

ANALISANDO A CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR MERCÚRIO: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA EM ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

**Isabela Reis Queiroz¹, Livia Figueiredo de Souza², Leticia Manske Araújo³,
Viviana Borges Corte⁴**

¹ SEDU/ EEEFM Rômulo Castello/ isabela.rqueiroz@educador.edu.es.gov.br

² UFES/ PPGPE/ liviafigueiredodesouza@gmail.com

³ UFES/ CCHN/ leticiamaraujo2019@gmail.com

⁴ UFES/LABPOP/ viviana.corte@ufes.br

INTRODUÇÃO

Constantemente, nós, professores, somos chamados a superar o método bancário e incentivar a autonomia dos estudantes no processo de aprendizagem. Esse modelo passivo, de origem europeia, chegou ao Brasil no período colonial por meio das escolas jesuíticas e ganhou força no século XX, com a expansão do ensino e a padronização das práticas escolares (Aranha, 2006). Paulo Freire (1996) e Saviani (2008) problematizaram esse método ao defender uma educação ativa, dialógica e crítica, na qual o estudante extrapola a posição de ouvinte e participa da construção do conhecimento.

A carga horária limitada, a extensão dos conteúdos e a pressão pelo cumprimento do currículo dificultam a adoção de práticas mais dialógicas, que exigem mais tempo de planejamento, execução e maior envolvimento dos estudantes. Nesse sentido, é importante destacar que, ainda nos dias atuais, a persistência do método bancário nas escolas está diretamente relacionada às condições de trabalho docente que por vezes direciona o professor a ser aplicador de teorias (Tardif, 2014). Além disso, a reduzida circulação, na educação básica, de materiais de apoio, relatos de prática e referências pedagógicas contribui para um trabalho mais isolado e restringe outras iniciativas.

Como forma de superar as problemáticas supracitadas no ensino de Ciências, é essencial discutir sobre a implementação de estratégias que busquem assegurar um ensino significativo aos estudantes, aproximando-os dos conceitos, leis, modelos, teorias científicas, além dos elementos epistemológicos das Ciências (Sasseron; Duschl, 2016). Nesse sentido, insere-se o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI).

No Brasil, o EnCI deriva das ideias de Dewey, especialmente de sua defesa de que a aprendizagem ocorre por meio da investigação de problemas reais, da experimentação e do pensamento reflexivo. Essas concepções foram posteriormente ampliadas pelas contribuições de Piaget e Vygotsky, incorporadas aos documentos curriculares, e consolidadas nos anos 1990 com as pesquisas de Anna Maria Pessoa de Carvalho, da Universidade de São Paulo. Desde então, a abordagem expandiu-se por meio de grupos de pesquisa, políticas educacionais e produção acadêmica, levando o Espírito Santo a se destacar como um dos principais polos do ensino por investigação no país (Conceição, 2025).

Diferentes autores destacam que o EnCI favorece tanto a aprendizagem conceitual quanto o desenvolvimento de habilidades analíticas, argumentativas e discursivas. Sasseron (2015; 2018) enfatiza sua relevância para a alfabetização científica e para a autonomia intelectual dos estudantes, enquanto Coelho e Ambrózio (2019) ressaltam seu potencial para promover o debate, a resolução de problemas e a construção coletiva de explicações.

Nossa aproximação com essa abordagem de ensino se deu na parceria entre a escola e a universidade, especialmente por meio do Laboratório de Educação em Ciências (Labec/Ufes), em experiências formativas desenvolvidas no Programa de Residência Pedagógica, no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid) e no estágio supervisionado em ensino.

À luz dessas contribuições e motivadas pela necessidade de compartilhar propostas mais investigativas no ensino de Ciências, apresentamos, neste relato, o processo de planejamento e execução de uma sequência de ensino investigativa sobre contaminação de mercúrio (SEI) desenvolvida com turmas do terceiro ano do Ensino Médio no âmbito do Pibid.

METODOLOGIA

A SEI foi aplicada em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio, na disciplina de Fontes e Obtenção de Energia, em uma escola estadual no município da Serra (ES). Planejamos as aulas conforme as orientações curriculares da Secretaria da Educação do Espírito, SEDU, e nos centramos no objeto de conhecimento práticas sustentáveis. Além disso, utilizamos como fundamentação as etapas investigativas propostas por Carvalho (2013) e Coelho e Ambrózio (2019). A Intervenção teve duração de cinco aulas e foi aplicada no primeiro semestre de 2025. A Tabela 1 apresenta as etapas do processo.

Tabela 1. Etapas da SEI: Analisando a contaminação ambiental por mercúrio: uma experiência didática em ensino por investigação.

(continua)

Aula	Intencionalidade	Descrição resumida	Recursos utilizados
1	Contextualização/ Problematização/ Levantamento de hipóteses	Nesta aula foi apresentada aos estudantes uma situação-problema envolvendo uma comunidade ribeirinha cujos moradores começaram a manifestar problemas de saúde, como dificuldades respiratórias, falhas renais e malformações em crianças. Informou-se também que a pesca, principal fonte de renda local, estava em declínio e que investigações preliminares apontavam para a contaminação do rio por mercúrio. A partir desse contexto, foram apresentadas as questões norteadoras da investigação: “O que é o mercúrio? Como ele chega ao rio? Quais impactos sociais, econômicos, ambientais e à saúde estão associados a essa contaminação? E como podemos pensar soluções para o problema?”. Organizados em grupos, os estudantes foram convidados a levantar hipóteses que respondiam aos problemas apresentados.	Quadro; Pincel; Computador; Data Show, caderno e lápis

(conclusão)

Aula	Intencionalidade	Descrição resumida	Recursos utilizados
2,3,4	Estratégias para resolução da situação-problema/Análise dos resultados	Os grupos foram orientados a realizar pesquisas em bases digitais confiáveis sobre as hipóteses levantadas, de modo a confirmá-las ou refutá-las.	Quadro; Pincel; Chromebook, caderno e lápis
5	Sistematização	A partir da proposição de soluções e da discussão entre os colegas e a professora sobre a problematização apresentada, os estudantes elaboraram um texto dissertativo sintetizando as respostas obtidas nas pesquisas realizadas.	Quadro; Pincel; Computador; Data Show, caderno e lápis

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira aula concentrou-se na análise de uma situação-problema apresentada por meio de um texto introdutório, que descrevia a contaminação de um rio por mercúrio. A proposta despertou participação imediata, com a turma demonstrando interesse e disposição para contribuir. À medida que as ideias surgiam, as hipóteses eram registradas no quadro e anotadas pelos grupos; muitas delas vinham acompanhadas de questionamentos como “é isso mesmo, professora?”. Diante disso, foi necessário reforçar que o objetivo era apenas formular hipóteses com base nos conhecimentos prévios, sem respostas certas ou erradas, e por isso o uso de celulares para pesquisa não seria permitido nesse momento.

Ainda na primeira aula, os estudantes elaboraram doze hipóteses que buscavam responder à problematização apresentada. As proposições foram as seguintes: (1) solução irreal/inexistente; (2) o mercúrio não sai do corpo; (3) o consumo de mercúrio retarda o desenvolvimento do bebê no útero; (4) o mercúrio é cancerígeno; (5) o rompimento de barragens pode liberar mercúrio; (6) em processos de extração de ouro é utilizado mercúrio; (7) o rio contaminado com mercúrio pode contaminar o mar; (8) a contaminação afeta o consumo de peixes, cultura e costumes locais e uma consequência é uma diminuição de renda dos pescadores; (9) uma solução seria filtrar a água do rio; (10) uma solução seria isolar de alguma forma o rio contaminado; e (11) alguma espécie, por exemplo, de bactéria que “come” mercúrio, pode ser introduzida no local para limpá-lo.

Na segunda aula, retomamos as hipóteses levantadas anteriormente. Lemos cada uma para a turma e explicamos que aquele seria o momento de verificá-las, analisando o que havia de correto ou equivocado com base em pesquisas em fontes confiáveis. Ao perceber que alguns estudantes apenas classificavam as hipóteses como certas ou erradas, solicitei que os grupos buscassem evidências para justificar suas conclusões. Os testes das hipóteses ocorreram a partir dessas pesquisas e das discussões em grupo, enquanto a professora regente mediava o processo com reflexões e contextualizações.

Os estudantes, ao analisarem as hipóteses 1, 2, 3 e 4, compreenderam que, embora existam formas de mitigar a contaminação por mercúrio, sua eliminação é difícil porque, sendo

um átomo, não se degrada e pode se transformar em formas ainda mais tóxicas que são capazes de atravessar tecidos e órgãos facilmente. Entenderam também sua retenção no organismo, decorrente da forte afinidade por proteínas, o que interfere em processos metabólicos essenciais e pode resultar em intoxicações severas. Confirmaram que o mercúrio atravessa a placenta e pode causar malformações e danos neurológicos, como microcefalia, ao atingir tecidos em formação e destruir neurônios. Além disso, verificaram sua ação cancerígena, uma vez que provoca mutações no DNA, altera a expressão gênica e desregula a divisão celular, desencadeando neoplasias.

A análise das hipóteses 5, 6 e 7 mostrou que o mercúrio pode alcançar o meio ambiente pelo rompimento de barragens com sedimentos contaminados, pelo descarte inadequado de resíduos industriais e pelo uso intensivo na extração de ouro, fatores que contribuem para a contaminação das bacias hidrográficas. Nesse contexto, discutimos os garimpos ilegais na Amazônia e a situação de calamidade vivida pelos Yanomami, marcada pela degradação dos solos, poluição dos ecossistemas e impactos sociais. Na hipótese 8, verificou-se que os peixes são contaminados pelo mercúrio ao se alimentarem de plantas, algas e outros organismos, transferindo-o aos demais consumidores e acumulando-o nos níveis superiores da cadeia trófica. Refletiu-se, ainda, que essa contaminação compromete o consumo de peixes, afeta práticas culturais e econômicas e interfere diretamente na saúde das populações tradicionais.

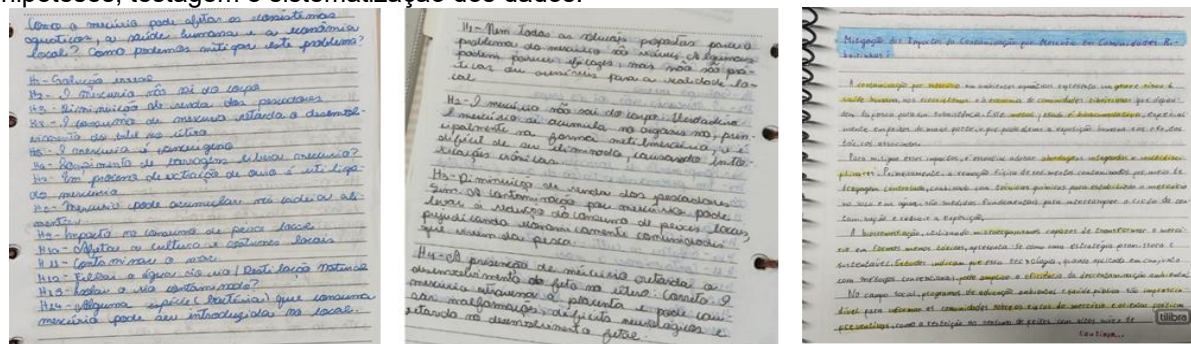
Na hipótese 9, os estudantes concluíram que a filtragem pode reduzir, mas não remover totalmente o mercúrio, enquanto a destilação, embora eficiente, é inviável em larga escala. A hipótese 10 foi descartada, pois isolar um rio contraria a dinâmica natural dos sistemas hídricos. Na hipótese 11, confirmou-se o potencial da biorremediação, destacando que alguns microrganismos podem capturar, transformar ou reduzir o mercúrio, diminuindo sua toxicidade. Discutiu-se também o uso de materiais como bagaço de cana, casca de coco e biomassa de oleaginosas, capazes de adsorver metais da água, ainda que com limitações operacionais.

A última aula foi destinada à sistematização dos conhecimentos adquiridos. Os estudantes organizaram as informações em um texto, elaborando-o de forma científica no qual identificaram causas e discutiram as consequências ambientais, sociais e de saúde relacionadas à contaminação por mercúrio. A Figura 1 apresenta o registro das etapas desenvolvidas ao longo do processo e utilizadas para a construção desses resultados.

Os resultados evidenciam que a situação-problema apresentada na primeira aula gerou forte engajamento, levando os estudantes a mobilizarem conhecimentos prévios e a formularem doze hipóteses. A diversidade dessas proposições indica que os alunos acionaram diferentes dimensões do fenômeno da contaminação por mercúrio, algo muito significativo, sobretudo por ser pouco comum em aulas tradicionalmente expositivas,

tornando-se possível devido ao caráter mais dialógico da atividade. Esse movimento confirma o que defendem Santana e Sedano (2021): problemas contextualizados despertam interesse e favorecem práticas epistêmicas como levantar hipóteses, justificar ideias e elaborar explicações iniciais.

Figura 1. Etapas da investigação sobre contaminação por mercúrio: levantamento de hipóteses, testagem e sistematização dos dados.



Fonte: das autoras

A etapa de testagem das hipóteses mostrou-se a mais desafiadora, pois muitos estudantes iniciaram o processo com pesquisas superficiais e pouca fundamentação, um comportamento esperado em contextos habituados a atividades com pouco grau de liberdade intelectual (Carvalho, 2018; Sasseron, 2015). Essa dificuldade também reflete a realidade do Ensino Médio, no qual os estudantes estão inseridos há anos em uma cultura escolar marcada pelo método transmissivo, currículos extensos e baixo suporte para o desenvolvimento de aulas práticas, entre outras limitações estruturais. Como consequência, demonstram estranhamento diante de tarefas que exigem autonomia intelectual, análise crítica e busca ativa por evidências. Com uma mediação mais próxima, porém, os alunos passaram a buscar informações mais qualificadas e a justificar suas conclusões de forma mais consistente. Nesse sentido, entendemos que uma estratégia possível para favorecer análises mais profundas seria limitar o levantamento inicial a um número menor de hipóteses, como cinco, permitindo maior foco e qualidade na etapa de verificação.

O aprofundamento conceitual observado no teste das hipóteses 1 a 4, envolvendo conteúdos como persistência ambiental, bioacumulação e efeitos biológicos do mercúrio, evidencia um avanço significativo na construção coletiva de explicações pelos estudantes. As suposições levantadas funcionaram como disparadores para a construção do conhecimento, favorecendo a formulação de relações causais cada vez mais refinadas. Já as hipóteses 5 a 8 mostraram que, com a mediação docente, os estudantes foram capazes de relacionar a contaminação por mercúrio a questões sociais e ambientais mais amplas, como o garimpo ilegal e seus impactos sobre populações tradicionais. Essa ampliação do olhar evidencia a integração entre dimensões científicas, sociais e ambientais, aspecto central nas propostas

investigativas. Esses resultados dialogam com autores como Sasseron (2011), Coelho e Ambrózio (2019) e Capecchi e Carvalho (2006), que destacam o potencial do Ensino por Investigação para articular ciência, ambiente e sociedade.

Nas discussões das hipóteses 9, 10 e 11, os estudantes analisaram criticamente diferentes soluções para o problema investigado, reconhecendo limitações técnicas e ambientais das propostas levantadas. A mediação docente possibilitou a atualização das possibilidades científicas reais, evidenciando o potencial da ciência para a mitigação de problemas ambientais.

Na etapa de sistematização, observaram-se avanços significativos na argumentação e na comunicação científica a partir dos textos produzidos. Dessa forma, a SEI contemplou as etapas de uma atividade investigativa, da contextualização à sistematização dos resultados, reafirmando também o potencial do Ensino por Investigação para promover o contato dos estudantes com o fazer científico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram avanços progressivos para os estudantes: inicialmente no entendimento de fenômenos químicos e biológicos ligados ao mercúrio; depois na articulação com dimensões socioambientais; e, por fim, na capacidade de avaliar criticamente soluções possíveis para o problema. Observamos que, ao formular e testar hipóteses, os alunos não apenas aprofundaram conceitos científicos, mas também ampliaram a compreensão das implicações socioambientais, relacionando ciência e sociedade de forma crítica.

A mediação docente mostrou-se essencial para orientar a atividade, estimular a análise de evidências e favorecer a elaboração de explicações mais consistentes, especialmente diante de desafios decorrentes da tradição do ensino transmissivo. Além disso, a sistematização do conhecimento reforçou práticas de argumentação e comunicação científica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Ufes pela base teórica e científica que estimulou a adoção de práticas investigativas; à Capes pelo apoio financeiro que qualificou o trabalho docente; à Secretaria de Educação do Espírito Santo e à gestão escolar pela parceria entre escola e universidade; e ao povo brasileiro, cujo investimento por meio dos impostos sustenta a educação pública e iniciativas como esta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANHA, M. L. de A. *História da educação*. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2006.

CARVALHO, A. M. P. (org.). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. O ensino de Ciências por investigação no Brasil: a instauração e a extensão de um estilo de pensamento na didática das Ciências. In: MORTIMER, E. F.; SILVA, M. G. da (orgs.). *Estilos de pensamento na educação científica: tradições e práticas de pesquisa no Brasil*. São Paulo: Editora Unesp, 2023. p. 159–190.

COELHO, G. R.; AMBRÓZIO, R. M. O ensino por investigação na formação inicial de professores de Física: uma experiência da Residência Pedagógica de uma Universidade Pública Federal. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 36, n. 2, p. 490–513, 2019.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 52. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

GATTI, B. A. *Professores do Brasil: impasses e desafios*. Brasília: UNESCO, 2019.

LIBÂNEO, J. C. *Didática*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

SANTANA, U. dos S.; SEDANO, L. Práticas epistêmicas no ensino de Ciências por investigação: contribuições necessárias para a alfabetização científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 26, n. 2, p. 378–403, 2021.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49–67, nov. 2015.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica na educação básica: significados e perspectivas. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 20, n. esp., p. 1–25, 2018.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 52–67, 2016.

SAVIANI, D. *História das ideias pedagógicas no Brasil*. 4. ed. Campinas: Autores Associados, 2008.

TARDIF, M. *Saberes docentes e formação profissional*. 14. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.