadêmicos digitais, utilizando palavras-chave como: mercúrio na Amazônia, reações do mercúrio no ambiente e sua toxicidade. Foram selecionados livros, artigos de periódicos, teses e dissertações que forneceram informações atualizadas sobre o elemento químico mercúrio, sua história, propriedades físico-químicas, uso no garimpo, vias de contaminação e impactos na saúde humana e no meio ambiente. O texto também contém sugestões de atividades didáticas que podem ser utilizadas por professores de química em suas aulas e/ou servir de modelo para a produção de atividades análogas.

Cabe salientar que, embora seja possível encontrar outros paradidáticos fundamentados em orientações do tipo CTSA, não foram encontrados na literatura da área de ensino de ciências paradidáticos que tratem especificamente do elemento químico mercúrio a partir de uma abordagem explicitamente fundamentada nos pressupostos CTSA, como proposto neste estudo.



APORTE METODOLÓGICO

A análise do potencial didático do produto educacional proposto (FERREIRA; BRABO, 2023) é de natureza qualitativa (STAKE, 1994), uma vez que utiliza técnicas de análise de conteúdo para interpretar e categorizar respostas discursivas e opiniões dos participantes a respeito da intervenção didática proposta.

Doze estudantes universitários do curso de licenciatura em química da UFPA, todos cursando o penúltimo semestre do curso, voluntariamente se inscreveram para assistir ao minicurso sobre o paradidático em questão, discutindo as informações e sugestões de atividades contidas no livro e respondendo questões dos instrumentos de coleta de dados.

Cada participante recebeu uma cópia impressa colorida e encadernada do paradidático. O autor principal conduziu a apreciação da obra, utilizando um projetor de slides para apresentar diferentes informações e aspectos contidos no livro e aplicar as tarefas e instrumentos de coleta de dados. O minicurso teve duração de 120 minutos ininterruptos de atividades, discussão de dúvidas e comentários a respeito do ideias aventadas.

Além de anotações etnográficas do comportamento dos participantes, foi utilizado um formulário KWL para avaliar eventuais conhecimentos prévios dos participantes sobre o assunto, dúvidas e aprendizagem antes e depois do processo (OGLE, 1989), em uma tentativa de captar eventuais mudanças de compreensão após a intervenção didática vivenciada, avaliando aprendizagens e impressões sobre informações e sugestões veiculadas no paradidático em questão.

Após a realização do minicurso e a coleta dos formulários KWL preenchidos, as respostas escritas pelos participantes foram submetidas à leitura flutuante para, em seguida, serem inferidas, *a posteriori*, as categorias de análises – apresentadas nos Quadros 1, 2 e 3. Esse processo consistiu em agrupar as respostas dos participantes em categorias temáticas para facilitar a análise dos dados. Para realizar essa categorização, foram seguidos os passos de análise de conteúdo propostos por Bardin (2011).

As seguintes categorias foram criadas para organizar as respostas dos participantes:

1. *Propriedades físicas e químicas*: Nesta categoria foram agrupadas as respostas que mencionavam informações sobre as propriedades físicas e químicas do mercúrio, como seu número atômico e estado físico.
2. *Impactos na saúde*: Respostas que tratavam dos possíveis impactos do mercúrio na saúde humana foram enquadradas nessa categoria, abordando questões de toxicidade e possíveis danos à saúde.
3. *Impactos ambientais*: Aqui foram agrupadas as respostas que tratavam dos impactos ambientais causados pelo mercúrio, como poluição de rios e danos à natureza.
4. *Melhorar aulas sobre o assunto*: Menções dos participantes que manifestavam interesse em aprender mais sobre o tema para melhorar suas aulas como futuros professores foram incluídos nessa categoria.
5. *Aspectos históricos*: Respostas que mencionavam aspectos históricos relacionados ao mercúrio, como sua origem e uso ao longo do tempo, foram categorizadas aqui.
6. *Aplicações tecnológicas*: Nesta categoria foram agrupadas as respostas que abordavam as aplicações tecnológicas do mercúrio, como seu uso em termômetros e em processos industriais.



Cada resposta foi analisada de acordo com o seu conteúdo e agrupada em uma das categorias mencionadas, buscando sintetizar e agrupar os diferentes aspectos abordados pelos participantes. Por exemplo, se uma resposta mencionava informações sobre as propriedades químicas do Mercúrio, era enquadrada na categoria 1 (Propriedades físicas e químicas). Isso foi feito para todas as outras respostas, a fim de obter uma síntese das percepções e aprendizagens dos participantes sobre as ideias abordadas no minicurso.

Por questões de limitação de espaço e estética textual, os resultados da análise de conteúdo foram sintetizados em quadros de categorização de respostas (Quadros 1, 2 e 3) que relacionam as categorias de análise com respectivos participantes, suprimindo os trechos transcritos e apenas sinalizando com X cada ocorrência categorizada nas respectivas células.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados da categorização apresentada no Quadro 1, que apresenta a categorização das respostas dadas a primeira indagação do quadro KWL proposto: “O que você sabe sobre o mercúrio?”, revela que a maioria dos estudantes que participaram do minicurso focou suas respostas em informações a respeito de propriedades do elemento Mercúrio, tal como número atômico e estado físico em condições de pressão e temperatura ambiente. Apenas o Aluno 6 mencionou informações sobre a toxicidade do mercúrio para seres humanos e para o meio ambiente. Também pode ser observado no Quadro 1 que menos da metade da turma demonstrou ter conhecimento de aplicações tecnológicas do Mercúrio em produtos como desodorantes ou termômetros.

O fato de a maioria das respostas se concentrar nas propriedades do elemento pode estar relacionado ao modelo de formação oferecido pelo curso de licenciatura em Química da UFPA, onde, embora tenham ocorrido mudanças curriculares ao longo dos últimos dez anos, ainda predomina uma perspectiva centrada na aprendizagem de conceitos e processos químicos canônicos (NUNES, 2021). Nessa perspectiva, os conhecimentos científicos específicos da disciplina

Química em si são considerados suficientes para formar um bom profissional, o que acaba deixando em segundo plano, ou simplesmente ignorando, a discussão de questões interdisciplinares e contextualizadas relacionadas a problemas sociais e ambientais do uso de determinadas substâncias e processos químicos, como a exploração mineral com uso indevido do mercúrio na Amazônia.

Quadro 1: Categorização das respostas à questão: o que você sabe sobre o mercúrio?

Categorias	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: dados de pesquisa.

A falta de menções sobre os impactos socioambientais do uso do mercúrio na Amazônia é preocupante, considerando o contexto de uma região que é explorada pela mineração e que o uso inadequado do elemento tem causado poluição dos rios e problemas de intoxicação em seres humanos e na fauna. Essa falta de preocupação pode indicar que os estudantes não têm sido devidamente incentivados a problematizar seu cotidiano e a relacionar o que aprendem em sala de aula com questões reais e relevantes para a região onde vivem (CORTEZ; DEL PINO, 2018).

Quadro 2: Categorização das respostas à questão: o que você precisa saber sobre o Mercúrio para dar uma aula?

Categorias	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: dados de pesquisa.

Esses resultados corroboram pesquisas sobre a formação dos professores como as de Sá e Santos (2017), que demonstraram que certos cursos de licenciatura em Química se resumem a abordar conteúdos científicos e pedagógicos, sem uma devida integração entre eles. Por outro lado, pesquisadores da área de ensino de Química como Ritter e Maldaner (2015) e Aguiar, Cunha e Lorenzetti (2022), têm demonstrado o quanto é importante repensar o modelo pedagógico utilizado na formação de professores de ciências, estimulando e capacitando-os a abordar questões interdisciplinares, contextuais e socioambientais em suas práticas docentes futuras, justificando que, dessa forma, terão melhores oportunidades para desenvolver uma visão mais ampla e crítica

do papel da ciência e da educação na sociedade contemporânea, atuando de maneira mais efetiva na resolução de problemas socioambientais do nosso tempo.

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 acreditam possuir 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 julgam necessários para darem aulas sobre esse elemento, e apenas uma das respostas é sobre as propriedades, é possível inferir que, embora julguem dominar informações básicas sobre propriedade físico-químicas do mercúrio, grande parte deles julga importante ter domínio de outros tipos de conhecimentos, principalmente os relacionados aos impactos ambientais do Mercúrio (Categoria 3), como nos exemplos ilustrados pelos seguintes trechos de respostas dos participantes:

- [...] 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 provável que tais preocupações decorram de reportagens sobre a contínua expansão de garimpos ilegais na Amazônia que eventualmente são veiculadas em noticiários (Casemiro, 2025). Se tal inferência estiver correta, ela é um bom indicativo dos benefícios que a inclusão de atividades com abordagens do tipo CTSA poderia trazer para aulas de Química. Levando em consideração que um ensino CTSA, discute aspectos que vão além dos conhecimentos disciplinares, colocando em pauta discussões importantes para a formação de cidadãos que conhecem, exercitam seus direitos e sabem da importância dos seus papéis em sociedades democráticas (SANTOS; SCHNETZLER, 2010; AGUIAR; CUNHA; LORENZETTI, 2022). Se for assim, a inclusão desse tipo de atividade em cursos de licenciatura em Química pode estimular os estudantes a dar mais atenção a questões dessa natureza, inserindo e mantendo discussões saudáveis sobre diversos aspectos CTSA relacionados aos diferentes conhecimentos científicos envolvidos.

Por outro lado, a falta de interesse quase unânime em “aspectos históricos” e “aplicações tecnológicas” do mercúrio, observada no Quadro 2, pode estar relacionada ao fato de que esses aspectos geralmente não são abordados com frequência satisfatória nas disciplinas e atividades do curso de licenciatura em Química (MARTINS, 2007; PORTO, 2019). Isso pode sugerir que há uma lacuna no ensino e que os estudantes não percebem esses temas como relevantes para suas futuras práticas docentes. Seguramente, essa situação pode ser melhorada ao incorporar abordagens interdisciplinares que conectem diferentes áreas do conhecimento, incluindo a história da ciência, e que destaquem a importância das aplicações tecnológicas para a sociedade atual (PEREIRA; FERRER, 2011; SILVA et al., 2019). Nesse caso, a inclusão de atividades com abordagens do tipo CTSA pode ser uma estratégia eficaz para incentivar os estudantes a refletirem sobre as implicações sociais e ambientais da ciência e tecnologia, tornando as aulas mais contextualizadas e relevantes para eles (AIKENHEAD, 1994; YACOUBIAN, 2018).

Nos resultados do Quadro 2 também é possível observar que, apesar de se tratar de um minicurso sobre metodologia de ensino, apenas dois participantes (Alunos 3 e 6) manifestaram interesse em “melhorar aulas sobre o assunto” (ver Quadro 2). Ou seja, mesmo em um contexto de



formação de professores, poucos participantes demonstraram estar plenamente conscientes da importância de aprimorar seus repertórios de temas e estratégias de ensino, uma vez que tal repertório poderá lhes ajudar a lidar com alunos com diferentes estilos de aprendizagem e tornar suas aulas mais interessantes (BRABO; SILVA, 2022).

Ao final do minicurso, os participantes responderam à última pergunta (Quadro 3) sobre o que aprenderam. Notou-se que o produto didático contribuiu para ampliar o conhecimento dos estudantes sobre as propriedades físicas e químicas do Mercúrio, incluindo informações sobre seu ciclo biogeoquímico e sua relação com o pH de bacias hidrográficas. Além disso, muitos participantes destacaram em suas respostas os impactos do Mercúrio à saúde, evidenciando a relevância das discussões realizadas durante o minicurso sobre os danos à saúde causados pela exposição a compostos derivados do referido elemento químico.

484

Quadro 3: Categorização das respostas à questão: o que você aprendeu sobre o Mercúrio?

Categorias	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: dados de pesquisa

As questões relacionadas aos impactos ambientais também foram amplamente mencionadas nas respostas dos participantes, com destaque para a contaminação de ambientes aquáticos por Mercúrio, devida a exploração ilegal de ouro. No entanto, apenas um participante (Aluno 8) mencionou as aplicações tecnológicas do mercúrio (ver Quadro 3), o que pode indicar uma possível falta de compreensão plena dos demais participantes sobre tal aspecto.

A análise geral dos quadros de certa forma evidenciou que a apresentação e discussão do produto didático proporcionou aprendizagens relevantes para os estudantes, ampliando seus conhecimentos sobre o mercúrio e seus impactos. Além disso, evidenciou também a necessidade de enfatizar a interdisciplinaridade, a contextualização e a abordagem CTSA em cursos de licenciatura em Química, a fim de que os futuros professores estejam mais preparados para abordar questões socioambientais em suas aulas.

Embora a comparação direta com outros estudos sobre o uso de paradidáticos no ensino de Química seja limitada — devido às variações tanto nos objetos de conhecimento e abordagens didáticas adotadas quanto nos métodos de coleta e análise de dados empregados —, os resultados desta pesquisa, tal como em outros estudos recentes (KURZ; PIVA; BEDIN, 2019; OLIVEIRA; CANDITO; BRAIBANTE, 2021; RUZ; RIBEIRO, 2024), evidenciam o potencial didático desse tipo de recurso para o processo de ensino-aprendizagem de diferentes objetos de conhecimento químico.

Em suma, os resultados da análise destacam a importância de promover uma formação docente que valorize a interconexão entre os conhecimentos científicos e os problemas sociais e

ambientais. Assim, os estudantes estarão mais preparados para enfrentar os desafios da educação contemporânea e contribuir para uma formação mais cidadã, consciente e engajada com as questões socioambientais do mundo atual. O produto didático analisado demonstrou ter potencial em servir de inspiração para outros educadores desenvolverem materiais similares e enriquecerem o ensino de química nas licenciaturas, ampliando o leque de recursos educacionais disponíveis para os futuros professores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este texto descreve uma pesquisa que tem como objetivo contribuir para a formação inicial de professores de Química. Um produto de reflexões do autor principal, que identificou pontos problemáticos em sua própria formação docente, intensificados durante a pandemia do COVID-19, quando percebeu que não estava preparado para lidar adequadamente com discussões sobre problemas ambientais, saúde pública e o negacionismo científico que se intensificaram desde então.

Para abordar essas limitações formativas, durante a realização de seu curso de mestrado profissional, o primeiro autor deste artigo decidiu desenvolver um paradidático que pudesse ir além de apenas fornecer informações atualizadas sobre um tema químico importante: um produto educacional que pudesse estimular e guiar a discussão de aspectos CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) sobre Mercúrio, priorizando conteúdos e atividades relacionados a problemas típicos da realidade amazônica.

O conteúdo e as atividades propostas foram discutidos por doze estudantes universitários que, voluntariamente, participaram de um minicurso empreendido para avaliar a eficácia didática do uso do referido paradidático. A análise de conteúdo das respostas aos instrumentos de pesquisa forneceu indícios de que os problemas observados no percurso de formação inicial do primeiro autor ainda estavam presentes na formação dos participantes. Um dado preocupante, considerando que esses futuros professores terão que lidar com uma realidade de agravamento dos problemas ambientais amazônicos e mudanças curriculares recomendadas na Base Nacional Comum Curricular.

A análise de conteúdo das respostas ao instrumento de pesquisa também revelou que o paradidático proposto pode contribuir para a formação dos futuros professores de química, ao apresentar e discutir objetos de conhecimento químico e alternativas metodológicas para o ensino contextualizado e alinhado à BNCC. Inclusive, os resultados da análise da intervenção didática, além de terem sido discutidos neste artigo, também foram usados para aprimorar o conteúdo, a forma e as atividades propostas na versão preliminar do paradidático em questão.

Por fim, os resultados da pesquisa também realçam a necessidade de incrementar investimentos e mudanças em prol do aperfeiçoamento de cursos de formação docente, entre outras coisas, estimulando o uso de abordagens CTSA que lidem com problemas sociais e ambientais relevantes para promover a contextualização de conhecimentos químicos e proporcionar um melhor letramento científico e a preparação pedagógica adequada de professores de Química da Educação Básica.

Referências



AGUIAR, Carlos Carlos Francisco Santos; CUNHA, Josemi Medeiros da; LORENZETTI, Leonir. Ensino de Química na perspectiva da Alfabetização Científica e Tecnológica. **Educação Química en Punto de Vista**, v. 6, p. 1-22, 2022.

AIKENHEAD, Glen. What is STS science teaching? In: AIKENHEAD, Glen; SOLOMON, Joan. **STS education: International perspectives on reform**, v. 2, n. 12, p. 47-59, 1994.

BARDIN, Laurence. **Análise do conteúdo**: ampliada e revisada. Lisboa: Edições 70, 2011.

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

BRABO, Jesus Cardoso; SILVA, Elzeni Oliveira. Diversificação de estratégias didáticas para ativar e manter o interesse em aulas de Química. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 17, n. 1, p. 153-167, 2022.

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

CASEMIRO, Poliana. Como o avanço do garimpo ilegal devasta a Amazônia e agora ameaça santuário de 'árvores gigantes'. **Portal G1**, 2025. Disponível em: <<https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2025/04/04/como-o-avanco-do-garimpo-ilegal-devasta-a-amazonia-e-agora-ameaca-santuario-de-arvores-gigantes.ghtml>>. Acesso em: 22 dez. 2025.

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.

CORTEZ, Jucelino; DEL PINO, José Claudio. As Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Licenciatura em Ciências da Natureza e o Enfoque CTS. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 27-47, 2018.

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.

FERREIRA, Gabriel Anjos; BRABO, Jesus Cardoso. Mercúrio: noções básicas e propostas de atividades para aulas de Química. **Educapes**, 2023.

GARCÍA-CARMONA, Antonio; ACEVEDO-DÍAZ, José Antonio. The nature of scientific practice and science education: rationale of a set of essential pedagogical principles. **Science & Education**, v. 27, n. 5, p. 435-455, 2018.

HODSON, Derek. Time for action: Science education for an alternative future. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 6, p. 645-670, 2003. DOI: 10.1080/09500690305021.

HURD, Paul DeHart. Scientific literacy: New minds for a changing world. **Science Education**, v. 82, n. 3, p. 407-416, 1998.

KURZ, Débora Luana; PIVA, Lucilene; BEDIN, Everton. Concepções e percepções de licenciandos acerca da utilização de livros paradidáticos no ensino de Química. **Acta Scientiae**, v. 21, n. 5, p. 62-80, 2019.

MARCONDES, M. E; SOUZA, SANTOS JÚNIOR, J. B; AKAHOSHI, L. H; AYRES-PEREIRA, T. I. Manifestações verbais de professores e pesquisadores em processo de reflexão orientada para produção de materiais CTSA. **Educação Química enPunto de Vista**, Dossiê XI EPPEQ, p. 1-27, 2023.

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.

MARTINS, Isabel P. Revisitando orientações CTS|CTSA na educação e no ensino das ciências. **APEduC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências**, Matemática e Tecnologia, v. 1, n. 1, p. 13-29, 2020.



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, F. V.; CANDITO, V.; BRAIBANTE, M. E. F. ABP no contexto aromas: uma proposta de material paradidático para o ensino de funções orgânicas. **Ciência e Natura**, v. 43, e-61, 2021.

PEDRETTI, E. G; BENCZE, L; HEWITT, J; ROMKEY, L; JIVRAJ, A. Promoting issues-based STSE perspectives in science teacher education: Problems of identity and ideology. **Science & Education**, v. 17, p. 941-960, 2008.

PEREIRA, Giuliano José Segundo Alves; FERRER, André Ferrer P. A inserção de disciplinas de conteúdo histórico-filosófico no currículo dos cursos de licenciatura em física e em química da UFRN: uma análise comparativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 229-258, 2011.

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

PIUNNO, Paul AE; SHAHMURADYAN, Anna. A Science, Technology, Society, and Environmental Impact Assignment for Senior-Level Analytical Chemistry Students. **Journal of Chemical Education**, v. 101, n. 3, p. 1348–1355, 2024.

PORTO, Paulo Alves. A história e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: MACHADO, P; SANTOS, W; MALDANER, O. (Eds.). **Ensino de Química em Foco**. Ujuí: Editora Unijuí, p. 141-156, 2019.

RITTER, Jaqueline; MALDANER, Otavio Aloisio. CTS na situação de estudo: desenvolvimento de currículo e formação de professores. **Praxis& Saber**, v. 6, n. 11, p. 195-214, 2015.

RUZ, Núbia Duarte da; RIBEIRO, Marcel Thiago Damasceno. Agrotóxicos em foco: estudo sobre as contribuições de um paradidático para o Ensino de Química e/ou Biologia em Mato Grosso a partir de reflexões docentes. **REnCiMa**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 1–30, 2024.

SÁ, Carmen Silvia da Silva; SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Constituição de identidades em um curso de licenciatura em química. **Revista Brasileira de Educação**, v. 22, p. 315-338, 2017.

SADLER, T. D; AMIRSHOKOOGHI, A; KAZEMPOUR, M; ALLSPAW, K. M. Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 43, n. 4, p. 353-376, 2006. DOI: 10.1002/tea.20142

SHULMAN, Lee S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Journal of Education**, v. 193, n. 3, p. 1-11, 2013.

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.

SOUSA, Rogério Gonçalves; BRITO, Licurgo Peixoto. Controvérsias em experiências pedagógicas CTS/CTSA na formação inicial de professores de ciências: o que dizem algumas dissertações e teses brasileiras? **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 12, n. 23, p. 85-102, 2015.

STAKE, Robert E. **Pesquisa qualitativa:** estudando como as coisas funcionam. Porto Alegre: Penso, 2016.

TRANSAMAZÔNICA: uma estrada para o passado. Direção: Fabiano Maciel e Jorge Bodanzky. Brasil: HBO. 2021.

VILCHES, A; GIL PÉREZ, D; PRAIA, J. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, W. L; AULER, D. (Orgs.). **CTS e educação científica:** desafios, tendências e resultados de pesquisas. Brasília: Editora da UnB, 2011, p. 161-184.

YACOUBIAN, Hagop A. Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, v. 40, n. 3, p. 308-327, 2018.

RESUMO

Analisa eventuais consequências de aprendizagem do uso de atividades didáticas da natureza construtivista e abordagem CTSA – sobre propriedades e aplicações do elemento químico Mercúrio e os perigos que o uso indiscriminado de seus derivados traz para os seres humanos, animais e meio ambiente – reunidas em um livro paradidático para de cursos de licenciatura em Química e postas em prática em um minicurso ministrado para um grupo de doze licenciandos em Química, cujas respostas discursivas de questões de um quadro KWL foram submetidos a análise de conteúdo a fim de sintetizar as respostas em certas categorias criadas a posteriori. Os resultados da análise indicaram lacunas formativas entre os participantes quanto domínio de conhecimentos e habilidades necessários para lidar com questões socioambientais e ideias didáticas construtivistas. Também são apresentadas e discutidas algumas evidências de que o material proposto pode contribuir positivamente para a formação dos futuros professores de Química.

Palavras-chave: Amazônia; material didático; formação docente.



RESUMEN

Se analizan las posibles consecuencias del aprendizaje del uso de actividades didácticas de enfoque constructivista y CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente) sobre las propiedades y aplicaciones del elemento químico Mercurio, así como los peligros que el uso indiscriminado de sus derivados representa para los seres humanos, animales y el medio ambiente. Estas actividades se presentan en un libro de texto complementario para cursos de licenciatura en Química y se ponen en práctica en un minicurso impartido a un grupo de doce estudiantes de licenciatura en Química. Las respuestas discursivas a las preguntas de un cuadro KWL (lo que sabemos, lo que queremos saber y lo que hemos aprendido) fueron sometidas a análisis de contenido para sintetizarlas en ciertas categorías creadas a posteriori. Los resultados del análisis señalaron brechas en la formación de los participantes en cuanto al dominio de conocimientos y habilidades necesarios para abordar cuestiones socioambientales y aplicar ideas didácticas constructivistas. También se presentan y discuten algunas evidencias de que el material propuesto puede contribuir positivamente a la formación de los futuros profesores de Química.

Palabras clave: Amazon; materiales didácticos; formación docente.