



INVESTIGANDO A CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR ELEMENTOS-TRAÇO NA LAGOA DA PAMPULHA;

INVESTIGANDO LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR ELEMENTOS
TRAZA EN LA LAGUNA DE PAMPULHA;

INVESTIGATING WATER CONTAMINATION BY TRACE ELEMENTS IN
THE PAMPULHA LAGOON.

Laura Cristina Pereira Soares Morato¹,

Nilma Soares da Silva²

Michel François dos Reis Ferreira³

Resumo:

Estudantes do Ensino Médio, muitas vezes, enfrentam dificuldades ao compreender certos conceitos científicos, especialmente relacionados às ciências exatas. Por isso, no ensino de Química, busca-se constantemente melhorar as abordagens para a estruturação do currículo escolar. A abordagem investigativa, aliada a temas e contextos do cotidiano, tem se mostrado benéfica para o processo de aprendizagem, conforme orientado pela Base Nacional Comum Curricular. Com esse propósito, uma sequência de ensino investigativa (SEI) foi desenvolvida para analisar a contaminação da água da Lagoa da Pampulha por elementos-traço com os alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública em Belo Horizonte. A implementação da SEI nas aulas de Química envolveu os estudantes em discussões relevantes e desafios reais sobre a contaminação da água da Lagoa, conectando o conhecimento químico às questões ambientais enfrentadas.

Palavras-chave: Elementos-traço; Contaminação da água; Investigação.

¹ Licenciada em Química. DQ/ICEx/UFMG. <https://orcid.org/0009-0007-3057-7029>, e-mail: cpsmlaura@gmail.com

²Doutora em Educação. UFMG/FaE. <https://orcid.org/0000-0003-4692-122X>, e-mail: nilmafaeufmg@gmail.com

³ Doutorando em Educação. UFMG/FaE. <https://orcid.org/0009-0008-7158-4476>, e-mail: michel.ferreira@educacao.mg.gov.br

Abstract:

High school students often face difficulties in understanding certain scientific concepts, especially those related to the exact sciences. Therefore, in the teaching of Chemistry, there is a constant search to improve the approaches for structuring the school curriculum. The inquiry-based approach, combined with everyday themes and real-world contexts, has been shown to be beneficial for the learning process, as guided by the National Common Curriculum Base. For this purpose, an investigative teaching sequence was developed to analyze the contamination of the water of the Pampulha Lagoon by trace elements with the second-year high school students from a public school in Belo Horizonte. The implementation of the investigative approach in Chemistry classes involved students in relevant discussions and real challenges about the contamination of the Lagoon's water, connecting chemical knowledge to the environmental issues faced.

Keywords: Trace Elements; Water Contamination; Inquiry.

Resumen:

Los estudiantes de secundaria a menudo enfrentan dificultades para comprender ciertos conceptos científicos, especialmente relacionados con las ciencias exactas. Por lo tanto, en la enseñanza de la Química existe una búsqueda constante por mejorar los enfoques para la estructuración del currículo escolar. El enfoque investigativo, combinado con temas y contextos de la vida cotidiana, ha demostrado ser beneficioso para el proceso de aprendizaje, según lo guiado por la Base Curricular Común Nacional. Para ello, se desarrolló una secuencia de enseñanza investigativa (SEI) para analizar la contaminación del agua de la Laguna de Pampulha por elementos traza con alumnos del 2º año de enseñanza media de una escuela de Belo Horizonte. La implementación del SEI en las clases de Química involucró a los estudiantes en discusiones relevantes y desafíos reales sobre la contaminación del agua de la Laguna, conectando el conocimiento químico con los problemas ambientales enfrentados.

Palabras clave: Elementos traza; Contaminación del agua; Investigación.

Introdução

O Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG), (Minas Gerais, 2018), aponta que os aspectos sociocientíficos podem estimular os alunos a desenvolverem comportamentos socialmente responsáveis a partir de questões pertinentes à sua própria realidade, ou seja, aspectos locais. No contexto escolar, esse foco pode permitir que os alunos tenham uma melhor compreensão dos cenários em que estão envolvidos, ajudando-os a obter informações relevantes, a desenvolver o raciocínio crítico e ter consciência a partir do conhecimento que aprenderam de maneira contextual e interdisciplinar (Minas Gerais, 2018).

A contaminação da Lagoa da Pampulha (LP), um cartão-postal de Belo Horizonte, é um desafio ambiental que afeta diretamente a comunidade escolar da instituição estadual de ensino em que foi realizada esta pesquisa, devido à sua proximidade geográfica. A deterioração de sua qualidade aquática tem gerado preocupações ambientais e sociais, exigindo uma análise cuidadosa e ações efetivas para sua recuperação e preservação conforme o Instituto Mineiro de Gestão da Águas (Minas Gerais, 2021).

Originada na década de 1930, a LP é o resultado da barragem do encontro de diversos córregos. Sua importância é ampliada por ser parte integrante da bacia do Ribeirão Onça, contribuindo para o sistema fluvial do rio das Velhas, na região de Santa Luzia. Além disso, o Conjunto Moderno da Pampulha, desde 2016, foi nomeado patrimônio cultural mundial pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), o que causa movimentação turística à cidade (Prefeitura de Belo Horizonte, 2023).

Cabe ressaltar que desde os anos de 1980 a bacia da LP tornou-se poluída e passou a ser imprópria para atividades recreativas ou consumo humano, devido a grandes quantidades de esgoto, ao assoreamento e ao descarte de lixo em seus afluentes, o que se tornou um problema bastante preocupante (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2020).

Por conseguinte, Mortimer e Silva (2018) ressaltam que é de conhecimento geral que a água possui uma ampla variedade de usos e é essencial para o equilíbrio ecológico. Além disso, quando se pensa em qualidade da água é preciso definir o destino que se dará a ela. Dessa forma, vale correlacionar a qualidade com alguns parâmetros que são capazes de interferir nas condições naturais da água por meio da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), especificamente a de número 357. Esta resolução cita diversos parâmetros e seu valor de concentração máximo referente a cada enquadramento de classe de água com seus respectivos usos, incluindo os parâmetros inorgânicos que determinam as quantidades máximas dos elementos-traço para cada classe de enquadramento de qualidade. (Brasil, 2005).

A qualidade da água pode ser caracterizada pela natureza e quantidade de seus componentes físicos, químicos e biológicos. Em relação à poluição e à contaminação da LP, um dos aspectos químicos que se deve tomar precaução é a presença de elementos-traço, frequentemente associados de forma não rigorosa ao termo “metais pesados”, em suas águas. Sabe-se que esses compostos podem causar sérios danos à saúde humana e animal, principalmente em grandes quantidades.

Dando enfoque aos peixes, que compõem a fauna da LP, esses têm a capacidade de absorver metais essenciais e não essenciais dos alimentos. Esses animais aquáticos armazenam esses elementos em seus tecidos musculares sendo transferidos no processo de magnificação trófica ao longo da cadeia alimentar. Consequentemente, pescadores e consumidores desses alimentos estão sujeitos à contaminação pelo excesso de elementos-traço (Campos et al., 2016) (Kapeka, 2020).

O termo “metais pesados” está sendo amplamente utilizado em nosso cotidiano para se referir a uma substância tóxica que geralmente é lançada ao meio ambiente pelo descarte inadequado de resíduos (Lima e Merçon, 2011). Visando isso, e articulando as indicações curriculares do CRMG com os pressupostos do ensino por investigação, este trabalho propõe a elaboração de uma sequência de ensino investigativa (SEI) com o objetivo de identificar a possível contaminação por elementos-traço, análogo à categoria dos metais pesados, na LP. Ainda pretende-se refletir sobre o desenvolvimento da SEI com base no processo ação-reflexão-ação discutido por Paulo Freire. Esse estudo é parte do Trabalho de Conclusão de Curso de uma Licencianda em Química, desenvolvido ao longo do ano de 2023.

Fundamentação teórica

Química Ambiental: Toxicidade dos elementos-traço na água.

A importância da água para nossas vidas é imensa, já que é encontrada em grande quantidade em nosso planeta. Esse fato é crucial para contextualizar os conceitos químicos e nos ajuda a desenvolver o pensamento científico (Quadros, 2004). Segundo Wartha e Bejarano (2013), a questão da água pode abrir portas para abordar outros temas, desafios que requerem a aplicação de novas ideias e de natureza interdisciplinar. Além disso, ressaltam que ensinar de forma contextualizada estabelece conexões entre o conhecimento escolar e as experiências do cotidiano dos estudantes, ou seja, que o ensino contextualizado envolve o professor relacionando o conteúdo programático a fim de promover reflexão em uma dimensão social, econômica e política.

Assim, Abbud (2010) e Lima et al. (2015) discutem a toxicidade dos elementos-traço, no que se refere a ligação em sítios ativos nas moléculas, o que causa inibição de reações no metabolismo celular, e também, a acumulação dessas substâncias no ambiente aquático, especialmente em peixes, em função da sua capacidade de absorção dos metais nos tecidos.

Considerando a LP como local deste estudo, esta bacia hidrográfica é composta por 44 córregos como a Bacia do Ribeirão Onça, um dos principais afluentes do Rio das Velhas. Dentre eles, destacam-se cursos d'água que deságuam diretamente na Lagoa, mostrada na Figura 1, como AAB, Água Funda (Bom Jesus em Contagem), Braúnas, Mergulhão, Olhos D'água, Ressaca, Sarandi e Tijuco. Esses córregos, particularmente os provenientes de Contagem (Região Metropolitana de Belo Horizonte), como Sarandi, seus afluentes Cabral e Petrobras, apresentam altos índices de contaminação por coliformes fecais, fósforo, manganês, zinco e outras substâncias poluentes. Além disso,

o Córrego Ressaca é identificado como uma fonte significativa de poluição (De Lima; Assis; Ibrahim, 2016).



Figura 1: Córregos que deságuam diretamente na Lagoa da Pampulha⁴

Segundo Parreiras (2012), em reportagem do dia 14 de dezembro, para o periódico do Estado de Minas, os córregos que mais poluem a LP são originários da cidade vizinha, Contagem. São os córregos Sarandi e seus afluentes Cabral e Petrobras, todos carregados de coliformes fecais. As atividades humanas, como a indústria em cidades como a de Contagem, podem alterar o ciclo geoquímico, afetando a biodiversidade local e a bioacumulação de metais pesados pode causar danos à saúde humana.

A sequência de ensino investigativa

Segundo Zômpero e Laburú (2011) as atividades investigativas que podem facilitar a aprendizagem de conteúdos conceituais e também podem contribuir para a construção do conhecimento científico. Durante a educação formal, os estudantes devem não só adquirir conhecimento em diversas matérias, como também desenvolver habilidades como a capacidade de descrever eventos e objetos, formular perguntas, criar estratégias para resolver problemas, coletar e analisar dados. Além disso, estabelecer conexões entre conceitos e evidências, testar hipóteses científicas, elaborar argumentos persuasivos e comunicar efetivamente suas próprias ideias (Silva, Sá e Tavares, 2023).

Dessa forma, as atividades investigativas podem ser desenvolvidas com foco na resolução de problemas e estruturadas no formato de Sequências de Ensino Investigativas (SEI). De modo simplificado, pode-se dizer que uma SEI é um conjunto encadeado de atividades (aulas) elaboradas a partir de um tema científico, organizadas

⁴Portal de Notícia de Minas Gerais (MG 2), 2023.

a partir de ciclos de atividades, que incluem problemas a serem resolvidos, atividades de sistematização do conhecimento e atividades de contextualização do conhecimento do cotidiano do estudante. Esse ciclo de atividades investigativas pode apresentar relações entre os aspectos da ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, bem como entre os aspectos do fazer e pensar científico (Solino e Sasseron, 2018).

Em uma SEI, geralmente, os problemas didáticos são elaborados antecipadamente pelo professor, com base em temas de Ciências. Eles são usados como ponto de partida para o processo de ensino e aprendizagem, ou em alguns casos, como ponto de referência para que o professor analise a aprendizagem dos estudantes. Dessa forma, os estudantes são envolvidos em uma nova cultura que lhes permite conhecer, compreender, utilizar conhecimentos e as habilidades científicas para resolver problemas relacionados a fenômenos naturais ou científicos presentes em seu cotidiano favorecendo a alfabetização científica (Solino e Sasseron, 2018).

Durante o processo investigativo, podem surgir "novos problemas", especialmente quando o professor está tentando introduzir os alunos no universo científico. As interações discursivas entre aluno e professor desempenham um papel importante, já que o professor representa a cultura científica e traz novas questões para serem investigadas em conjunto com o problema inicial proposto na atividade. Portanto, segundo Solino e Sasseron(2018), esse tipo de atividade passa a ter características mais próximas da percepção dos alunos, ou seja, leva em consideração questões atitudinais, considerando suas necessidades cognitivas, conflitos, processos colaborativos e imaginação, possibilitando maiores engajamentos entre os estudantes.

Metodologia

Princípios Teóricos para a elaboração da SEI

A partir dos referenciais teóricos estudados, pode-se evidenciar que o ensino de Ciências, nesse caso, o ensino de Química, deve propiciar o envolvimento dos estudantes em atividades compartilhadas, orientadas por problemas que permitam introduzir aspectos da visão científica, a fim de articular o objeto de estudo com a sua realidade (Aguiar, 2018).

Por conseguinte, para a elaboração da SEI, foram utilizados os cinco princípios, conforme Aguiar (2018), para a sua organização e planejamento, sendo elas:

- Primeiro Princípio: "Currículo organizado por atividades"

O processo de elaboração de atividades que visam conferir maior protagonismo ao aluno como sujeito no processo de aprendizagem está intimamente relacionado à escolha adequada dos recursos mediacionais, tornando-a uma parte fundamental. Dessa forma, o caráter investigativo da sequência de ensino fornece subsídios para o desenho deste processo. Neste formato, os estudantes são desafiados a enfrentar problemas, debater diferentes interpretações, buscar e acessar informações, e compartilhar seus resultados. Esses aspectos da sequência de ensino podem promover o envolvimento, engajamento e motivação dos estudantes, pois a aprendizagem é favorecida quando há

transferência de parte da responsabilidade do professor para o aluno, conferindo-lhe maior autonomia.

- Segundo Princípio: “Problematização e contextualização”

Torna-se essencial que as atividades sejam elaboradas para estimular ideias científicas, que o professor forneça aos alunos informações e recursos adicionais para auxiliá-los no desenvolvimento dessa compreensão.

A contextualização do conteúdo científico é um princípio decorrente da abordagem problematizadora, uma vez que o problema é inserido em um contexto específico, no qual estimula as ações e o conhecimento dos alunos. Esse princípio de contextualização do ensino se alinha à perspectiva de uma abordagem problematizadora, que desafia os alunos a desenvolverem ideias científicas em contextos específicos.

- Terceiro Princípio: “Abordagem temática de conteúdos científicos”

A abordagem científica pode ser conduzida de duas maneiras: por meio da construção estrutural conceitual para posterior aplicação no contexto, ou partindo da temática e contexto para o desenvolvimento dos conceitos. A abordagem temática enfatiza aspectos sociais, ambientais e tecnológicos como ponto de partida para a elaboração dos conceitos. Destaca-se a vantagem dessa abordagem em relação à sua natureza aberta e investigativa, que promove uma prática mais dinâmica e envolvente.

- Quarto Princípio: “Um currículo organizado por meio de palavras-chave”

As sequências didáticas demandam mais tempo para serem desenvolvidas devido ao maior protagonismo exigido do estudante. No entanto, em currículos extensos, com um número reduzido de aulas e outros fatores naturais do ambiente escolar, este desenvolvimento pode ser comprometido. Diante disso, um princípio fundamental é a organização e a seleção criteriosa dos conteúdos, levando em consideração sua relevância como estruturadores do pensamento científico. Esses conteúdos devem não apenas estruturar o conhecimento, mas também serem pertinentes e significativos para os alunos, permitindo que compreendam sua situação social, real, pessoal, ambiental e tecnológica.

- Quinto Princípio: “Alternância entre abordagem dialógica e de autoridade”

Um princípio fundamental para a estruturação da metodologia de ensino e a configuração do ambiente de aprendizado é a ênfase no diálogo como ferramenta essencial na construção do conhecimento, juntamente com o discurso de autoridade para facilitar a conscientização, produção, estabilização e circulação de conceitos científicos. Isso pode contribuir para promover a emergência e estabilização de ideias científicas e sua relação com os conceitos cotidianos.

A partir desses princípios, foi possível desenvolver uma sequência de ações, conforme mostrado na Figura 2, utilizando o contexto social em que a escola e os alunos estão inseridos, aproveitando a proximidade da linguagem popular e relacionando conceitos científicos na implementação da SEI. Esta abordagem discute a contaminação de elementos- traço promovendo uma investigação com foco nos estudantes.

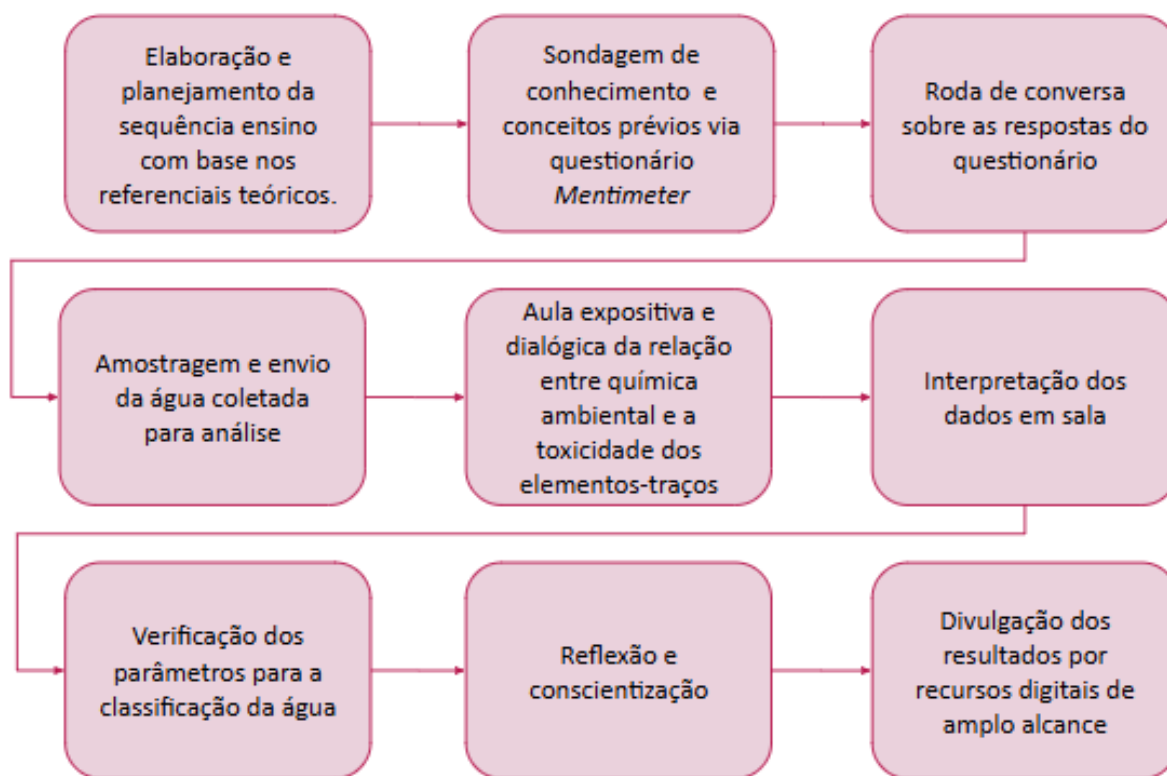


Figura 2: Sequência de ensino simplificada

Coleta de Dados

A coleta de dados para esta pesquisa foi realizada por meio do Relato de Experiência (RE) feito pela licencianda em química (LQ), conforme apresentado no Quadro 1. De acordo com Mussi, Flores e Almeida (2021), o relato de experiência descreve intervenções acadêmicas e/ou profissionais nas áreas de ensino, pesquisa e extensão, compartilhando conhecimento sobre essas práticas. Sua característica principal é a descrição da ação realizada.

RE	Descrição do RE
RE-1	Apresentação das etapas da SEI que foram desenvolvidas em sala de aula; explicação dos termos de consentimento e assentimento para a participação na pesquisa.
RE-2	Início da SEI com a utilização da ferramenta <i>Mentimeter</i> para sondagem de conhecimentos prévios e a utilização de laboratório de informática.
RE-3	Discussão dos resultados iniciais, diferenciação de conceitos e escolha coletiva dos pontos de amostragem da lagoa.
RE-4	Realização da amostragem de água por meio de vídeo, com coleta em três pontos e análise laboratorial.
RE-5	Aula expositiva e dialogada sobre elementos-traço e metais tóxicos, com exibição do vídeo das amostragens, contextualização ambiental e fixação por questões do ENEM.
RE-6	Análise dos resultados laboratoriais, classificação da água segundo a Resolução CONAMA 357, reflexão crítica sobre a atuação do poder público e divulgação dos resultados da turma 2X para a comunidade.

Quadro 1: Relatos de experiência (RE).

A turma na qual foi realizada a intervenção foi cedida pelo professor regente de Química durante o período de 5 semanas para o desenvolvimento das atividades. O vínculo com o professor regente da turma foi estabelecido durante as disciplinas de estágios da carga obrigatória do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal.

Destacamos que o desenvolvimento das atividades se deu nas 3 turmas que pertenciam ao 2º ano do Ensino Médio. No entanto, para a coleta e análise dos dados deste estudo, selecionamos uma turma, que neste trabalho é nomeada como turma "2X".

As turmas de 2º ano do Ensino Médio foram escolhidas para o estudo após o vínculo que se estabeleceu entre o professor-regente e a licencianda em química (LQ), a fim de fomentar o conteúdo de Química que estava sendo abordado em sala de aula e a possibilidade de oportunizar uma discussão levando em consideração a realidade da escola e dos estudantes.

Para a implementação da SEI, conforme apresentado na Figura 2, seguindo os princípios mencionados anteriormente, foram selecionadas 5 aulas, cada uma de 50 minutos. Antes de iniciar as atividades, foi feito um convite para estudo e esclarecimento de dúvidas aos estudantes. Esse momento foi crucial para assegurar a transparência e ética da pesquisa, permitindo que os participantes tivessem a oportunidade de fazer perguntas e esclarecer dúvidas sobre o trabalho que seria desenvolvido.

Cada aula foi planejada com base em seus respectivos problemas investigativos ou problemas didáticos. Contudo, ocorreram alterações no planejamento durante as aulas, devido à falta de participação ou ausência dos estudantes nas atividades. Outro fator de mudança foi em função das interações que suscitaram "novos problemas" em algumas etapas do ensino.

Além disso, a análise dos elementos-traço foi conduzida em colaboração com o laboratório de contaminantes metálicos parceiro da LQ. As amostras foram entregues no mesmo dia da coleta para minimizar qualquer deterioração devido a fatores externos e para garantir armazenamento adequado até a realização da análise.

É importante destacar que todo o processo para o desenvolvimento das atividades foi comunicado aos estudantes com antecedência, a fim de que eles pudessem ter ciência do que seria desenvolvido e de que forma.

Resultados e Discussões

O quadro 1 informa que RE-1 possibilitou a apresentação da pesquisa e a explicitação de seus objetivos, promovendo um ambiente de diálogo e assegurando a transparência do processo investigativo. A partir do RE-2, observou-se a consolidação de um movimento de ação-reflexão-ação (Freitas, 2018), no qual as dificuldades identificadas na atividade inicial foram retomadas e discutidas coletivamente, contribuindo para o aprofundamento conceitual nas aulas subsequentes.

Os resultados referentes aos RE-3 e RE-4 evidenciaram o engajamento dos discentes tanto na definição dos pontos de coleta, apresentados na Figura 3, quanto na compreensão dos procedimentos metodológicos adotados, reforçando o caráter

investigativo da atividade; destaca-se que o RE-4 foi desenvolvido fora do horário regular de aula.



Figura 3: Adaptado do Google Maps.

Já nos RE-5 e RE-6, a classificação dos pontos amostrados pelos discentes revelou a articulação entre conhecimentos prévios e dados técnicos oriundos das análises laboratoriais (Quadro 2), evidenciando avanços na leitura e interpretação de informações científicas.

A tabela 2 sintetiza os dados experimentais obtidos pelo Laboratório de Contaminantes Metálicos da DIVISA/FUNED, considerando os limites de detecção e quantificação do equipamento, as análises em triplicata e as médias dos valores obtidos. Esses resultados subsidiaram discussões em sala de aula sobre critérios técnicos de qualidade da água e sua relação com os usos permitidos para corpos hídricos.

I	Al	B	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	V	Zn	As	Sb	Se
Branco de Digestão	<LQ	<LQ	<LD	<LQ	0,01	<LQ	<LQ	<LQ	<LD	<LQ	<LQ	<LQ	0,03	<LD	<LD
LD	0,012	0,004	0,002	0,003	0,001	0,002	0,005	0,020	0,005	0,003	0,004	0,003	0,0003	0,005	0,0005
LQ	0,050	0,100	0,050	0,010	0,005	0,005	0,050	0,500	0,050	0,010	0,010	0,050	0,002	0,002	0,002
II	Al	B	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	V	Zn	As	Sb	Se
R1-1	0,060	0,140	0,102	<LQ	<LD	<LQ	1,340	<LQ	0,105	<LD	<LQ	<LQ	<LQ	<LD	<LD
R1-2	0,220	0,150	0,113	<LQ	<LD	<LQ	2,040	<LQ	0,125	<LQ	<LQ	0,070	<LD	<LD	<LD
R1-3	0,070	<LQ	0,112	<LQ	<LD	<LQ	1,550	<LQ	0,127	<LQ	<LQ	<LQ	0,011	<LD	<LD
R2-1	0,250	<LD	0,072	<LQ	<LD	<LQ	0,200	<LQ	<LQ	<LD	<LQ	<LD	<LD	<LD	<LD
R2-2	0,200	<LQ	0,072	<LQ	<LD	<LQ	0,190	<LQ	<LQ	<LD	<LQ	<LD	<LD	<LD	<LD
R2-3	0,230	<LQ	0,072	<LQ	<LD	<LQ	0,150	<LQ	<LQ	<LD	<LQ	<LD	<LD	<LD	<LD
R3-1	0,420	<LQ	0,077	<LQ	<LD	<LQ	0,300	<LQ	<LQ	<LD	<LQ	<LD	<LD	<LD	<LD
R3-2	0,480	<LD	0,077	<LQ	<LD	<LQ	0,320	<LQ	<LQ	<LD	<LQ	<LD	<LD	<LD	<LD
R3-3	0,470	<LQ	0,077	<LQ	<LD	<LQ	0,320	<LQ	<LQ	<LD	<LQ	<LD	<LD	<LD	<LD
III	Al	B	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	V	Zn	As	Sb	Se
R1	0,117	0,145	0,109	<LQ	<LD	<LQ	1,643	<LQ	0,119	<LD	<LQ	<LQ	<LQ	<LD	<LD
R2	0,227	<LQ	0,072	<LQ	<LD	<LQ	0,180	<LQ	<LQ	<LD	<LQ	<LD	<LD	<LD	<LD
R3	0,457	<LQ	0,077	<LQ	<LD	<LQ	0,313	<LQ	<LQ	<LD	<LQ	<LD	<LD	<LD	<LD

Tabela 2: Resultados experimentais dos pontos de coleta, analisados pelo Laboratório de Contaminantes Metálicos da DIVISA/FUNED, sendo separados em: I - Limites de detecção e quantificação suportados pelo aparelho de análise; II - Triplicata dos elementos para cada ponto coletado; III- Média dos resultados em cada ponto de análise.

A classificação da água da LP foi realizada a partir do pior enquadramento identificado entre os pontos analisados, uma vez que a extrapolação de qualquer parâmetro compromete a utilização do corpo hídrico como um todo. Nesse contexto, o alumínio apresentou enquadramento na classe 4, o que possibilitou retomar e aprofundar as questões-problema propostas ao longo das aulas, especialmente aquelas relacionadas à proibição da pesca na LP, conforme sistematizado na tabela 3.

Aula	Relato (número)	Problema didático proposto	Novo Problema desencadeado pela SEI
Sondagem de conhecimentos prévios	2	Por que a pesca e o consumo dos peixes da Lagoa da Pampulha são proibidos?	Em aspectos químicos: Por que a pesca e o consumo dos peixes da Lagoa da Pampulha são proibidos?
Roda de conversa	3	Qual local da Lagoa da Pampulha deve ser mais poluído? Por quê?	Existe diferença entre poluição e contaminação? Como explicar essa diferença? Como supor uma contaminação?
Aula expositiva	5	Qual a relação da química ambiental e a toxicidade dos elementos-traços?	• Pensando em multivitamínicos: Vemos que há diversos metais e metalóides presentes no rótulo do multivitamínico que têm alta massa específica, característica de um metal pesado, tais como o ferro e o

			<p>zinco. Então por que as pessoas podem tomar esses remédios?</p> <p>• Como esse tipo de contextualização já foi abordado em questões do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio)?</p>
Interpretações dos dados e classificação	6	Será que a prefeitura está fazendo um bom trabalho na descontaminação da água da lagoa da Pampulha?	-
Divulgação	6	-	Qual a parte do trabalho, em análise pessoal, teve maior relevância e que gostaria que as outras pessoas do seu ciclo social também soubessem?

Tabela 3: Enquadramento do processo investigativo da SEI nos tópicos de Solino e Sasseron (2018)

Conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357, águas dessa classe destinam-se exclusivamente à navegação e à preservação da paisagem, não sendo indicadas para consumo humano ou atividades pesqueiras, como mostrado na Figura 4.

		Classificação de qualidade das águas e usos permitidos				
classes →		classe especial	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
USOS						
preservação ecossistema		obrigatória em UC de proteção integral	×	×	×	×
preservação vida do rio		✓	obrigatória em terras indígenas	✓	×	×
nadar		✓	✓	✓	×	×
criar peixes		✓	✓	✓	×	×
consumo humano		desinfecção	tratamento simplificado	tratamento convencional	tratamento convencional ou avançado	×
remo, vela		✓	✓	✓	✓	×
pesca		✓	✓	✓	✓	×
irrigação		✓	hortaliças e frutas cruas rente ao solo	hortaliças, frutas, parques	árvores, cereais, forragens	×
consumo animal		✓	✓	✓	✓	×
navegação		✓	✓	✓	✓	✓
paisagem		✓	✓	✓	✓	✓

Figura 4: Classificação da qualidade das águas e usos permitidos pelo projeto Árvore e Água que disponibiliza ilustrações para reúso permitido para fins não comerciais.⁵

A discussão dos resultados também evidenciou que a avaliação da qualidade da água não se restringe à análise de elementos-traço, mas envolve um conjunto de parâmetros físicos, químicos e biológicos, como turbidez, cor, odor e presença de coliformes, conforme previsto no Índice de Qualidade da Água da Agência Nacional de Águas, como demonstrado na Figura 5. Essa ampliação do olhar analítico contribuiu para uma compreensão mais integrada da temática ambiental por parte dos discentes.

⁵ Árvore Água (adaptada), 2019.

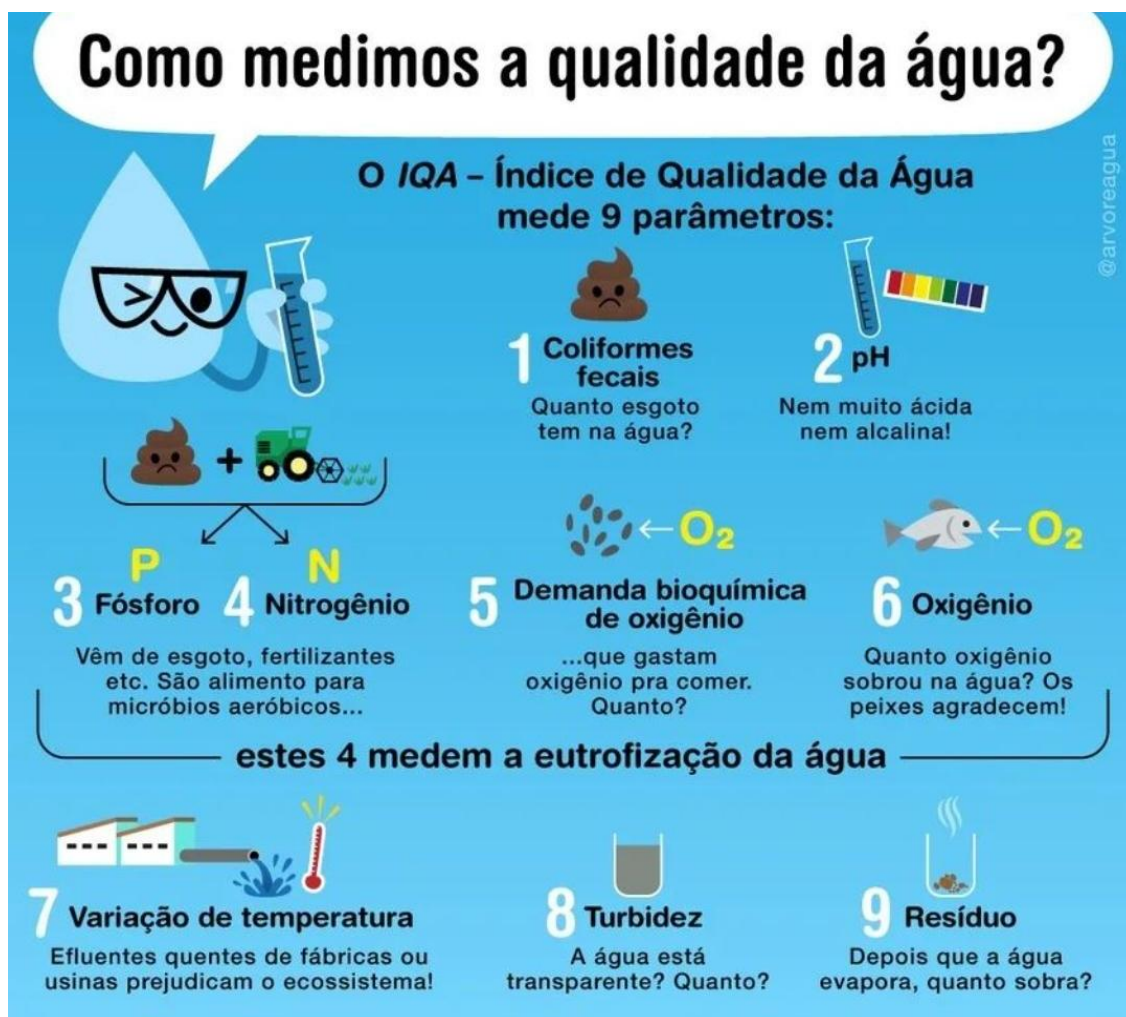


Figura 5: Critérios analisados segundo o índice de qualidade da água da Agência Nacional de Águas que também estão compreendidos na resolução Conama 357. ⁶

Do ponto de vista formativo, a retomada da questão-problema ao longo dos relatos reflexivos permitiu confirmar que a água apresentava características químicas acima dos limites permitidos, justificando sua inadequação para a pesca e o consumo. Além disso, a discussão sobre o alumínio possibilitou estabelecer relações entre a contaminação ambiental e potenciais impactos à saúde, considerando processos de bioacumulação associados a doenças neurodegenerativas, conforme apontam Ferreira et al. (2008) e Bassi et al. (2016).

Por fim, a divulgação dos resultados em redes sociais configurou-se como estratégia de divulgação científica, ampliando o alcance das discussões realizadas em sala de aula e incentivando a reflexão dos discentes sobre a problemática ambiental e a preservação dos recursos hídricos. Esses achados reforçam o potencial de práticas investigativas contextualizadas para promover a alfabetização científica e o engajamento crítico dos estudantes.

⁶Árvore Água (adaptada), 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho permitiu aos alunos, em alguns momentos, a participação ativa durante as atividades da sequência de ensino devido, principalmente, ao tema que explora o contexto de vida dos estudantes e, também, a prática de uma abordagem investigativa como possibilidade no processo de ensino-aprendizagem.

Desse modo, foi possível desenvolver uma sequência de ensino para o conteúdo referente à toxicidade dos elementos-traço com uma abordagem investigativa. Os processos de problematização utilizados nas aulas foram relacionados ao contexto geográfico da escola, por estar situada no entorno da Lagoa da Pampulha, onde foi realizada a intervenção.

Pode-se realçar sobre os estudantes, o engajamento, o interesse durante a realização das atividades, a desmistificação de sentidos comuns, o desenvolvimento da capacidade interpretativa do conteúdo programático abordado para discutir aspectos que envolvem o conhecimento químico em problemas da sociedade, nos âmbitos sociais, tecnológicos, ambientais e científicos de forma crítica.

Destaca-se o interesse da escola em atividades dessa natureza, mediante ao apoio do professor responsável pelas turmas de 2º ano, o que possibilitou o desenvolvimento das atividades em um contexto real de ensino. Ressalto que este trabalho contribuiu para a formação profissional da licencianda em química, dada a possibilidade de aprimorar a prática pedagógica a partir de um processo reflexivo que fez parte durante o processo de elaboração e desenvolvimento das atividades propostas.

As atividades propostas em uma SEI permitiram o contato direto dos estudantes com um tema que faz parte da realidade deles e, também, do contexto onde a escola está inserida. Todo esse movimento proporcionou contribuições relevantes para o processo formativo da pesquisadora, diferente de um estágio curricular que possibilita contribuições pontuais, quando permitidas.

Além disso, abordar o conteúdo de contaminação da água por elementos-traço, permitiu trazer para a sala de aula um tema social que necessita do conhecimento químico para a sua compreensão. Dessa forma, o processo de desenvolvimento das atividades contribuiu para que o estudante pudesse relacionar aspectos da ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, que são fundamentais em uma sociedade em que a participação em discussões de caráter coletivo se faz necessário.

REFERÊNCIAS

- ABBUD, J. S. **Biocaptação de Hg (II) pela bactéria *Rhodococcus opacus***. 2010. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. 103 f.
- AGUIAR, O. J. Sequências de Ensino de Física orientadas pela pesquisa: Experiências do PIBID e PRÓ-MESTRE da UFMG. **Projeto de Pesquisa e Intervenção em Escola de Educação Básica**. Belo Horizonte, 2018.
- BASSI, B. L. T.; FERNANDES, W. S.; LAPENA, S. A. B. **Neurotoxicidade do alumínio na doença de Alzheimer**. Revista Univap, v. 22, n. 40, p. 319–319, 2016.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF: **Ministério do Meio Ambiente**, 2005.
- BELO HORIZONTE. Prefeitura de Belo Horizonte. Prefeitura de Belo Horizonte celebra os 80 anos do conjunto moderno da Pampulha. Prefeitura de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 4 maio 2023. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/prefeitura-de-belo-horizonte-celebra-os-80-anos-do-conjunto-moderno-da-pampulha>. Acesso em: 20 set. 2023.
- CAMPOS, A. L. G. et al. **Águas da Pampulha: analisando sua qualidade**. Feira Brasileira de Colégios de Aplicação e Escolas Técnicas, 2016.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS (CBH). Poluição ainda desafia Lagoa da Pampulha. CBH Rio das Velhas, 17 set. 2020. Disponível em: <https://cbhvelhas.org.br/noticias-internas/poluicao-aindadesafia-lagoa-da-pampulha/>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- FERREIRA, P. C. et al. Alumínio como fator de risco para a doença de Alzheimer. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 16, p. 151–157, 2008.
- FREITAS, U. F. Ação-reflexão-ação: trabalho, formação docente e aprendizagens. **Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal**, v. 5, n. 3, p. 80-89, 2018.
- KAPEPA, M. Perfil de contaminação das águas e peixes por metais pesados e suas consequências para a saúde humana: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Ciências Biomédicas**, v. 1, n. 1, p. 16–23, 2020.
- LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 4, p. 199–205, 2011.
- LIMA, D. P. et al. **Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé**, Estado do Amapá, Brasil. Acta Amazonica, v. 45, p. 405–414, 2015.

LIMA, G. A.; ASSIS, N. G.; IBRAHIM, E. R. B. Diagnóstico dos córregos de influência direta da Lagoa da Pampulha com base nos requisitos do código florestal brasileiro por meio da utilização das ferramentas do SIG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, VII., 2016, Campina Grande, PB. **Anais**. Campina Grande, 2016.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Boletim trimestral da densidade de cianobactérias na bacia hidrográfica do Ribeirão Pampulha: Belo Horizonte, dez. 2021.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. Currículo Referência de Minas Gerais. Belo Horizonte: SEE/MG, 2018. Disponível em: <https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MORTIMER, E. F.; SILVA, P. S. **Elaborando sequências didáticas para o Ensino Médio de Química**. v.1. 256p. FAPEMIG/FaE-UFMG. Belo Horizonte, 2018.

PARREIRAS, M. Laudo revela que Lagoa da Pampulha está 100% contaminada. Estado de Minas, 14 dez. 2012. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2012/12/14/interna_gerais,336856/laudo-revela-que-lagoa-da-pampulha-esta-100-contaminada.shtml. Acesso em: 10 nov. 2023.

QUADROS, A. L. A água como tema gerador do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, v. 20, p. 26–31, 2004.

SILVA, N. S.; SÁ, E. F.; TAVARES, M. L. **O Ensino por Investigação nas pesquisas do Promestre/ FaE/ UFMG**. In: Proposições Epistemológicas, Curriculares e Metodológicas de Grupos de Estudo e Pesquisa em Ensino de Ciências: caminhos para a educação básica e o ensino superior. Editora Livraria da Física, São Paulo, p. 117–137, 2023.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 104–129, 2018.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84–91, 2013.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, p. 67–80, 2011.

Recebido em: 10/01/2026

Aprovado em: 21/03/2026