

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

RICARDO SOUZA GONÇALVES

**SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO ALIADA AO TEMA QUALIDADE  
DA ÁGUA: CONTRIBUIÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS  
CIENTÍFICOS E FORMAÇÃO CIDADÃ**

Ouro Preto

2024

RICARDO SOUZA GONÇALVES

**SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO ALIADA AO TEMA  
QUALIDADE DA ÁGUA: CONTRIBUIÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DE  
CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS E FORMAÇÃO CIDADÃ**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de Química  
da Universidade Federal de Ouro Preto  
como requisito final para obtenção do título  
de Licenciado em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Louise Aparecida  
Mendes  
Coorientadora: Profa. Dra. Ana Carolina  
Gomes Miranda

Ouro Preto

2024

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

G635s Gonçalves, Ricardo Souza.

Sequência de ensino por investigação aliada ao tema qualidade da água [manuscrito]: contribuições para a construção de conhecimentos científicos e formação cidadã. / Ricardo Souza Gonçalves. - 2024.  
88 f.

Orientadora: Profa. Dra. Louise Aparecida Mendes.

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Gomes Miranda.

Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Química .

1. Água - Qualidade. 2. Controle de qualidade da água. 3. Coliformes fecais. 4. Cidadania. I. Mendes, Louise Aparecida. II. Miranda, Ana Carolina Gomes. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 546.212

Bibliotecário(a) Responsável: Paulo Vitor Oliveira - CRB6/2551



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Ricardo Souza Gonçalves**

**Sequência de ensino por investigação aliada ao tema qualidade da água: contribuições para a construção de conhecimentos científicos e formação cidadã**

Monografia apresentada ao Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química.

Aprovada em 08 de fevereiro de 2024

Membros da banca

Profa. Doutora Louise Aparecida Mendes – Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto-  
Profa. Doutora Ana Carolina Gomes Miranda – Coorientadora -Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof. Doutor Gilmar Pereira de Souza - Universidade Federal de Ouro Preto  
Profa. Doutora Clarissa Rodrigues - Universidade Federal de Ouro Preto)

Louise Aparecida Mendes, orientadora do trabalho e Ana Carolina Gomes Miranda, coorientadora do trabalho, aprovaram a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 21/02/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Clarissa Rodrigues, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/08/2024, às 22:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0769469** e o código CRC **D3BC385F**.

## **Agradecimentos**

Primeiramente, agradeço a minha mãe, Rosiléia, por tudo que ela fez e faz por mim. Sem ela não teria nem mesmo entrado na graduação, quem dirá concluído uma. Em segundo, agradeço meu irmão Eduardo. Entre brigas e discussões ele é uma das poucas pessoas que conseguem me acalmar e me fazer voltar a pensar.

Agradeço a Louise, que, com muita paciência, escolheu me orientar nessa etapa. Com tanto estresse nessa fase final, suas conversas serviam como alívio de tudo. Agradeço a Ana Carolina, que aceitou fazer parte da nossa equipe, sempre me acalmava e me fazia voltar a Terra. A vocês duas, meu imenso “Obrigado!”. Sem vocês, jamais teria conseguido.

Agradeço aos eternos amigos que eu fiz em Viçosa. Me acompanhando em cada matéria, cada surto, cada alegria. Muitas vezes sendo meu refúgio.

Agradeço aos meus amigos e professores da Sala Mendeleev, conseguimos formar um ciclo de amizade a distância, que se mantém ainda.

Agradeço aos meus amigos do Residência Pedagógica, em meio a tanta adversidade fizemos um trabalho muito bonito em conjunto.

Agradeço aos meus professores da UFV que tanto me ensinaram nesses anos em que eu estudei lá.

Agradeço aos meus grandes amigos de Ouro Preto, que me fizeram sentir em casa já no primeiro momento. Sempre me ajudando a me adaptar a nova faculdade e a nova cidade.

Agradeço aos professores da UFOP por cada conhecimento adquirido. Com certeza me fizeram um profissional melhor.

Agradeço a D.N.A., que em meio uma turbulência, não me deu apenas um lugar para morar, mas sim me deu minha segunda família. Obrigado ao D’at, Fran e Ortho por fazerem meus dias cada vez melhores. Sem vocês minha vida seria muito sem graça.

Ao lury, por fazer parte da minha vida, sempre me amparando nos melhores e nos piores momentos, me ajudando a superar as dificuldades, me alegrando quando não estou bem. Obrigado por compartilhar sua vida comigo!

## Resumo

O ensino de ciências por investigação vem se mostrando uma estratégia muito interessante para se desenvolver conteúdos conceituais, bem como atitudinais e procedimentais. O aluno é instigado a investigar um determinado problema, criando e testando hipóteses, trabalhando em grupos, reformulando suas ideias e tirando suas próprias conclusões. Além disso, o ensino por investigação pode promover a criatividade, a resolução de problemas, a autonomia, o senso crítico e o pensamento científico. Nesse sentido, uma forma de operacionalizar o ensino de ciências por investigação se dá pela utilização de sequências didáticas. A Sequência de ensino por investigação (SEI) reúne etapas sendo elas o problema, a sistematização e a contextualização. Na primeira é exposta a questão-problema, onde os alunos terão que propor e testar suas ideias a fim de respondê-la. Já na sistematização, todo conhecimento adquirido na etapa anterior é transformado em conhecimento científico. E na contextualização, o conhecimento científico é abordado em contextos diferentes. Uma possível abordagem para o ensino por investigação para o tema “Qualidade da Água” é a utilização de problemas socioambientais. Como exemplo, pode-se citar o Município de Ouro Preto, Minas Gerais, em que a qualidade da água é recorrentemente questionada. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi elaborar uma Sequência de Ensino por Investigação com o tema “Qualidade da Água” para promover os conhecimentos sobre três dos parâmetros de qualidade de água: pH, turbidez e coliformes fecais. A SEI possui seis aulas, sendo três delas para investigação dos parâmetros e três para sistematizações e contextualizações. A metodologia proposta na elaboração da SEI compreendeu cinco etapas interconectadas: seleção do referencial teórico-metodológico, escolha do tema de estudo, definição dos conceitos químicos a serem explorados, estabelecimento de objetivos de aprendizagem e seleção/elaboração de atividades.

Palavras-chave: sequência de ensino por investigação; qualidade da água; pH; coliformes fecais; turbidez.

## **Abstract**

Science teaching through investigation has proven to be a very interesting strategy for developing conceptual content, according to some authors, as well as attitudinal and procedural content. The student is encouraged to investigate a given problem, creating and testing hypotheses, working in groups, reformulating their ideas and drawing their own conclusions. Furthermore, inquiry-based teaching can promote creativity, problem solving, autonomy, critical thinking and scientific thinking. In this sense, one way of operationalizing science teaching through investigation is through the use of didactic sequences. The Research-based Teaching Sequence (SEI) brings together stages, namely the problem, systematization and contextualization. In the problem, the problem question is exposed, where students will have to propose and test their ideas in order to answer it. In systematization, all knowledge acquired in the previous stage is transformed into scientific knowledge. And in contextualization, scientific knowledge is approached in different contexts. A possible approach to research-based teaching is the use of socio-environmental problems. In this sense, a frequent problem in the city of Ouro Preto, MG is the issue of water quality. There are complaints about the condition of the water and more recently there have been signs of inconsistencies in water quality. Therefore, the objective of this work was to develop an Investigation Teaching Sequence with the theme "Water Quality" to promote knowledge about three water quality parameters: pH, turbidity and fecal coliforms. SEI has six classes, three of which are for investigating parameters and three for systematization and contextualization. The methodology proposed in preparing the SEI comprised five interconnected steps: selection of the theoretical-methodological framework, choice of the study topic, definition of the chemical concepts to be explored, establishment of learning objectives and selection/elaboration of activities.

Keywords: research teaching sequence; water quality; pH; fecal coliforms; turbidity.

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Escala de pH .....   | 29 |
| Figura 2 - Escala de pH com exemplos .....  | 29 |
| Figura 3 - Estrutura cátion flavilium .....   | 30 |
| Figura 4 - Esquema Turbidímetro de Jackson .....  | 33 |
| Figura 5 - Esquema do funcionamento do turbidímetro fotoelétrico .....  | 34 |
| Figura 6 - Esquema de contaminação por coliformes .....   | 35 |
| Figura 7 - História em quadrinhos para contextualização da questão-problema .....                                     | 49 |
| Figura 8 - Procedimento para preparo das soluções para a elaboração da escala de pH .....                             | 57 |
| Figura 9 - Cores dos indicadores naturais em diferentes valores de pH .....   | 57 |
| Figura 10 - Cálculos para determinar as alturas das unidades nefolométricas de turbidez no turbidímetro caseiro ..... | 65 |
| Figura 11 - Consequências da ruptura da barragem de Mariana, MG .....   | 70 |
| Figura 12 - Valores de metais pesados antes e depois da ruptura da barragem de Mariana, MG .....                      | 72 |

## Lista de Quadro

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 - Graus de liberdade do professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais .....  | 17 |
| Quadro 2 - Objetivos de aprendizagem CPA .....   | 41 |
| Quadro 3 - Panorama geral da SEI .....   | 42 |
| Quadro 4 - Organização da Aula 0 .....   | 46 |
| Quadro 5 - Aspectos e procedimentos para coleta das amostras.....  | 46 |
| Quadro 6 - Questões para debate inicial sobre coliformes .....   | 51 |
| Quadro 7 - Roteiro para experimentação sobre coliformes totais .....   | 53 |
| Quadro 8 - Questões para debate final sobre coliformes .....   | 55 |
| Quadro 9 - Questões para debate inicial sobre indicadores naturais de pH e roteiro para extração dos corantes naturais .....             | 56 |
| Quadro 10 - Questões para debate sobre corantes para construção da escala de pH.....   | 58 |
| Quadro 11 - Questões para debate inicial para a análise do pH das amostras coletadas e guia para o professor para a experimentação ..... | 60 |
| Quadro 12 - Questões para debate após experimentação do pH .....   | 61 |
| Quadro 13 - Questões para debate inicial sobre turbidez e procedimento para confecção do turbidímetro .....                              | 63 |
| Quadro 14 - Questões para investigação e roteiro para análise da turbidez das amostras .....   | 65 |
| Quadro 15 - Questões para nortear a elaboração do relatório para avaliação .....   | 65 |
| Quadro 16 - Texto para contextualização sobre a Barragem de Mariana .....  | 68 |
| Quadro 17 - Texto para contextualização II sobre Água e Gênero .....   | 74 |

## **Lista de Siglas**

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPA – Conceitual-Procedimental-Atitudinal

CTS – Ciência-Tecnologia-Sociedade

E. coli – Escherichia Coli

EnCI – Ensino de Ciências por Investigação

HOCS – Habilidades Cognitivas de Alta Ordem

HQ – História em Quadrinhos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LOCS – Habilidades Cognitivas de Baixa Ordem

SD – Sequência Didática

SEI – Sequência de Ensino por Investigação

SUS – Sistema Único de Saúde

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

UNT – Unidade Nefolométrica de Turbidez

UTJ – Unidade de Turbidez de Jackson

UV – Luz Ultravioleta

## SUMÁRIO

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | INTRODUÇÃO.....   | 12 |
| 2     | REVISÃO DA LITERATURA.....  | 15 |
| 2.1   | Ensino por Investigação.....  | 15 |
| 2.2   | Sequência de Ensino por Investigação.....   | 20 |
| 2.2.1 | O problema.....   | 23 |
| 2.2.2 | Sistematização.....   | 24 |
| 2.2.3 | Contextualização.....   | 25 |
| 2.3   | A importância do ensino de química alinhado ao tema água.....                                       | 25 |
| 2.4   | Parâmetros de qualidade da água.....  | 27 |
| 2.4.1 | pH.....   | 27 |
| 2.4.2 | Turbidez.....   | 31 |
| 2.4.3 | Coliformes.....   | 34 |
| 3     | OBJETIVOS.....  | 37 |
| 3.1   | Objetivo geral.....   | 37 |
| 3.2   | Objetivos específicos.....  | 37 |
| 4     | METODOLOGIA.....  | 38 |
| 5     | PRODUTO EDUCACIONAL.....  | 40 |
| 5.1   | Objetivos de Aprendizagem.....  | 40 |
| 5.2   | Panorama geral do planejamento da Sequência de Ensino por Investigação (SEI).....                   | 42 |
| 5.3   | Desenvolvimento e discussão da sequência de ensino por investigação (SEI): etapas fundamentais..... | 45 |
| 5.3.1 | Aula 1 – Proposição do Problema.....  | 46 |
| 5.3.2 | Aula 2 – Investigando os Coliformes.....  | 52 |
| 5.3.3 | Aula 3 – Investigando o pH.....   | 56 |
| 5.3.4 | Aula 4 – Investigando a Turbidez.....   | 63 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.3.5 | Aula 5 – Contextualização I e Sistematização do conhecimento - pH |    |
|       | 68  |    |
| 5.3.6 | Aula 6 – Sistematização do conhecimento: coliformes e turbidez    | 75 |
| 5.3.7 | Aula 7 – Contextualização e Avaliação. ....                       | 76 |
| 6     | CONCLUSÃO .....   | 81 |
| 7     | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                   | 83 |

## 1. INTRODUÇÃO

A química é ubíqua e é importante para várias áreas do conhecimento, sendo uma ciência de extrema importância para a sociedade. O ensino de química é fundamental para que o sujeito tenha compreensão de conceitos como composição e propriedades da matéria bem como suas transformações. Compreender a química é decisivo para tomar decisões conscientes e embasadas, abordando desde a avaliação dos impactos de produtos químicos até questões ambientais como qualidade do ar, água e poluição. Além disso, seu conhecimento está intimamente relacionado à saúde e à qualidade de vida, oferecendo contribuições significativas em diversos aspectos do cotidiano.

Conforme Silva et al. (2009) apontam, o ensino de química desempenha um papel fundamental na formação do indivíduo, capacitando-o para uma participação mais crítica e esclarecida na sociedade. Além de fomentar o pensamento crítico e o raciocínio científico nos estudantes, esse ensino proporciona o desenvolvimento de habilidades essenciais, como a capacidade de ler, analisar e interpretar dados científicos, contribuindo para a tomada de decisões embasadas em critérios e evidências sólidas. Essa compreensão não apenas permite uma participação ativa na sociedade, mas também capacita o cidadão para a compreensão de questões complexas relacionadas à química, como políticas públicas, regulamentações de segurança e ética científica.

De acordo com Darroz, Rosa e Ghiggi (2015), a educação tradicional é aquela em que é desconsiderado o conhecimento prévio do aluno, onde, dele, é cobrado apenas uma replicação do que foi dito, há somente transmissão e recepção de informação. Diversos estudos (CARVALHO, 2013; ALMEIDA e SASSERON, 2013; BELLUCCO e CARVALHO, 2014; SOLINO e SASSERON, 2018) evidenciam que a educação tradicional não está contribuindo de forma efetiva no desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem. Esses autores defendem que as metodologias ativas, ou seja, que colocam o aluno no papel central do processo de ensino-aprendizagem, têm melhor desempenho. Sendo assim, há uma necessidade de se fazer um ensino de química que atinja os objetivos propostos por Silva et al. (2009), como supracitado no texto.

Entre as abordagens pedagógicas que enfatizam a centralidade do estudante no processo educativo, destaca-se o ensino por investigação, o qual incita o aluno a

explorar a fundo um determinado tema. Conforme indicado por Carvalho (2013), nessa estratégia, o aprendiz se depara com uma questão-problema que requer sua investigação, levando-o a propor soluções e testar suas próprias ideias, ajustando-as quando necessário. Com isso, é possível desenvolver aprendizagens atitudinais, procedimentais e conceituais.

O ensino de química permeado por contextos investigativos e relacionados à qualidade da água proporciona aos estudantes uma compreensão mais ampla dos conceitos químicos essenciais, enquanto os conecta com situações concretas do mundo ao seu redor. Esta abordagem não apenas enriquece o aprendizado ao torná-lo mais relevante, mas também habilita os alunos a compreenderem de maneira mais abrangente o papel crítico desempenhado pela química na sustentabilidade e na preservação de recursos naturais, particularmente no que concerne à água.

Existem alguns parâmetros que são importantes para avaliar e determinar a qualidade da água. O pH, por exemplo, não apenas indica a acidez ou basicidade da água, mas também regula diversas reações químicas e bioquímicas que ocorrem no ambiente. Já aspectos organolépticos, como a cor, são indicativos de possíveis contaminantes presentes na água. A turbidez, por sua vez, aponta a presença de matéria suspensa, podendo ser de origem orgânica ou inorgânica. A presença de coliformes fecais evidencia a contaminação da água por agentes patogênicos. Esses parâmetros fornecem uma visão abrangente da condição e da segurança da água para diferentes usos e sua relevância é destacada quando conectados ao aprendizado em química.

Dentro desse contexto, o Artigo 2º da Lei 9.433 da Constituição Federal de 1988 garante a disponibilidade de água de qualidade para os mais diversos usos, incluindo o uso domiciliar (BRASIL, 1997). Esse documento legal reconhece a água como um direito fundamental de todos e estipula a necessidade de proteção, preservação e acesso equitativo a esse recurso essencial. Portanto, é importante que os estudantes desenvolvam habilidades de pensamento crítico, capacitando-os a agir em situações em que a lei ou até mesmo os conhecimentos científicos são negligenciados.

Neste contexto, o presente trabalho encontra-se estruturado em capítulos distintos, cada um abordando aspectos específicos da pesquisa. O primeiro capítulo é dedicado aos pressupostos teóricos que fundamentam a utilização das Sequências de Ensino por Investigação (SEI) e sua implementação no âmbito do ensino de

Ciências, enfatizando a relevância do ensino de química alinhado ao tema da água e seus critérios de qualidade associados. O segundo capítulo, intitulado Metodologia, detalha o processo de desenvolvimento da SEI. O terceiro capítulo é reservado para a apresentação do Produto Educacional. Por fim, o trabalho é concluído com as considerações finais, que refletem sobre as implicações do estudo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Ensino por Investigação

O sistema de ensino vem passando por transformações a partir do final do século passado, bem como a sociedade (CARVALHO, 2013). De acordo com Fahl (2003), o modelo educacional conhecido como tradicional, deixou de ser balizador no Brasil a partir dos anos de 1950. Ainda, segundo a autora, esse modelo defende uma visão definitiva do conhecimento, ou seja, a ciência está posta como algo pronto e acabado. Outra característica é a desvalorização, e até mesmo a omissão, dos conhecimentos prévios dos alunos. Esses, ao entrarem em uma sala de aula são considerados como “tabula rasa”, onde o professor depositará todo o conhecimento e àquele só resta a mera replicação desse conhecimento. A transmissão do conhecimento é feita de forma expositiva, priorizando o conteúdo programático, as disciplinas e o professor. O mundo se torna externo ao indivíduo, ou seja, o mundo não altera o aluno, e vice-versa.

Com as mudanças que aconteceram na sociedade no final do século XX, outros modelos surgiram, dois deles são o modelo construtivista e o modelo Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). De encontro ao que defendia o modelo tradicional, o modelo construtivista assume que o conhecimento é construído continuamente, seja por processo individual ou coletivo (FERNANDES e MEGID NETO, 2012). Ainda, segundo esses autores, é preciso priorizar atividades que colocam o sujeito em uma prática social, a fim de desenvolver nele intelectualidade e cognição. Para Fahl (2003), o modelo construtivista entende o sujeito como um sistema aberto, onde há possibilidade de reconstrução. Na construção do conhecimento, a passagem de um estágio para outro é caracterizada pela construção de novas estruturas de pensamento, que não existiam no indivíduo anteriormente. Esse modelo não tem como objetivo transmitir aos alunos verdades e informações, mas sim, que o aluno aprenda a procurar as verdades por conta própria. Ainda de acordo com Fahl (2003), o professor deve proporcionar um ambiente de aprendizagem para reciprocidade intelectual.

Sasseron (2015) afirma que o método de ensino por investigação representa uma abordagem que coloca o aluno como agente ativo em seu próprio processo de aprendizagem, onde o professor atua para engajar a turma e estimular discussões sobre conhecimentos científicos. A autora enfatiza que essa abordagem transcende a

ideia de ser apenas uma metodologia para um conteúdo específico, podendo ser aplicada em uma variedade de temas e atividades. Da mesma forma, Solino, Ferraz e Sasseron (2015) destacam que o ensino por investigação se configura como uma abordagem didática, englobando maneiras de agir, pensar e interagir que o professor utiliza em sala de aula. Consequentemente, essa abordagem visa orientar as atitudes dos professores para criar ambientes propícios ao aprendizado.

Nesse sentido, conforme mencionado por Sasseron (2015), é imperativo que o professor valorize pequenos erros e imprecisões dos alunos, a fim de criar um ambiente confortável para o aprendizado. Além disso, é essencial que o docente incentive os alunos a formular hipóteses, promovendo a interação com os conhecimentos já estabelecidos por eles. Destaca-se a importância de um trabalho conjunto entre o professor e o aluno para o sucesso do processo educativo.

Para Carvalho (2018), o ensino de ciências por investigação (EnCI) é caracterizado quando o professor cria condições para os alunos: pensarem; falarem; lerem e escreverem. Portanto, quando propomos o EnCI, precisamos avaliar se os alunos, além de entender o conteúdo conceitual, conseguiram atingir os pontos citados. Já para Sasseron (2018), também, aponta cinco elementos que, juntos, convergem para a ideia de ensino por investigação: o papel central e intelectual do aluno; aprendizagem para além dos conteúdos conceituais; a utilização de novas culturas no ensino; a relação das práticas cotidianas com as práticas para o ensino; aprendizagem para mudança social.

Outro aspecto importante no ensino por investigação é a possibilidade de proporcionar aos alunos evoluções das habilidades cognitivas. Segundo Zoller<sup>1</sup> (1993, apud Suart e Marcondes, (2009) há duas formas de categorizar as habilidades cognitivas demandadas pelos alunos para resolução de problemas: Lower Order Cognitive Skills (LOCS) que são habilidades cognitivas de baixa ordem; e Higher Order Cognitive Skills (HOCS) que são as habilidades cognitivas de alta ordem. Suart e Marcondes (2009) definem as LOCS como sendo capacidades de: conhecer, memorizar a informação, aplicar o conhecimento em situações semelhantes e resolver exercícios. Já, para as autoras, as HOCS são caracterizadas como sendo capacidades: orientadas para investigação, de resolução de problemas (as autoras

---

<sup>1</sup> Zoller, U. (1993). Are lecture and learning: are they compatible? Maybe for LOCS; unlikely for HOCS. *J. Chemical Ed.*, 70 (3), 195-197

consideram diferente de resolver exercícios), tomada de decisão e desenvolvimento do pensamento crítico.

As autoras ainda defendem que aulas práticas limitadas a manipulação de objetos ou na observação de fenômenos se demonstram como um caráter cognitivo fraco. Elas não permitem que o aluno elabore hipóteses, compare ideia ou análise de variáveis. Para as autoras, se uma aula experimental for organizada de forma a colocar o aluno com papel de destaque frente a resolução do problema, pode contribuir para o aluno raciocinar logicamente sobre a situação. Além disso, se o aluno tiver contato com as demais etapas da investigação, ele, provavelmente, será capaz de levantar hipóteses e discuti-las com os demais alunos, privilegiando o desenvolvimento do raciocínio lógico e das habilidades cognitivas de alta ordem (SUART e MARCONDES, 2009).

De acordo com Carvalho (2018), há dois fatores que influenciam o ensino por investigação. O primeiro é o “grau de liberdade intelectual”, já o segundo se trata da “elaboração de problemas pelo professor”.

Quadro 1: Graus de liberdade do professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais

|                   | Grau 1 | Grau 2     | Grau 3     | Grau 4     | Grau 5     |
|-------------------|--------|------------|------------|------------|------------|
| Problema          | P      | P          | P          | P          | A          |
| Hipóteses         | P      | P/A        | P/A        | A          | A          |
| Plano de trabalho | P      | P/A        | A/P        | A          | A          |
| Obtenção de dados | A      | A          | A          | A          | A          |
| Conclusões        | P      | A/P/Classe | A/P/Classe | A/P/Classe | A/P/Classe |

Fonte: Carvalho, Ricardo, Sasseron, Abib e Pietrocola<sup>2</sup> (2010, p. 55 apud Carvalho, 2018 p. 768).

Para que o aluno exerça papel ativo na aprendizagem, é necessário que ele receba algum nível de autonomia, a depender da abertura que o professor oferece para a investigação. Em seu trabalho, Carvalho (2018) classifica a liberdade intelectual em cinco graus. No grau 1, o aluno não tem liberdade para pensar. O

<sup>2</sup> CARVALHO, A. M. P.; RICARDO, E. C.; SASSERON, L. H., ABIB, M. L. V. S.; PIETROCOLA, M. (2010) Ensino de Física. São Paulo; Cengage Learning.

professor oferece o problema junto com as hipóteses. Cabe ao aluno seguir o “passo a passo” para resolver o problema proposto. Devido a isso, são chamadas de “receitas de bolo”, segundo a autora. No grau 2, embora o professor ofereça o problema e as hipóteses para os alunos, há abertura para discussão em sala de aula, podendo emergir algum questionamento sobre o problema. Nos graus três e quatro, a autora afirma que é estabelecido o ensino por investigação. No grau 3, o professor oferece o problema, e junto com os alunos discutem a respeito das hipóteses. São os alunos que tentaram resolver o problema, com a supervisão do professor. O quarto grau, para a autora, se refere a alunos que conhecem o ensino por investigação e estão acostumados com eles. Nesse grau de liberdade, o professor apenas oferece o problema e as demais etapas são responsabilidade dos alunos. No quinto e último grau, os alunos são autônomos desde a escolha do problema até sua conclusão.

Nesse sentido, outra maneira de oferecer liberdade aos alunos é por meio da abertura das atividades práticas. Munford e Lima (2007), em seu trabalho pontuam potencialidades tanto em práticas abertas, aquela em que o aluno tem mais liberdade para interferir nos processos, quanto em práticas mais fechadas, onde a liberdade de interferência é menor: atividades práticas abertas dão aos estudantes a oportunidade de discutirem quais variáveis são mais apropriadas, refletir sobre o “erro”, elaborar experimentos mais complexos. Em contrapartida, atividades práticas mais fechadas, oportuniza aos alunos analisarem dados, avaliarem criticamente as metodologias empregadas, pensar sobre suas limitações, desenvolver teorias.

Conforme Carvalho (2018) traz em seu texto, há três formas de classificar a investigação de acordo com o nível de abertura: na investigação estruturada, cabe ao professor propor a pergunta inicial, fornecer os dados e definir as evidências relevantes. Aos alunos cabe construir as explicações para os dados fornecidos. Na investigação guiada, o professor oferece o problema científico e cabe aos alunos as demais etapas de forma autônoma. E na investigação aberta, o professor apenas define o tema e os alunos decidem desde a pergunta até a resolução do problema. Em concordância, Sá, Lima e Aguiar Jr. (2011) defendem três possíveis abordagens:

Em uma primeira, mais estruturada, a proposição de questões e de métodos para investigá-las ficaria a cargo do professor e o envolvimento dos alunos permitiria que descobrissem relações que ainda não conheciam. Em outra abordagem, a proposição de questões seria feita pelo professor e, ficaria a cargo dos estudantes, tanto a concepção dos métodos, quanto a avaliação da adequação dos mesmos. Por fim, em uma terceira abordagem o professor proporia

temas ou apresentaria fenômenos, mas as questões e os métodos ficariam por conta dos estudantes. Assim, os estudantes teriam autonomia para definir o que é relevante, o que precisa ser esclarecido e os métodos mais convenientes. (p. 81)

Por outro lado, há algumas concepções equivocadas sobre o ensino por investigação. Uma delas é trazida por Munford e Lima (2007), onde muitas vezes se pensa ser necessário uma atividade experimental para haver ensino por investigação. As autoras defendem que muitas vezes as atividades práticas não apresentam as características de investigação. Em seu trabalho, ela nos mostra que atividades de investigação simples podem não abordar pontos essenciais para o ensino por investigação. Sendo assim, problemas não experimentais podem ser mais investigativos do que a própria experiência. Segundo Guimarães (2009), a prática experimental não pode seguir o modelo “receita de bolo”, o professor disponibiliza o roteiro que contém os passos a serem seguidos. Nesse caso, o ensino não tem caráter investigativo, ele é baseado em mera observação. O autor ainda afirma que as questões que deveriam ser problematizadas são postas de lado, sendo assim, a aprendizagem deixa de ser significativa e passa a ser uma aprendizagem mecânica, em que a informação aprendida não faz relações com as já existentes.

Em segundo lugar, para Munford e Lima (2007), há um pensamento equivocado sobre o grau de abertura das atividades. Tem-se a ideia, bastante difundida, que durante o ensino por investigação, todas as atividades precisam ser, necessariamente, “abertas”, onde o aluno tenha autonomia para decidir as questões, os métodos, as hipóteses e como analisar a investigação. Entretanto, as autoras defendem que atividades em graus de abertura diferentes possibilitam a aprendizagem por meio do ensino por investigação em faixas etárias diferentes. Além disso, se houver uma organização efetiva das atividades em graus de abertura diferentes, os alunos podem desenvolver habilidades diversas ao longo da sequência de aulas.

Por fim, as autoras afirmam que muitos acreditam que todos os conteúdos têm que ser desenvolvidos por meio do ensino por investigação. Contudo, elas trazem que determinados conteúdos são mais apropriados para trabalhar com essa abordagem, enquanto outros precisam de abordagens diferentes. “O ensino de ciências por investigação seria uma estratégia entre outras que o(a) professor(a) poderia selecionar ao procurar diversificar sua prática de forma inovadora.” (MUNFORD; LIMA, 2007, p. 98).

## 2.2 Sequência de Ensino por Investigação

Para Guimarães e Giordan (2011) “O ensino das ciências naturais e suas tecnologias é tarefa complexa, desafiadora e estimulante, envolve aspectos do método científico ou mesmo questões muito abstratas [...]”. O planejamento de sequências didáticas (SD) pode ser útil para que os professores possam alcançar a aprendizagem de maneira efetiva. Pais<sup>3</sup> (2012, p.102 apud Guimarães e Giordan, 2011) diz que “Uma sequência didática é formada por um certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática”.

Ainda, Guimarães e Giordan (2011) elencam alguns pontos estruturantes imprescindíveis para construção de uma SD:

- Título: Embora seja o elemento mais simples da SD, não podemos ignorar a função do título. Ele pode oferecer ao aluno uma atração, ou ele pode causar resistência ao aluno.
- Público-alvo: As SD não são universais, um fato muito importante. Não há um método válido que seja definitivo para todas as situações. Assim, uma característica de SD é que ela tem que ser confeccionada pensando no seu contexto específico.
- Problematização: A problematização é o ponto de partida para a aprendizagem, ela que sustenta e une a SD. (Delizoikov<sup>4</sup>, 2001 apud em Guimarães e Giordan, 2012).
- Objetivo Geral: Além de ser plausível, a metodologia empregada durante a SD deve refletir e dar condições aos alunos de alcançarem esses objetivos.
- Objetivos específicos: são metas a serem alcançadas, quando o conjunto de objetivos específicos são atingidos, o objetivo geral também é. São um organizador detalhado que ajuda na escolha das metodologias a serem empregadas.

---

<sup>3</sup> PAIS, LUIZ Carlos. Didática da Matemática: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

<sup>4</sup> DELIZOICOV, D. Problemas e Problematizações. In: PIETRECOLA, M. (org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001.

- Conteúdos: Embora sejam apresentados, tradicionalmente, como conteúdos disciplinares, eles podem transitar de diversas formas para alcançar objetivos.
- Dinâmica: as metodologias são fundamentais para que o ambiente de aprendizagem seja desenvolvido durante uma SD. Dinâmicas diferenciadas são necessárias, mantendo a coerência do que está sendo desenvolvido.
- Avaliação: Os métodos avaliativos tem que ser coerentes com os objetivos e com a metodologia empregados na SD. É a partir deles que conseguimos diagnosticar se os objetivos foram alcançados ou não.

Uma forma de operacionalizar o EnCI é por meio de SD, em que o professor consegue planejar atividades para alcançar os objetivos desse modelo de ensino. É interessante que o professor ao planejar uma sequência com foco no EnCI perpassa por atividades diversificadas, a fim de promover condições para que os alunos tenham uma aprendizagem significativa.

Em seu trabalho, Carvalho (2011) mostra alguns pontos importantes para se pensar quando se planeja uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI). Esses pontos são fundamentais para que possamos dar condições aos alunos de terem um ambiente propício para a construção do próprio conhecimento:

- O problema é importante para o início da construção do conhecimento. De acordo com Bachelard<sup>5</sup> (1938 apud Carvalho, 2011) “todo conhecimento é a resposta a uma questão”.
- Passagem da ação manipulativa para a ação intelectual. Se reflete na ação intelectual para construção de novas hipóteses, que por sua vez levaram à formulação de ações manipulativas diferenciadas.
- A importância da tomada de consciência de seus atos para a construção de conhecimento. Embora não ocorra de forma espontânea, o professor deve conduzir o aluno a tomar consciência de quais foram suas ações para resolver o problema proposto. A tomada de consciência é fundamental para que o aluno construa novos conhecimentos.
- As diferentes etapas das explicações científicas. Durante as discussões em sala de aula é preciso chegar no momento das explicações

---

<sup>5</sup> BACHELARD, G. Laformacion de l'espritscientifique.Paris: Vrin,1938.

científicas. É nesse momento que os alunos procuram estratégias para conseguirem explicar porque o problema foi resolvido.

Do ponto de vista interacionista, ainda segundo Carvalho (2011), há oito pontos que devemos considerar ao planejar uma SEI, para fomentar as ações que coloquem o indivíduo em atividades sociais, bem como o professor deve se posicionar:

- estímulo à participação ativa do estudante: é a base de toda teoria construtivista, a ideia que o aluno constrói seu processo de aprendizagem.
- As interações aluno-aluno são fundamentais: Os alunos tendo o mesmo nível de raciocínio e linguístico, podem se entender melhor, tendo uma comunicação melhor. Os alunos, em suas discussões, refletem, levantam e testam suas hipóteses.
- função do professor como elaborador de questões: O professor tem um papel invariante, construir com os alunos os conhecimentos científicos. Para tal, é exigido uma postura diferenciada, na qual ele tem a função de instigar os alunos a participarem das discussões, para que esses possam ter suas aprendizagens de maneira efetiva. Essa tarefa está atrelada a perguntas que o professor deve fazer durante as aulas, tais como: o que fizeram; como fizeram; porque deu certo ou porque deu errado.
- promoção de um espaço encorajador: para que o aluno exerça seu papel ativo na construção do conhecimento ele precisa de um ambiente que permita. Ele precisa ser encorajado a participar das aulas sem que haja repreensão do professor por um “erro”. Esse ambiente é criado ou destruído por ações pequenas. Se o professor diz ao aluno “você está errado” ou simplesmente o ignora, esse aluno terá maiores chances de não participar mais das aulas. Respeitar as ideias dos alunos, mesmo que erradas ao primeiro olhar, pode criar um ambiente saudável para aprendizagem.
- conhecimento prévio como balizador da construção do conhecimento: dos conhecimentos prévios à mudança conceitual. As ideias anteriores dos alunos se transformam em hipóteses para que eles possam testar. Dessa forma, é retirada a conotação negativa das ideias cotidianas.

- O conteúdo (problema) tem que ser significativo para o aluno: se estamos querendo que o aluno crie seu próprio conhecimento, o ponto de partida deve fazer sentido e ter significado para ele. Se a questão não o motivar, ele não irá construir o conhecimento desejado.
- da abordagem CTS/CTSA: Se o objetivo é introduzir o aluno no âmbito das ciências, a abordagem CTSA deve-se fazer presente em todas as SEIs.
- da passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica: A ciência possui sua linguagem própria, com formas de falar, aparatos matemáticos e representações esquemáticas próprias. Ao ensinar as ciências devemos, junto, ensinar essa linguagem. É preciso saber como levar os alunos a aprender essa linguagem, bem como sair do discurso cotidiano para o discurso científico.

Como defende Carvalho (2013), uma SEI deve conter algumas atividades essenciais para que se consiga atingir uma aprendizagem significativa. Nos parágrafos seguintes serão detalhadas as atividades de acordo com a autora.

### *2.2.1 O problema*

Existem alguns tipos de problemas que podemos usar para organizar a SEI, porém, sem dúvidas, o mais cativante aos alunos são os problemas experimentais. Entretanto, alguns dos elementos usados nos problemas experimentais podem trazer consigo um teor de perigo, como fogo, explosões. Neste caso, a parte experimental fica a cargo do professor, tornando-se um problema de demonstração investigativa. Em outros casos, a origem do problema pode ser jornais, notícias, entrevistas, esses são chamados de problemas não experimentais. Qualquer que seja o problema escolhido ele deve seguir uma série de etapas para que possibilite ao aluno levantar hipóteses e testá-las, refletir sobre o que foi feito, passar da ação manipulativa para a ação intelectual. Também, deve-se pensar no material didático para que o problema seja resolvido, esses estão intrinsecamente ligados.

O material didático para o problema experimental deve ser bem planejado desde o início. Ele deve ser atrativo para que os alunos se interessem pelo experimento e tem que ser de fácil manejo para que eles consigam manipular e chegar a uma solução sem se cansarem. O material, também, deve ser mutável, ou seja, o

aluno tem que poder mudar as condições do experimento para que ele possa enxergar as variações das ações e reações. Além disso, o problema não pode ser uma pergunta qualquer, ele precisa cativar os alunos para que eles se sintam estimulados a procurarem as soluções, ou seja, o problema precisa pertencer a cultura social daqueles alunos.

Apesar do tipo de problema que será abordado durante a realização da SEI, há algumas etapas que precisam ser desenvolvidas. A primeira delas é a distribuição do material para realização do experimento, que acontece apenas com o problema experimental. Nessa etapa o professor divide a sala em pequenos grupos e entrega o material para os alunos realizarem o experimento, conferindo se todos os alunos entenderam o problema.

A próxima etapa é a resolução do problema. Está centrada na tentativa dos alunos em resolverem o problema proposto, seja ele experimental ou não ou demonstrativo. O foco dessa etapa não é o conteúdo a ser ensinado, mas sim as ações manipulativas e intelectuais que os alunos terão para resolver o problema. A resolução precisa ser feita em pequenos grupos, pois os alunos tendo o mesmo nível de desenvolvimento intelectual, eles têm a comunicação facilitada.

Nessa etapa, os alunos precisam “errar”, separar as variáveis que importam para o problema e as que não importam. Por isso, é preferível que o professor se afaste e fique apenas guiando os grupos, procurando saber se eles conseguiram ou estão com alguma dificuldade, sem dar a resposta.

### *2.2.2 Sistematização*

Após perceber que os alunos encerraram a etapa da resolução do problema, o professor deve iniciar a sistematização. Nessa etapa, é importante que o aluno tome consciência do que ele realizou. O papel do professor é fundamental. Por meio de perguntas, como “como fizeram?”, o professor instiga os alunos a relembrem e a sistematizar o conhecimento de forma coletiva.

Quando todos os grupos já relataram, é o momento de avançar com as perguntas do “como” para o “porque?”. Nesse momento, o professor deve direcionar-se às perguntas “porque deu certo/errado?”, lembrando que o erro pode promover a aprendizagem. Assim, os alunos terão que formular explicações, buscando palavras ou conceitos que descrevam o que eles fizeram. Nesse momento, há a possibilidade de aumentar o vocabulário dos alunos.

Outra maneira de promover a sistematização, porém de forma individual, é a etapa do escrever e desenhar. Essa etapa é fundamental para que o aluno desenvolva suas próprias estruturas mentais. Ao pedir para que o aluno desenhe ou escreva, ele precisa construir modelos mentais para que ele possa expressar suas ideias.

### 2.2.3 Contextualização

As contextualizações mais simples são aquelas que pedimos aos alunos que elenque “em quais momentos do seu cotidiano você nota esses fenômenos?”. Entretanto, muitas vezes as contextualizações têm objetivos mais profundos. Nesses casos, a contextualização deve ser feita com ajuda de algum texto que traga elementos similares aos discutidos no problema inicial. Dessa forma os alunos poderão entender a correlação entre o problema inicial e o novo. O trabalho realizado nessa etapa segue os mesmos passos: discussão em grupos; discussão em sala de aula; discussão com a turma; e a escrita individual.

As atividades de contextualização precisam ser planejadas para irem além do conhecimento conceitual e abordar conhecimentos sociais. Para isso, pode ser necessário a utilização de materiais didáticos como: revistas, textos, jogos, simulações.

Diante dos aspectos supracitados, a implementação de uma SEI requer um planejamento detalhado e uma execução cuidadosa. As atividades devem ser relevantes e desafiadoras para estimular a curiosidade e o pensamento crítico dos alunos. O papel mediador do professor é fundamental em todas as etapas, desde a formulação do problema até a avaliação e feedback. Com estas estratégias, a SEI pode se tornar uma ferramenta importante para promover uma aprendizagem significativa.

Ao finalizar esta seção, fica claro que a SEI é mais do que uma série de atividades; é uma abordagem holística para o ensino e aprendizagem, que prepara os alunos não apenas academicamente, mas também para o pensamento crítico e resolução de problemas na vida real.

## 2.3 A importância do ensino de química alinhado ao tema água

Conforme apontado por Lima (2012), a predominância de abordagens tradicionais nas aulas de química, muitas vezes, limita a capacidade dos alunos de

alcançarem uma aprendizagem significativa. Uma forma eficaz de promover essa mudança é alinhar o ensino de química com temas relevantes e atuais, como a água. A água, um recurso vital que enfrenta desafios crescentes em termos de qualidade e disponibilidade, se torna um tema particularmente relevante.

Torralbo e Marcondes (2009) destacam que a sociedade contemporânea necessita desenvolver atitudes conscientes em relação à água, especialmente considerando os impactos pós-industrialização. A incorporação deste tema no ensino de química oferece uma oportunidade única para introduzir aspectos de educação ambiental, promovendo uma conscientização sobre os problemas atuais e futuros.

Conforme Santos e Rodrigues (2018), ao tratar da temática água, professores podem utilizar métodos que envolvam problematização, investigação e interpretação. Essa abordagem permite que os conteúdos químicos não apenas sejam ensinados, mas também sirvam como ferramentas para formar alunos críticos e responsáveis. O tema da água permite explorar conteúdos conceituais como equilíbrio químico, concentração e propriedades coligativas, além de desenvolver aspectos socioambientais.

Carvalho Costa, Silva e Silva (2021) enfatizam que o ensino de química, alinhado ao tema da água, promove a conscientização sobre as interfaces entre o conhecimento e os aspectos sociais, econômicos e políticos. Essa abordagem não apenas enriquece o currículo, mas também conecta os alunos com questões ambientais urgentes, desenvolvendo uma consciência e responsabilidade social, podendo contribuir significativamente para a formação de cidadãos informados, críticos e preparados para enfrentar e resolver os desafios ambientais contemporâneos.

Em nosso planeta, todas as formas de vida necessitam de água para sobreviver, destacando-se como um elemento essencial para a manutenção do equilíbrio ecológico em diversos ecossistemas. Além disso, a água tem um papel crucial no desenvolvimento socioeconômico da humanidade (AZEVEDO, 1999; BAIRD, 2002; SILVA et al., 2013). Considerada um dos recursos mais vitais da Terra, a água é indispensável para a existência de todos os seres vivos (Dantas, 2008). Cerca de 96,54% da água do mundo está nos oceanos. Além disso, muitos lagos são salgados, e acredita-se que uma grande parte da água subterrânea também seja salgada. Assim, aproximadamente 97,5% da água disponível no planeta é salgada. Dos 2,5% restantes, nem toda a água é doce; parte dela é classificada como salobra,

ou seja, levemente salgada. Essa água salobra pode ser encontrada em certos lagos, lagoas, deltas, pântanos e até no solo (ANA, 2012).

A qualidade da água é tão importante quanto a sua quantidade, conforme destaca Spiro (2009). Apesar de a água utilizada nas diversas atividades humanas ser em grande parte devolvida ao meio ambiente, a sua qualidade geralmente se degrada após o uso. A presença de amônia na água, por exemplo, é um importante indicador químico para a análise da sua qualidade.

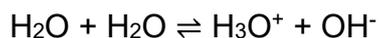
O cloro, utilizado como agente bactericida, é um indicativo de que a água recebeu tratamento para eliminar bactérias. O pH, por sua vez, indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, variando de 0 a 14, e é influenciado por sólidos e gases dissolvidos (SPERLING, 2005). A cor da água, geralmente resultante da presença de matéria orgânica, inorgânica ou substâncias metálicas como ferro e manganês, pode ser esteticamente indesejável e economicamente prejudicial (CORNATIONI, 2010). A turbidez, causada por partículas em suspensão, confere uma aparência turva à água.

As doenças transmitidas pela água afetam milhões de pessoas globalmente. A análise da água pode fornecer dados importantes para correlacionar a qualidade da água com o risco de consumo de água contaminada, promovendo o entendimento público sobre este assunto crítico. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010, mais de 31 milhões de brasileiros não tinham acesso a água tratada. O Sistema Único de Saúde (SUS) estima que 60% das internações hospitalares no Brasil estejam relacionadas a doenças transmitidas pela água.

## **2.4 Parâmetros de qualidade da água**

### *2.4.1 pH*

As soluções aquosas possuem, simultaneamente, os íons hidróxido ( $\text{OH}^-$ ) e hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), ou o íon  $\text{H}^+$  (OHLWEILER, 1976). Isso se dá pelo fato, pela capacidade da molécula de água de receber íons  $\text{H}^+$ , comumente chamados de prótons, enquanto, ao mesmo tempo, a molécula é capaz de doar um próton (ATKINS e JONES, 2006). A esse fato dá-se o nome de anfiprótica. Por se tratar de um equilíbrio químico, a autoprotólise da água pode ser expressa por uma constante de equilíbrio (BRADY e HUMISTON, 2008).



$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}][\text{H}_2\text{O}]}$$

Líquidos puros, como  $\text{H}_2\text{O}$ , não entram na expressão da constante de equilíbrio. Portanto, a expressão acima pode ser reescrita. A constante de autoprotólise da água recebe um símbolo especial,  $K_w$ , sendo o  $w$  originado da palavra água em inglês, *water* (HARRIS, 2017).

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

ou

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

Visto que, o produto acima é um produto iônico, a constante,  $K_w$ , pode ser chamada de constante de ionização. Ainda, a ionização da água, em um sistema em equilíbrio, deve sempre ser satisfeita, mesmo que haja outros equilíbrios químicos no sistema (BRADY e HUMISTON, 2008).

Seguindo a estequiometria da reação, os valores de  $[\text{H}^+]$  e  $[\text{OH}^-]$  são iguais. O valor de  $K_w$ , a  $25^\circ\text{C}$ , é de  $1,01 \times 10^{-14}$ . Assim, o autor explica a forma de calcular a concentração dos íons  $[\text{H}^+]$  e  $[\text{OH}^-]$  nessa temperatura.

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$$

$$K_w = [\text{H}^+][\text{H}^+]$$

$$K_w = [\text{H}^+]^2$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_w}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{1,01 \cdot 10^{-14}}$$

$$[\text{H}^+] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

Levando em consideração as equações matemáticas citadas acima, isso significa que as concentrações dos íons hidróxido e hidrogênio, é igual a  $1,0 \times 10^{-7}$  mol/L (BRADY e HUMISTON, 2008).

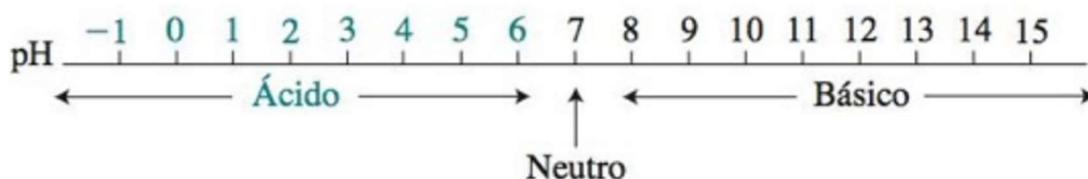
Dessa maneira, a variação das concentrações dos íons hidrônio e hidróxido podem variar em faixas muito extensas, podendo ser maior que 1 mol/L em algumas

soluções e menor que  $10^{-14}$  em outras soluções (HARRIS, 2017). Devido a isso, há uma preferência em expressar a molaridade, ou concentração desses íons em uma escala com uma faixa de variação menor, a escala de pH. O pH de uma solução, é dada pela pelo logaritmo na base 10 negativo da atividade do íon  $H_3O^+$ .

$$pH = - \log [H^+]$$

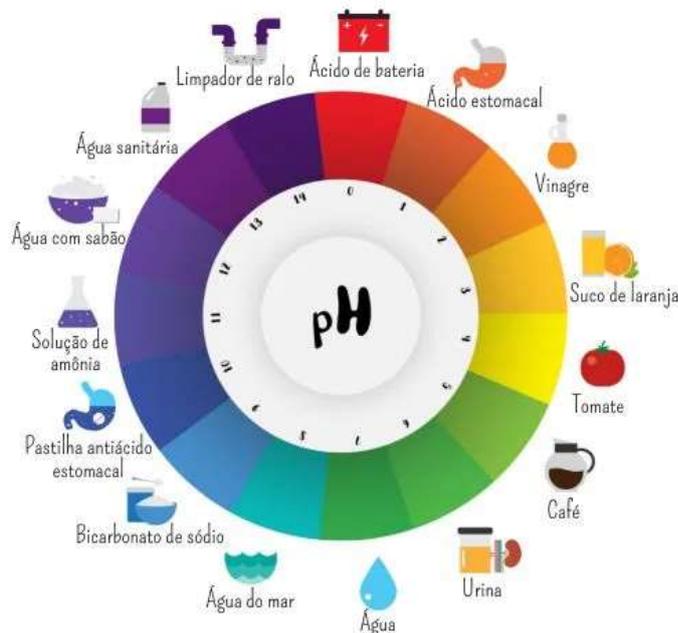
A forma simplificada da expressão de pH pode ser dada em função da concentração do íon hidrônio em solução. Dessa forma, escala de pH, variando de soluções ácidas à básicas, ilustrada nas figuras 1 e 2 (HARRIS, 2017):

Figura 1 – Escala de pH.



Fonte: Retirada de Harris (2017)

Figura 2 – Escala de pH com exemplos.



Fonte: retirada de <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/voce-sabe-que-significa-ph-.htm>

#### 2.4.1.1 Indicadores Ácido-Base

Segundo Catapan *et al.* (2022), os indicadores ácido-base são substâncias orgânicas que tem caráter fracamente ácido (indicador ácido) ou fracamente básico

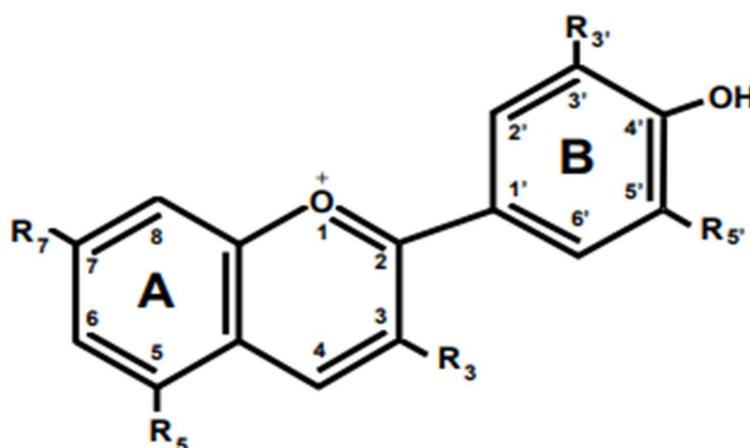
(indicador básico) que tem a capacidade de alterar suas propriedades organolépticas, em especial a cor, a depender do meio em que estão.

Além disso, Silva, Brito e Gonçalves (2018) diferenciam os indicadores em duas categorias principais: naturais e sintéticos. Os indicadores naturais são extraídos de fontes orgânicas, enquanto os sintéticos são produzidos através de processos químicos. Entre os indicadores naturais, as antocianinas se destacam. Estes pigmentos, conforme mencionado por Constant (2003), são intensamente coloridos, solúveis em água e encontrados em uma variedade de plantas. São conhecidos por suas propriedades antioxidantes e por sua capacidade de mudar de cor em resposta a mudanças no pH do ambiente. Constant (2003) acrescenta que as antocianinas são derivadas do cátion flavilium, uma molécula que contribui para a estabilidade e intensidade da cor desses pigmentos em diferentes condições de pH.

O uso de indicadores ácido-base, especialmente os naturais como as antocianinas, tem sido amplamente explorado em contextos educacionais, devido à sua facilidade de obtenção e a clara demonstração visual que oferecem sobre as propriedades ácido-base de diferentes soluções. A compreensão desses indicadores é crucial para uma variedade de aplicações práticas, desde análises químicas simples em laboratórios de ensino até aplicações mais complexas em pesquisa e indústria.

A autora ainda afirma que as antocianinas são derivadas do cátion flavilium (vide figura 3).

Figura 3 – Estrutura cátion flavilium.



Fonte: retirada de Constant (2003)

De acordo com Terzi e Rossi (2002), a história dos indicadores ácido-base remonta ao século XVII, quando Robert Boyle descobriu que o extrato de violeta mudava de cor conforme o caráter ácido ou básico da solução. Boyle observou que

este extrato se tornava vermelho em soluções ácidas e verde em soluções básicas, um fenômeno que ele utilizou para desenvolver os primeiros indicadores de pH em solução e em papel. No entanto, foi somente no século XIX, com os estudos de Svante Arrhenius, que o conceito de ácidos e bases foi formalizado cientificamente.

Ao longo dos séculos, vários extratos vegetais, como violeta e um líquen conhecido como "litmus", foram utilizados como indicadores. Bergman, no século XVIII, observou que extratos de plantas azuis eram particularmente sensíveis a ácidos, diferenciando ácidos fortes de fracos. No século XIX, Marquat cunhou o termo "antocianinas" para descrever os pigmentos azuis em flores, e foi somente no início do século XX que Willstätter e Robinson associaram esses pigmentos à variação de cor em função da acidez ou alcalinidade do meio

Catapan et al. (2022) mencionam que o uso de indicadores naturais extraídos de plantas pode ser uma alternativa de recurso didático em técnicas experimentais na escola. Os autores ainda trazem que existe uma precariedade de práticas experimentais, muito ligada ao elevado custo dos materiais. Dessa forma, uma possibilidade de atividade prática sem custos elevados é a utilização de indicadores naturais para experimentação.

#### 2.4.2 Turbidez

Segundo Nascentes e Costa (2011) a turbidez representa a interferência da passagem da luz sobre a água. Além disso, para as autoras, o aumento da turbidez em um corpo d'água dificulta a passagem da luz, prejudicando a fotossíntese da vegetação enraizada e algas submersas. Ou seja, ainda para elas, a turbidez pode afetar no crescimento da população de peixes, influenciando nas comunidades aquáticas.

Conforme Cardoso (2011) a turbidez é uma característica da água, sendo a propriedade de espalhamento e absorção da luz, ocasionado por partículas e moléculas, o que impede a passagem da luz em linhas diretas. Ainda, pela a autora, a turbidez é a diminuição da transparência da água.

Para Lima (2015, p. 18) a turbidez "é uma expressão da propriedade óptica que faz com que a luz, através da amostra, seja espalhada e absorvida e não transmitida em linha reta.". Ainda, conforme a autora, a turbidez é medida pela interferência da passagem de luz pelo líquido, sendo expressa em unidade nefelométrica de turbidez (NTU).

Para Correia *et al.* (2008) a medida da dificuldade de a luz passar pela água é denominada turbidez. Para os autores a causa da turbidez se dá por materiais suspensos como argila, silte, coloides, matéria orgânica, etc.

De acordo com Oliveira-Filho<sup>6</sup> *et al.* (1994) a devastação das matas ciliares contribui para o assoreamento e, conseqüentemente, para o aumento da turbidez nos rios, desequilíbrio das cheias além de influencias na fauna silvestre. (apud PINTO, ROMA e BALIEIRO, 2012, p. 495). Conforme Gomes, Palma e Silva (2000) a mineração marinha pode aumentar a turbidez da água e conseqüentemente interferir na produtividade pesqueira e alimentação. A figura 4 apresenta um esquema dos principais fatores que influenciam na dissipação da luz no meio aquoso. Na imagem pode-se notar a influência exercida por partículas inorgânicas suspensas, matéria orgânica e microrganismos.

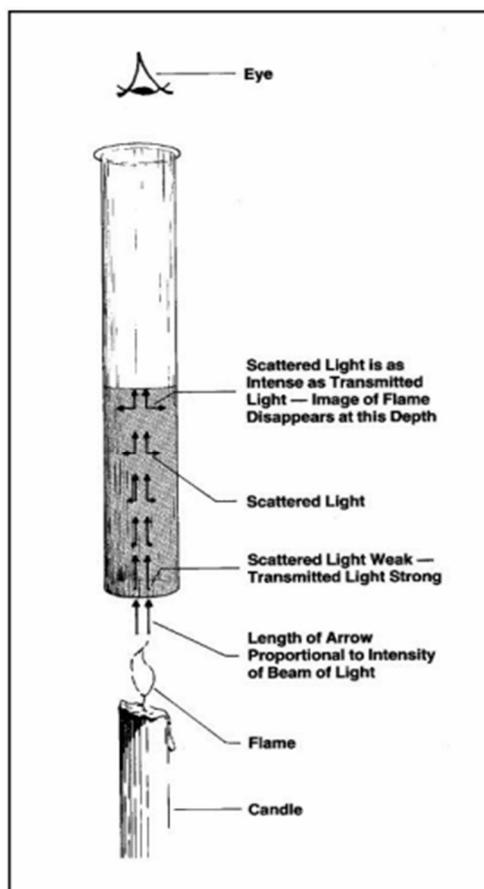
#### 2.4.2.1 Sensores de Turbidez

Para Cardoso (2011), os sensores de turbidez, chamados de turbidímetro, são os equipamentos para medir a turbidez de um líquido. O primeiro turbidímetro, segundo a autora, chamado de Turbidímetro de Jackson, era composto por um tubo de vidro sobre uma vela. Ainda, ela explica, que o seu funcionamento era baseado em adicionar líquido ao tubo até que a chama da vela fique invisível. A unidade que expressava a turbidez era chamada de Unidade de Turbidez de Jackson (UTJ). A figura 4 traz um esquema de funcionamento do Turbidímetro de Jackson

Figura 4 – Esquema Turbidímetro de Jackson.

---

<sup>6</sup> OLIVEIRA-FILHO, A. T.; ALMEIDA, R. J. de; MELLO, J. M. de; GAVILANES, M. L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras, MG. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 67-85, 1994.

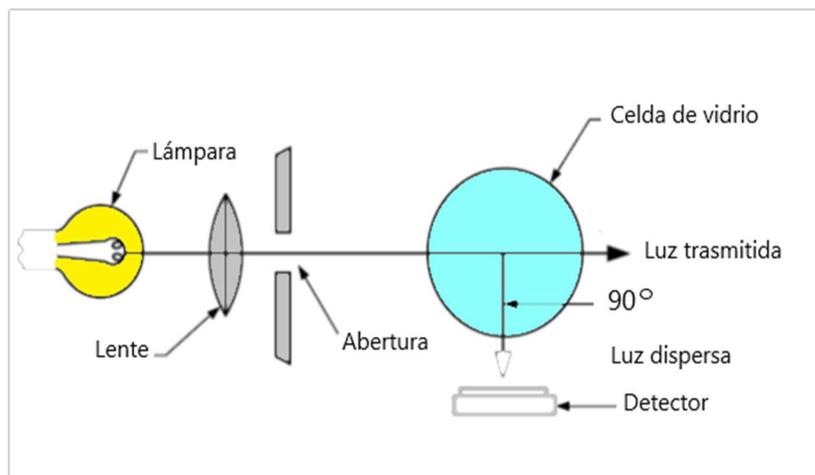


Fonte: Retirada de Johnson *et al.* (2007)

Posteriormente, surgiram outros detectores, como o fotoelétrico, sendo sensíveis a mudanças pequenas na intensidade da luz, o que proporciona uma maior precisão (CARDOSO, 2011). Entretanto, em 1970 foi desenvolvido o turbidímetro nefolométrico, usado atualmente (EPA<sup>7</sup>, 1999 apud CARDOSO, 2011, p. 26). Segundo Cardoso (2011) o funcionamento desses é baseado na emissão de um feixe de luz, passando pela amostra e chegando no detector. A diferença de intensidade é convertida em sinal elétrico (vide figura5). O turbidímetro nefolométrico é expresso em função da Unidade Nefolométrica de Turbidez (UNT). A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357 prevê o valor máximo de 40 UNT para corpos aquáticos classificados como Classe 1 (BRASIL,2005).

Figura 5: Esquema do funcionamento do turbidímetro fotoelétrico.

<sup>7</sup> EPA. EPA Guidance Manual: Turbidity Provisions. United States Environmental Protection Agency, Viçosa, abril 1999. Disponível em: Acesso em: 23 abril 2011.



Fonte: <https://www.ibmetro.gob.bo/node/645>

### 2.4.3 Coliformes

Segundo Tortora, Funke e Case (2012, p.781) “Coliformes são definidos como bactérias aeróbicas ou anaeróbicas facultativas, gram-negativas, não formadoras de endosporos, do tipo bastonete, que fermentam lactose [...]”. Os autores complementam dizendo que pelo fato de muitos coliformes não serem bactérias entéricas, muitos padrões alimentícios e para a água especificam a identificação de coliformes fecais. Eles ainda mencionam que a [*Escherichia coli*] *E. coli* é o principal coliforme fecal. De acordo com os autores, ainda, os métodos para determinação de coliformes e coliforme fecais está relacionado a capacidades de esses fermentarem a lactose.

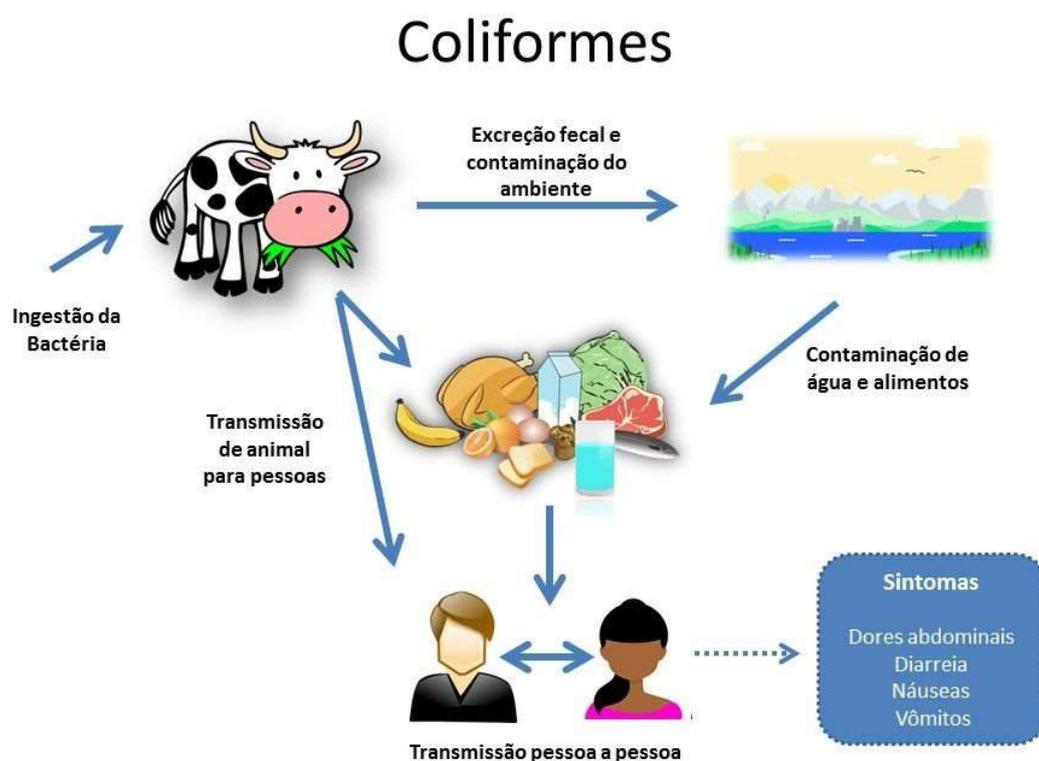
Para Gurgel, Silva e Silva (2020, p. 2515) “O grupo coliforme é um subgrupo da família *Enterobacteriaceae* dividido em coliformes totais e termotolerantes”. Ainda segundo elas, a princípio essa definição tinha como objetivo abranger as bactérias de origem do gastrintestinal, atualmente, esse termo inclui membros de origem não fecal. Sendo assim, para as autoras, o termo “coliformes fecais” vindo sendo substituído por “coliformes termotolerantes”. As autoras trazem:

“A *Escherichia coli* é tradicionalmente usada para monitorar a qualidade microbiológica da água e continua sendo um parâmetro importante na monitorização e vigilância, pois a água destinada ao consumo humano não deve conter microrganismos indicadores de contaminação fecal. Está presente em grande número na flora intestinal de humanos e animais, sem causar danos, no entanto, variações patogênicas da cepa podem vir a desencadear infecções mais graves, tanto no intestino, provocando diarreias agudas, como no trato urinário e até bacteremia.” (p. 2515)

Conforme Silva e Bitar (2022) as bactérias *E. coli* pertencem ao gênero *Escherichia*, que são encontrados no intestino grosso de animais e humanos. Ainda

para as autoras, algumas cepas da *E.coli* podem causar intoxicações alimentares graves, atingindo principalmente crianças e idosos. Entre os sintomas, as autoras pontuam, “cólicas abdominais, diarreia, febre e vômitos” (p. 22), sendo tratáveis. Entretanto, a persistência da infecção pode trazer complicações como a síndrome hemolítico-urêmica (HUS), caracterizadas por insuficiência renal (SILVA e BITAR, 2022). A figura 6 mostra um esquema para a infecção de alimentos e meios aquosos pelos coliformes fecais.

Figura 6: Esquema de contaminação por coliformes.



Fonte: <https://lcqa.farmacia.ufg.br/p/21153-coliformes>

A Resolução nº 357 CONAMA prevê “não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.” (BRASIL, 2005)

Conforme Tortora, Funke e Case (2012) há um método recente para determinação de coliformes, em especial o *E. coli*. O método consiste, de acordo com os autores, na reação com substrato o-nitrofenil-β-D-galactopiranosídeo (ONPG) e 4-metilumbeliferil-β-D-glucuronídeo (MUG). Ainda, os autores afirmam que os

coliformes produzem a enzima  $\beta$ -galactosidase, que reage com o ONPG, ocasionando o surgimento da cor amarela. Entretanto, a *E. coli* em geral é a única que produz a enzima  $\beta$ -glicoronidase, que reage com o MUG, nesse caso, há a produção de uma solução que ilumina quando exposto na luz ultravioleta (UV).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Elaborar uma sequência de ensino por investigação, a fim de desenvolver o conhecimento sobre pH, turbidez e coliformes dentro do tema “qualidade das águas”, bem como uma alternativa para a formação cidadã.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Articular as abordagens ambientais relacionadas à qualidade da água, em específico o pH, coliformes fecais e turbidez dentro de uma sequência de ensino por investigação;
- Iniciar a problematização sobre os impactos ambientais e a qualidade da água dentro da escola.

## 4 METODOLOGIA

No presente capítulo, propomos descrever os processos de elaboração de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI), além de apresentar os fundamentos teóricos que serviram como base para sua construção. Esta abordagem visa proporcionar uma compreensão abrangente do processo de planejamento pedagógico, delineando os alicerces conceituais que orientaram o desenvolvimento da sequência educacional proposta.

A metodologia adotada para a elaboração da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) fundamenta-se em um processo estruturado, composto por cinco etapas interligadas e complementares:

**(i) Etapa 1 - Escolha do referencial teórico-metodológico para fundamentar a SEI elaborada.**

Alicerçamos nossa abordagem metodológica para a elaboração da Sequência de Ensino Investigativo (SEI) em Carvalho (2018). A referida autora é reconhecida como uma das principais referências nacionais na área e uma das fontes primárias para elaboração do presente trabalho.

**(ii) Etapa 2 - Escolha do tema para contextualizar os conceitos de química abordados na proposta elaborada.**

A escolha do tema “Qualidade da Água” envolve a contextualização dos conceitos de química na proposta, baseada nas problemáticas identificadas em Ouro Preto. O estudo sobre a qualidade da água após a privatização, demonstrando a violação do padrão de potabilidade e as consequências para a saúde pública, evidenciam questões reais e relevantes. O problema da contaminação hídrica torna-se um contexto propício para abordar os conceitos químicos na proposta elaborada, uma vez que os conteúdos químicos são importantes para compreensão desse contexto.

**(iii) Etapa 3 - Escolha dos conceitos químicos**

A escolha dos conceitos a serem abordados na SEI baseou-se na identificação de algumas circunstâncias críticas em relação a qualidade da água oferecida no município de Ouro Preto, MG.

Algumas reportagens do Jornal Galilé, jornal local, evidenciam a necessidade de um olhar mais crítico e sensível para a situação em que a água se encontra. A

reportagem “Sem condições de consumo: escola de Ouro Preto pede para que crianças levem água de casa”, disponível em <<https://galile.com.br/escola-ouro-preto-criancas-levem-agua/>> mostra o descaso com uma escola pública no bairro Antônio Dias, onde pode-se ver a cor da água totalmente branca. Na mesma reportagem, há afirmações que a água não estava contaminada, entretanto há um movimento de solicitar aos alunos que levem água de casa. Dessa forma emergiu o assunto de turbidez como ponto importante para ser tratado na SEI. Já a reportagem “UFOP suspende atividades no campus de Ouro Preto devido à qualidade da água”, disponível em <<https://galile.com.br/ufop-suspende-aulas-em-ouro-preto-devido-a-qualidade-da-agua/>>, a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) precisou suspender as aulas devido a presença de organismos identificadores de contaminação na água. O assunto de pH está muito atrelado à água, na maioria das vezes. Nesse sentido, houve um direcionamento em adicioná-los à SEI. Devido a isso, emergiram os conceitos químicos pH, turbidez e coliformes totais e fecais para serem trabalhados durante a execução da SEI.

#### **(iv) Etapa 4 –Definição dos objetivos de aprendizagem**

Nesta etapa, foram estabelecidos os objetivos específicos que se deseja alcançar com a SEI. Isso envolve a identificação das competências e habilidades que os alunos deverão desenvolver ao longo da sequência. Os objetivos foram alinhados aos alicerces teóricos-metodológicos da SEI e os conteúdos de química.

#### **(v) Etapa 5 - Seleção e elaboração das atividades:**

Nesta fase, foram selecionadas e elaboradas as atividades que serão abordadas ao longo da SEI. As atividades foram cuidadosamente planejadas para promover a investigação ativa dos alunos sobre os conceitos de equilíbrio químico relacionados à água.

Essas etapas visam aprofundar o planejamento da SEI, fornecendo uma base sólida para a abordagem pedagógica, alinhada aos referenciais fundamentados no presente trabalho.

## **5 PRODUTO EDUCACIONAL**

Neste capítulo, introduzimos os conhecimentos envolvidos na Sequência de Ensino por Investigação (SEI), abordando questões socioambientais, relacionando a qualidade da água e os conceitos referentes a três parâmetros de qualidade da água, sendo eles pH, turbidez e coliformes totais e fecais. Dentro de uma perspectiva construtivista, apresentamos as etapas essenciais da SEI, que incluem a elaboração de objetivos, proposição do problema e sua resolução, a avaliação do conhecimento por meio de escrita e desenho, a sistematização do conhecimento (dividida em duas partes), a contextualização e as propostas de avaliação do processo.

Como já mencionado a escolha da temática para a SEI foi o histórico das péssimas condições de qualidade da água na cidade de Ouro Preto, afetando, até mesmo, a Universidade Federal de Ouro Preto.

### **5.1 Objetivos de Aprendizagem**

Segundo Zabala (1998), os objetivos de aprendizagem desempenham um papel fundamental em orientar o ensino, fornecendo uma direção para os professores, que podem planejar estrategicamente atividades e recursos educacionais para alcançar esses objetivos. Além disso, os objetivos estabelecem critérios, permitindo avaliar como os alunos estão construindo o conhecimento e quais as lacunas nesse processo.

Ainda segundo o supracitado autor, é importante considerar a inclusão de objetivos conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA), pois a aprendizagem não se restringe à internalização de conhecimento factual. Os objetivos conceituais visam aprofundar a compreensão dos alunos em relação aos princípios e conceitos subjacentes. Os objetivos procedimentais relacionam-se com o desenvolvimento de habilidades práticas, enquanto os objetivos atitudinais abordam a formação de atitudes, valores e habilidades interpessoais.

Os objetivos atitudinais desempenham um papel importante, promovendo valores, responsabilidade social, ética e contribuindo para a formação cidadã dos alunos. Isso vai além do desenvolvimento de conhecimento, preparando os alunos para serem cidadãos ativos e conscientes em uma sociedade em constante mudança (Conrado e Nunes Neto, 2018). Além disso, a inclusão de objetivos que abrangem componentes procedimentais e atitudinais pode tornar a SEI mais envolvente e

motivadora para os alunos, à medida que eles percebem a relevância das atividades em suas vidas. Portanto, os objetivos de aprendizagem são essenciais para garantir que o processo de ensino-aprendizagem seja abrangente e enriquecedor para os alunos.

Nesse contexto, o Quadro 2 apresenta os objetivos de aprendizagem CPA que direcionarão a atuação dos professores. É relevante enfatizar que, de acordo com o contexto de aplicação, a exclusão ou inclusão de outros objetivos pode ser considerada.

Quadro 2 - Objetivos de aprendizagem CPA

| <b>OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM</b> | <b>OBJETIVOS PRETENDIDOS</b>   |
|----------------------------------|--|
| <b>CONCEITUAL</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entender o conceito de pH e como utilizar a escala de pH;</li> <li>• Compreender o que é turbidez e identificar as suas principais fontes;</li> <li>• Entender o que são coliformes fecais, sua origem e os riscos à saúde.</li> </ul>  |
| <b>PROCEDIMENTAL</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operar a coleta das amostras em diferentes locais da cidade;</li> <li>• Analisar as amostras em função dos parâmetros da qualidade de água selecionados;</li> <li>• Construir tabelas com os dados obtidos;</li> <li>• Comparar os valores encontrados com os esperados para a escala de pH;</li> <li>• Comparar os resultados das análises com a faixa ideal de cada parâmetro;</li> <li>• Construir um relatório de qualidade da água usando os três parâmetros.</li> </ul> |
| <b>ATITUDINAL</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover o senso crítico acerca da qualidade da água;</li> </ul>  |

|  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir os papéis de gênero empregados no tema água;</li> <li>• Mobilizar sobre a demanda da água e a necessidade de uma água de qualidade;</li> <li>• Mobilizar os alunos para conscientização dos demais sobre o direito a água de qualidade.</li> </ul> |
|--|--|

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.2 Panorama geral do planejamento da Sequência de Ensino por Investigação (SEI)

Nesta seção, forneceremos uma visão detalhada do planejamento da SEI, considerando especialmente o papel mediador do professor. O planejamento é o alicerce que sustenta a eficácia da SEI, e sua execução impactará diretamente a experiência de aprendizado dos alunos. Portanto, exploraremos as etapas, estratégias e elementos-chave envolvidos na elaboração e execução da SEI, com foco nas responsabilidades e diretrizes do professor ao longo do processo. Esta visão geral proporcionará uma base sólida para o planejamento e implementação da SEI, e poderá contribuir para a melhoria do ensino e da aprendizagem. O Quadro 3 apresenta de forma resumida as etapas da SEI.

Quadro 3 – Panorama geral da SEI

| Aula    | Momento  | Descrição das atividades  | Possíveis objetivos   |
|---------|--|---|---|
| 1ª aula | 1º) Proposição do problema: “Diante disso, gostaria de saber de vocês o que esses parâmetros específicos – turbidez, pH e coliformes fecais – revelam sobre a qualidade da água de | Será entregue aos alunos a história em quadrinhos para leitura, o qual inicia o tema qualidade da água e os parâmetros a serem analisados.<br><br>Em seguida, será o momento para que os alunos possam propor suas hipóteses iniciais | Operar a coleta das amostras em diferentes locais da cidade.<br><br>Propor e testar suas hipóteses. |

|         |   |  |   |
|---------|---|--|---|
|         | Ouro Preto? Vamos investigar?”                  | sobre como é feita a análise de cada parâmetro.<br><br>Após, haverá um debate com os alunos para que eles possam determinar os locais de coleta das amostras para as análises. Quando definido, o professor entregará as orientações para a coleta, que será feita em uma atividade extraclasse. |   |
| 2ª Aula | 2º) Resolução do problema I – coliformes fecais | Os alunos serão separados em grupos, para proporem hipóteses, a fim de analisar as amostras sobre coliformes.<br><br>Em seguida, os alunos irão analisar as amostras perante o parâmetro coliformes totais.  | Propor e testar suas hipóteses.<br><br>Analisar as amostras em função dos parâmetros da qualidade de água selecionados.         |
| 3ª aula | 3º) Preparação da investigação de pH            | Os alunos irão montar uma escala de pH, com auxílio do professor. Nesse momento eles irão propor hipóteses de como os indicadores funcionam.   | Comparar os valores encontrados com os esperados para a escala de pH.   |
|         | 4º) Resolução do problema II - pH               | Após a criação da escala, os alunos irão utilizá-la para determinar a faixa de pH das amostras.  | Analisar as amostras em função dos parâmetros da qualidade de água selecionados.<br><br>Construir tabelas com os dados obtidos; |

|         |  |  |  |
|---------|--|--|--|
| 4ª aula | 5º) Resolução do problema III – turbidez | Na quarta aula, os alunos serão incentivados a investigar a turbidez da água. Eles terão que construir o instrumento (turbidímetro) para fazer as análises.                | Analisar as amostras em função dos parâmetros da qualidade de água selecionados. |
|         | 6º) Avaliação                            | A avaliação será a confecção de um relatório com os dados coletados.   | Construir um relatório de qualidade da água usando os três parâmetros.           |
| 5ª aula | 7º) Contextualização I                   | A contextualização I será feita a partir de um texto sobre a barragem de Mariana e a qualidade da água considerando os metais pesados.                                     | Mobilizar sobre a demanda da água e a necessidade de uma água de qualidade       |
|         | 8º) Sistematização I - pH                | A sistematização do conhecimento iniciará com o pH, nessa sistematização o professor irá falar sobre pH, como se calcula, escala de pH e como alterar o pH de uma solução. | Entender o conceito de pH e como utilizar o a escala de pH;                      |
| 6ª aula | 9º) Sistematização II – turbidez         | O professor iniciará a aula falando sobre turbidez, identificando o que é e seus principais fontes.  | Compreender o que é turbidez e identificar as suas principais fontes;            |
|         | 10º) Sistematização III - Coliformes     | O professor continuará falando sobre os parâmetros, chegando, por fim nos coliformes e coliformes fecais.  | Entender o que são coliformes fecais, sua origem e os riscos à saúde.            |

|            |                             |  |  |
|------------|-----------------------------|--|--|
| 7ª<br>aula | 11°)<br>Contextualização II | A contextualização será feita sobre o tema “água e gênero” enfatizando o papel da mulher nas questões relacionadas a água.   | Promover o senso crítico acerca da qualidade da água;                                    |
|            | 12°) Avaliação              | A avaliação II será feita por meio da confecção de um documento informativo (a critério do aluno) sobre os parâmetros de qualidade da água, para que eles possam conscientizar a população ao seu redor sobre a importância de se ter uma água de qualidade. | Mobilizar os alunos para conscientização dos demais sobre o direito a água de qualidade. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3 Desenvolvimento e discussão da sequência de ensino por investigação (SEI): etapas fundamentais

Nesta seção, serão abordadas as etapas essenciais para o desenvolvimento e discussão da Sequência de Ensino por Investigação (SEI). A seguir, detalharemos as etapas, destacando os postos-chaves a serem considerados ao planejar, desenvolver e discutir a SEI. É importante ressaltar que as etapas apresentadas são diretrizes gerais e podem ser adaptadas de acordo com as especificidades de cada escola ou contexto educacional. A flexibilidade é uma característica fundamental do processo, permitindo que as etapas sejam ajustadas e personalizadas para atender às necessidades individuais, respeitando a realidade e recursos disponíveis em cada cenário educacional.

Além disso, para implementar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) em sala de aula, recomendamos que o professor organize a turma em grupos, levando em consideração um número adequado de estudantes em cada grupo. Isso deve ser planejado de forma a garantir que todos os alunos possam participar ativamente das discussões no interior de seus grupos e também nos momentos de socialização, nos quais serão promovidas discussões envolvendo toda a classe.

### 5.3.1 Aula 1 – Proposição do Problema

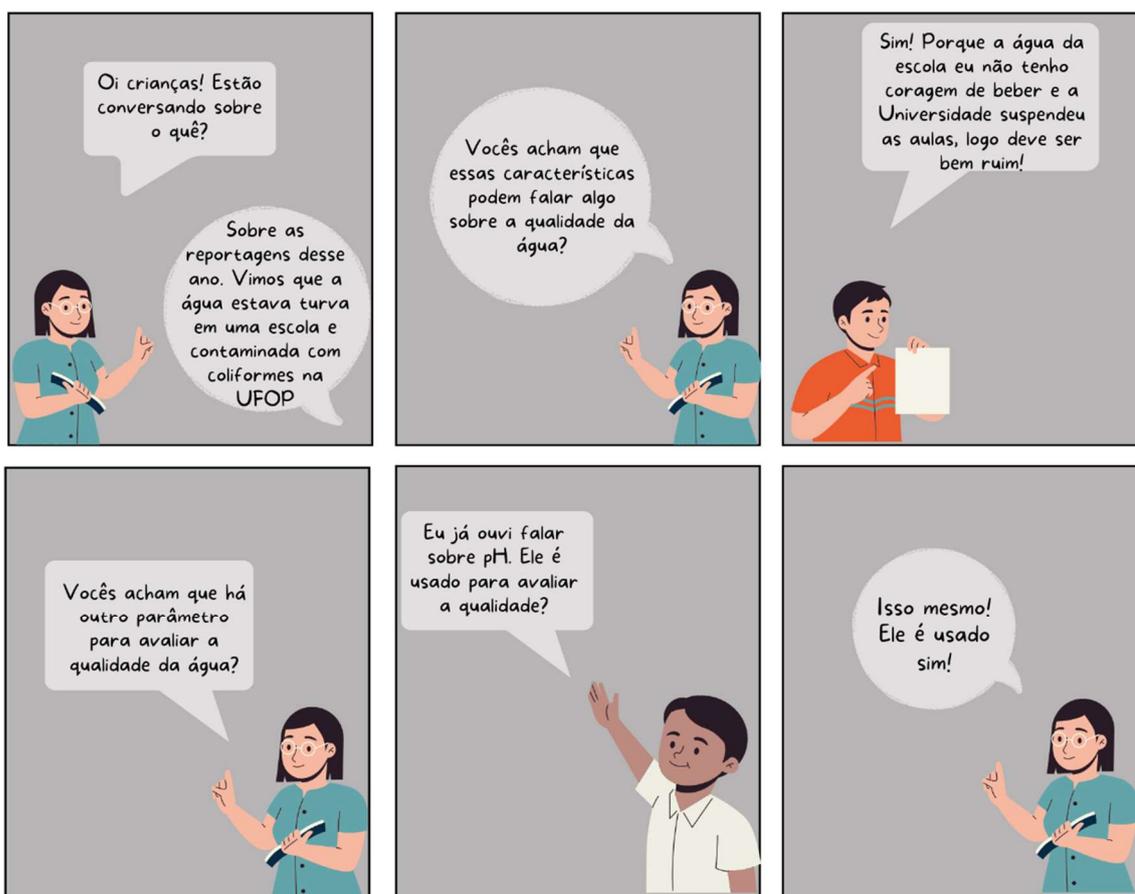
De acordo com Guimarães e Giordan (2011), supracitados, a problematização é ponto de partida para a aprendizagem. Carvalho (2013), supracitada, indica que a SEI deve sempre partir de um problema. A problematização é fundamental para que o aluno possa ter engajamento em toda a SEI. A questão-problema não pode ser ampla demais, para que haja uma explicação razoável e ela não pode ser restrita demais, de modo que não haja investigação. Além disso, a questão-problema, não pode ser difícil demais, desencorajando os alunos a tentarem respondê-la e tão pouco fácil demais, de modo que a resposta emerge de forma intuitiva. Ou seja, é uma etapa extremamente importante e que precisa ser bem planejada a fim de proporcionar os alunos um ambiente investigativo.

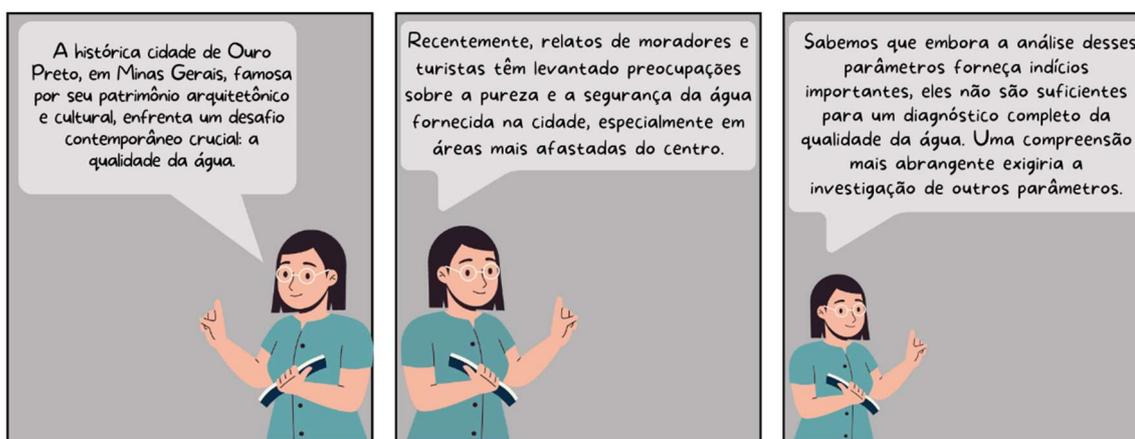
No início da primeira aula, será entregue aos alunos a história em quadrinhos (HQ) que mostra alguns estudantes conversando sobre reportagens que eles viram durante o ano. A HQ contém o problema e a questão-problema para que os alunos possam refletir sobre ela. A HQ foi pensada utilizando duas reportagens sobre a qualidade da água, retiradas do Jornal Galilé, um portal de notícias local. A primeira reportagem diz respeito a qualidade da água na Escola Estadual Marília de Dirceu, onde a água estava saindo totalmente turva e com coloração esbranquiçada da torneira, disponível em <https://galile.com.br/escola-ouro-preto-criancas-levem-agua/>. A utilização dessa reportagem tem como objetivo a introdução da turbidez na discussão com os alunos. A segunda reportagem fala da contaminação da água da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), onde suas aulas tiveram que ser suspensa após detectarem organismos indicadores de contaminação no reservatório da universidade, disponível em <https://galile.com.br/ufop-suspende-aulas-em-ouro-preto-devido-a-qualidade-da-agua/>. Essa reportagem foi utilizada para introduzir o parâmetro de coliformes totais. O parâmetro pH, foi introduzido em forma de conversa entre a professora e seus alunos.

A utilização da HQ se dá para que os alunos tenham maior interesse em lê-la para que se engajem na questão-problema: “Diante disso, gostaria de saber de vocês o que esses parâmetros específicos – turbidez, pH e coliformes fecais – revelam sobre a qualidade da água de Ouro Preto? Vamos investigas?”. Já as reportagens foram utilizadas para contextualizar o problema e definir quais parâmetros serão investigados pelos alunos.

Figura 7 - História em quadrinhos para contextualização da questão-problema.







Diante disso, gostaria de saber de vocês o que esses parâmetros específicos – turbidez, pH e presença de coliformes fecais – revelam sobre a qualidade da água em Ouro Preto?

**Vamos investigar?**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a leitura da HQ o professor iniciará uma discussão sobre os parâmetros a serem analisados. O professor deve instigar os alunos a pensarem porque esses parâmetros são importantes para a determinação da qualidade da água. Um ponto importante é que o professor deve enfatizar a existência de outros parâmetros. Nesse ponto, o professor irá instigar os alunos a proporem hipóteses de como eles podem fazer cada análise. A proposição das hipóteses nesse momento servirá para que o professor tenha noção das ideias prévias que os alunos têm até o momento.

É de suma importância que o professor oriente os alunos a anotarem todas as suas ideias a partir desse momento para que eles possam retornar a elas.

Em seguida, o professor deverá iniciar outro debate, agora para determinação dos locais de coleta das amostras. A determinação pode vir de um interesse dos alunos por usarem aquele meio aquático, ou por conhecer e saber da sua importância. O quadro 4 contém uma síntese e um guia para o professor conduzir a aula. Quando definidos os locais, o professor deverá separar a turma em grupos, onde cada grupo coletará amostras para todos os outros grupos também. A coleta, mesmo para

análises qualitativas, precisa de certa rigorosidade, para isso no quadro 5 há algumas orientações para a coleta, que será entregue aos alunos para que eles possam fazê-la. Sendo assim, a atividade de coleta das amostras ficará como função para os alunos fazerem em casa, pois eles podem precisar de um tempo maior que a aula para fazer a coleta.

#### Quadro 4 – Organização para a coleta das amostras.

##### Etapas da Organização

- Divisão da turma em grupos:

Divida a turma em grupos (a depender da quantidade de alunos por turma). Cada grupo ficará responsável pela coleta de uma amostra de um local específico, definido em consenso.

- Definição dos locais de coleta e preparação:

Organize uma discussão em sala de aula onde os alunos serão encorajados a compartilhar suas percepções e conhecimentos prévios sobre a qualidade da água em diferentes locais. Esta discussão nesse momento é com intuito de identificar as informações do senso comum.

Incite aos alunos para sugerirem locais de coleta de água, tais como rios, lagos, córregos e outros pontos de interesse. Esses locais devem ser escolhidos com base em observações, experiências pessoais, ou questões de interesse comunitário relacionadas à qualidade da água.

Após as apresentações dos argumentos, a turma como um todo deve discutir e avaliar as sugestões, considerando a viabilidade e relevância de cada local proposto. O objetivo é chegar a um consenso ou a uma decisão coletiva sobre os locais finais de coleta de amostras.

Finalize a discussão confirmando os locais escolhidos e reafirme a importância de cada escolha no contexto da análise da qualidade da água. Certifique-se de que todos os alunos entenderam a relevância de suas contribuições e do processo de tomada de decisão coletiva.

Acredito que essa abordagem possa promover o engajamento ativo dos alunos, valoriza o conhecimento coletivo e individual, e garante que a seleção dos locais de coleta de água seja significativa e relevante para a investigação proposta.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### Quadro 5 – Aspectos e procedimentos para coleta das amostras.

**Cuidados e procedimentos para a realização da coleta**

1. Procure evitar a coleta de amostras em locais próximos às margens e à superfície da água.
2. Cada ponto escolhido deve ter, pelo menos, 10 metros de distância do outro. É recomendável que sejam escolhidos pelo menos três pontos.
3. Observe as características desses pontos, por exemplo, se está próximo de despejos de esgotos. Observe e anote na ficha de campo quaisquer fatos ou anormalidades que possam interferir nas características da amostra (cor, odor, presença de algas, óleos, corantes, peixes ou outros animais mortos).
4. Não recolha água que contenha partículas grandes, folhas ou outro tipo de material.
5. A amostra deve ser coletada com a boca do frasco de coleta contra a corrente (quando se tratar de água corrente), de modo a minimizar o risco de contaminação da amostra.
6. Utilize luvas cirúrgicas (a parte interna das garrafas e do material de coleta assim como baldes e tampas não podem ser tocados com as mãos) e se necessário máscaras descartáveis.
7. A parte interna das garrafas e do balde não pode ser tocada com as mãos sujas ou ficarem expostas ao pó, à fumaça e a outras impurezas, tais como gasolina, óleo e fumaça de exaustão de veículos, que podem ser grandes fontes de contaminação de amostras. Cinzas e fumaça de cigarro podem contaminar fortemente as amostras com metais pesados e fosfatos, entre outras substâncias.
8. Lave o balde e as garrafas com a água que será coletada.
9. Amarre a corda à alça do balde e lance-o ao ponto onde se deseja colher a amostra, tomando o cuidado para que o balde não raspe o fundo do local.
10. Transfira, com auxílio de um funil, a água para as garrafas PET, até enchê-las completamente (não pode haver bolhas de ar), fechando-as hermeticamente e, em seguida, guarde-as na caixa de isopor com gelo. Deve-se coletar volume suficiente de amostra para eventual necessidade de se repetir alguma análise.
11. Jogue o restante da água do balde no próprio local.

**12.** Preencha com atenção a ficha de campo, que deve conter o local da coleta, a numeração dos recipientes e os aspectos físicos da amostra, como cor e a aparência das amostras.

Fonte: Adaptado de Mortimer, Coutinho e Silva (2012)

### 5.3.2 Aula 2 – Investigando os Coliformes

Na segunda aula será testado o primeiro parâmetro: coliformes totais. Esse teste demora entre 24 a 48 horas para ter resultado, logo ele precisa vir durante essa aula para dar tempo de os alunos conseguirem os resultados e analisa-los. Nesse sentido, o professor precisa instigar os alunos a pensarem e retomarem suas hipóteses de como eles farão a análise elaboradas na aula anterior. A seguir, no quadro 6, há algumas perguntas que o professor pode fazer para instigar os alunos a pensarem e norteá-los também.

Quadro 6 – Questões para debate inicial sobre coliformes.

Questões para debate:

- O que são coliformes?
- Como eles se manifestam/reproduzem?
- Como podemos determinar se há coliformes na água?
- Por que os coliformes representam um risco a saúde?
- Qual a relação entre os coliformes e a qualidade da água?

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse momento, os alunos serão instigados a pesquisar sobre o que o que são coliformes, qual a correlação da presença de coliformes com a contaminação dos corpos d'água, quais as consequências da contaminação da água por fezes, formas de evitar a contaminação da água por coliformes e como esse tipo de contaminação interfere na nossa qualidade de vida. O foco da pesquisa poderá conter os seguintes aspectos:

- **Definição e identificação de coliformes:** os alunos explorarão o que são coliformes e por que são utilizados como indicadores de contaminação.
- **Relação entre coliformes e contaminação da água:** eles investigarão como a presença de coliformes está relacionada à contaminação de rios, lagos e outras fontes de água.

- **Consequências da contaminação por coliformes:** a pesquisa abrangerá as consequências potenciais para a saúde e o meio ambiente quando a água é contaminada por fezes, enfocando especialmente as implicações para as comunidades humanas.
- **Prevenção da contaminação por coliformes:** os alunos examinarão estratégias e práticas para prevenir a contaminação da água por coliformes.
- **Impacto na qualidade de vida:** a investigação também incluirá como a contaminação por coliformes afeta a qualidade de vida, considerando aspectos como saúde pública, segurança da água para consumo e uso em atividades diárias.

Após, essas questões, é esperado que os alunos tenham novas hipóteses sobre a análise. Nesse sentido, o professor precisará organizar um debate para que haja consenso sobre como os alunos irão fazer a análise. O debate pode ser feito enquanto o professor faz as perguntas acima, ou o professor pode dar um tempo para os alunos refletirem sobre as questões e em seguida iniciar o debate. Se os alunos já tiverem um conhecimento sobre bactérias, eles podem direcionar bem o debate. Porém, caso contrário, o professor terá que auxiliá-los a responder as questões.

Em seguida, iniciará a investigação sobre coliformes. Os materiais necessários para a investigação e a preparação do meio de cultura. O quadro 7, serve como guia para o professor, informando quais materiais e como fazer o meio de cultura. Ele não pode ser tomado como uma sequência de passos, como se fosse uma receita, pois isso cerceia o aluno das práticas investigativas. Com apoio da busca realizada pelos alunos eles farão o meio de cultura alternativo, ou seja, o professor precisa ir guiando os alunos através de perguntas para que eles possam pensar em propor o meio alternativo. Sendo assim, o professor deve se atentar às informações que os alunos trarão da busca e mediar caso algum grupo não traga alguma informação importante. Nesse momento, o professor deve, junto com os alunos, separar as amostras em recipientes e enumerá-los, pois, as demais aulas utilizarão as mesmas amostras. É importante que quando o professor for enumerar, anotar as localidades das amostras para no final determinarem os parâmetros de cada local.

Devido a característica natural dos coliformes reagirem com a lactose, foi pensado em utilizar um meio de cultura alternativo com esse substrato. O meio de cultura é preparado dissolvendo fermento biológico e lactose em água morna. O

fermento biológico (principalmente composto por leveduras, como *Saccharomyces cerevisiae*) contém células que podem metabolizar açúcares e produzir energia. A lactose, um dissacarídeo presente no leite, serve como fonte de carbono para as bactérias. Em água morna, a lactose se dissolve, tornando-se mais acessível para a metabolização por microrganismos. O fermento e a lactose criam um ambiente propício para o crescimento de microrganismos. O fermento pode também alterar o pH do meio, o que pode influenciar quais tipos de bactérias crescerão mais efetivamente. Ao adicionar água das diferentes amostras ao meio de cultura, estamos inoculando o meio com quaisquer bactérias ou outros microrganismos presentes na água. Fechar os frascos e deixá-los à temperatura ambiente permite que os microrganismos incubem. Durante a incubação, as bactérias presentes na amostra começarão a metabolizar a lactose disponível. Se os coliformes (como *E. coli*) estiverem presentes, eles se multiplicarão rapidamente devido à disponibilidade de nutrientes (lactose) e condições favoráveis (temperatura e pH). A presença de gases e a mudança na transparência ou cor do meio podem indicar atividade bacteriana. Especificamente, a formação de bolhas pode ser um sinal de fermentação, sugerindo a presença de coliformes fecais.

#### Quadro 7 – Roteiro para experimentação sobre coliformes totais.

##### Atividade Experimental: presença de coliformes fecais

##### **Materiais Necessários:**

- Frascos de vidro ou plástico limpos e com tampa (podem ser garrafas de água mineral ou recipientes de alimentos).
- Solução de lactose (pode ser preparada dissolvendo comprimidos de lactose em água, disponíveis em farmácias).
- Tabletes de fermento biológico (como indicador de atividade bacteriana).
- Água morna (não quente).
- Marcador permanente para etiquetar os frascos.

##### **Procedimento:**

1- Preparação do Meio de Cultura Alternativo:

Em cada frasco, dissolver um tablete de fermento biológico e uma pequena quantidade de lactose em água morna.

Esta solução servirá como um meio de cultura alternativo para promover o crescimento de bactéria.

### 2- Inoculação e Incubação:

Adicionar aproximadamente 5 mL de cada amostra de água ao frasco contendo o meio de cultura.

Fechar bem os frascos e deixá-los em local à temperatura ambiente por 24 a 48 horas.

### 3- Observação e Avaliação:

Após o período de incubação, observar os frascos.

A presença de bolhas ou turvação pode indicar atividade bacteriana, sugerindo a presença de coliformes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante a investigação, o professor deve frisar com os alunos a importância de anotar os dados que eles estão coletando. Nesse experimento, por ser qualitativo, eles precisam anotar quaisquer evidências visuais que eles percebam, para que possa haver um debate sobre os resultados.

Após a investigação, o professor deverá instigar os alunos a comparar os resultados das diferentes amostras que eles testaram. Além de discutir a eficácia do teste e as implicações da contaminação de coliformes na água. Para isso, abaixo no quadro 8, há algumas questões para o debate. Porém, como o teste demora alguns dias para dar resultados, é interessante que essas questões sejam tratadas quando já houver algum resultado, isso possivelmente irá ocorrer na aula 2 ou na aula 3.

Quadro 8 – Questões para debate final sobre coliformes.

#### Questões para Análise do Experimento de Detecção de Coliformes totais

- O experimento conduzido para detectar coliformes fecais na água é qualitativo ou quantitativo? Justifique sua resposta, considerando as características e o objetivo do teste realizado.
- Identifique o meio de cultura que foi utilizado neste experimento. Qual é a finalidade desse meio de cultura no contexto do teste para coliformes fecais?

- Baseando-se em suas observações, houve algum sinal de desenvolvimento bacteriano no meio de cultura? Descreva as características observadas que indicam a presença ou ausência de atividade bacteriana.
- Explique os critérios para determinar se um teste é negativo ou positivo para a presença de coliformes fecais. Quais são os sinais específicos que você procuraria para fazer essa distinção?

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3.3 Aula 3 – Investigando o pH

A aula iniciará com uma breve recapitulação das atividades da aula anterior, permitindo que os alunos destaquem os pontos principais e relembrem a questão-problema central da SEI.

A partir desse momento a aula 2 será dividida em duas etapas. A primeira etapa consiste na elaboração de uma escala de pH com indicadores naturais, jabuticaba e repolho-roxo. Devido a característica da jabuticaba ser de uma época específica do ano, pode haver dificuldades em encontrar a fruta para elaboração da escala de pH. Nesse sentido, uma outra opção é a utilização de hibisco como indicador natural. O método de extração do corante de hibisco é o mesmo para o corante de jabuticaba.

Nessa fase, os alunos serão divididos em grupos para extrair os corantes naturais das diferentes fontes seguindo os procedimentos presentes no quadro 9. O professor deve fornecer aos alunos questões para guia-los na preparação dos extratos dos corantes, indicadas no quadro 9. Com essas perguntas, os alunos serão instigados a retomarem a hipótese de análise de pH, elaborada na aula 1, para que eles tenham a oportunidade de modificar ou manter as suas ideias. Após, os alunos deverão preparar uma série de soluções e testarem com os corantes extraídos. Nesse momento, o professor deverá dividir algumas soluções para cada grupo, a depender da quantidade de grupos. Após, os alunos terão que testar a ação dos corantes sobre as soluções que eles têm. É interessante que um grupo fique com soluções ácidas e básicas para poderem comparar a ação dos corantes. O professor deve instruir os alunos a anotarem as alterações que eles perceberem durante os testes. Essa investigação visa explorar as propriedades químicas dos corantes, como eles atuam como indicadores de pH, e quais as limitações desses métodos naturais na determinação do pH.

O procedimento para extração do extrato de jabuticaba foi retirado do artigo de Silva, Brito e Gonçalves (2018). O procedimento para extrato do corante de repolho-roxo, bem como o procedimento para elaboração da escala de pH foram retirados do Mortimer, Coutinho e Silva (2012).

Quadro 9 – Questões para debate inicial sobre indicadores naturais de pH e roteiro para extração dos corantes naturais.

### **Questões para extrair os corantes**

- Como podemos determinar o pH das soluções?
- Como podemos fazer um indicador de pH?
- Como os corantes alteram sua cor em contato com as diferentes soluções?
- Quais mecanismos podem explicar a mudança de cor frente a soluções ácidas, neutras e básicas?

### **Preparo dos extratos**

#### **1. preparação dos vegetais ou frutas:**

- Prepare o repolho roxo e a jabuticaba, pegando as cascas da jabuticaba e as folhas do repolho roxo.

#### **2. Maceração:**

- Pegue dois recipientes, um para cada corante, em seguida coloque os vegetais nos recipientes e macere bem. Outra alternativa é bater no liquidificador com água.

#### **3. Adição de álcool:**

- Em seguida, adicione 100 mL de álcool etílico comercial 92,8% a solução para melhor extração dos corantes.

### **Construindo e Compreendendo uma Escala de pH com Indicadores Naturais**

**Objetivo:** Investigar a relação entre a cor apresentada por indicadores naturais e o pH de várias soluções, construindo uma escala de pH.

#### **Materiais:**

- Extratos de jabuticaba e repolho-roxo;
- Soluções de HCl diluído, vinagre branco, álcool comum, hidróxido de amônio a 2,7%, solução diluída de NaOH
- Tubos de ensaio

- Pipetas
- Água filtrada

**Procedimento:**

- Divida a turma em grupos e distribua os materiais necessários.
- Cada grupo irá preparar uma série de 8 tubos de ensaio conforme a tabela fornecida.
- Os alunos deverão prever a cor que esperam que cada solução apresente após a adição dos extratos de jabuticaba e repolho-roxo, baseando-se no conhecimento prévio de que o repolho-roxo é um indicador de pH.

O procedimento a seguir é um guia para o professor instruir os alunos a colocar as quantidades dos corantes nas amostras.

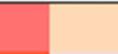
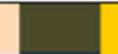
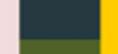
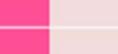
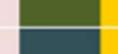
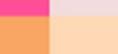
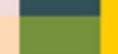
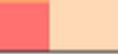
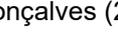
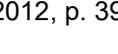
Figura 8: Procedimento para preparo das soluções para a elaboração da escala de pH

| Solução | Preparo   |
|---------|---|
| I       | 100 gotas de HCl diluído + 3 mL de extrato de repolho roxo  |
| II      | 3 mL de água filtrada + 60 gotas de vinagre branco + 3 mL de extrato de repolho roxo                        |
| III     | 50 gotas de álcool comum + 3 mL de extrato de repolho roxo  |
| IV      | 5 mL de água filtrada + 3 mL de extrato de repolho roxo   |
| V       | 5 mL de água filtrada + 1 gota da solução de hidróxido de amônio a 2,7% + 3 mL de extrato de repolho roxo   |
| VI      | 5 mL de água filtrada + 10 gotas de solução de hidróxido de amônio a 2,7% + 3 mL de extrato de repolho roxo |
| VII     | 5 mL da solução diluída de NaOH (I)+ 3 mL de extrato de repolho roxo  |
| VIII    | 2,5 mL de água filtrada + 5 mL de solução diluída de NaOH (II) + 3 mL de extrato de repolho roxo.           |

Fonte: Adaptada de Mortimer, Coutinho e Silva (2012, p. 42)

Para auxiliar o professor na elaboração da escala de pH, segue uma referência de cores para os corantes naturais de jabuticaba e hibisco, além de outros corantes.

Figura 9 - Cores dos indicadores naturais em diferentes valores de pH.

| Indicador    | Cor em função do pH   |   |  |   |   |   |
|--------------|---|---|--|---|---|---|
|              | Extrato   | 1   | 2  | 6   | 10  | 14  |
| Jaboticaba   |  |  |  |  |  |  |
| Hibisco      |  |  |  |  |  |  |
| Pata de vaca |  |  |  |  |  |  |
| Uva          |  |  |  |  |  |  |
| <u>Ixora</u> |  |  |  |  |  |  |
| Vinca        |  |  |  |  |  |  |

Fonte: Retirada de Silva, Brito e Gonçalves (2012, p. 39)

Fonte: Adaptado de Mortimer, Coutinho e Silva (2012).

Ao término da atividade, cada grupo deverá expor seus resultados, indicando as mudanças que eles notaram e indicar um valor que pH que eles esperam que aquela solução tenha. Nesse momento, os alunos terão que discutir seus resultados para criarem em conjunto as escalas de pH para poderem analisar a água. Para isso o quadro 10 apresenta algumas perguntas que podem ser feitas pelo professor para promover a discussão. Como cada grupo ficará responsável por analisar duas soluções, eles precisarão reunir e discutir o que cada cor remete na escala de pH.

O professor deve certificar de que todos os alunos tenham oportunidade de discutirem sobre as observações. Em seguida, o professor deve guiar os alunos a criarem uma tabela com os valores de pH que eles esperam que cada solução tenha e associar com a cor correspondente. Nesse momento, eles deverão debater para chegarem em consenso do valor de pH de cada tubo. Quando os alunos tiverem concluído a confecção da tabela, eles deverão procurar os valores de pH corretos.

Quadro 10 – Questões para debate sobre corantes para construção da escala de pH.

#### Perguntas para investigação

#### Questões para entregar

1. Como a cor do indicador de repolho roxo muda quando exposto a soluções ácidas, neutras e básicas?

2. As mudanças de cor observadas com o indicador de jabuticaba são semelhantes às do indicador de repolho roxo quando expostas às mesmas soluções?

3. Qual indicador natural fornece uma gama de cores mais distinta ou útil para determinar o pH das soluções testadas?

4. É possível determinar o pH exato de uma solução usando apenas os indicadores naturais de repolho roxo e jabuticaba? Quais são as limitações desses indicadores?

5. Crie uma tabela com os valores de pH de cada solução e as cores correspondentes.

| Tubos | Solução | pH | Cor |
|-------|---------|----|-----|
| 1     |         |    |     |
| 2     |         |    |     |
| 3     |         |    |     |
| 4     |         |    |     |
| 5     |         |    |     |
| 6     |         |    |     |
| 7     |         |    |     |
| 8     |         |    |     |

Fonte: Adaptado de Mortimer, Coutinho e Silva (2012).

No segundo momento os estudantes irão investigar e compreender as importâncias do controle do pH na água, como afeta a nossa qualidade de vida e como alterações de pH afetam nosso organismo. Os alunos deverão utilizar a escala de pH para determinar o pH de cada amostra coletada anteriormente.

Desta forma, os alunos utilizarão o corante natural extraído da jabuticaba e repolho roxo como um indicador de pH. Eles conduzirão experimentos para testar o pH das diferentes amostras de água, observando as mudanças de cor e registrando os resultados. Além da prática, esta etapa também se concentrará em entender a importância do controle do pH na água, discutindo como variações no pH podem afetar nossa qualidade de vida e saúde. Além disso, os estudantes serão incitados a refletir sobre como as alterações de pH no ambiente e no corpo humano podem ter efeitos significativos, destacando a relevância desses conceitos em contextos práticos e cotidianos.

O professor irá disponibilizar aos alunos as mesmas amostras da aula anterior, que foram enumeradas previamente, para os alunos testarem o pH. Nesse momento,

o professor precisa instigar os alunos a testarem com ambos os corantes a fim de ter uma comparação ao final.

Os alunos terão que analisar cada amostra com os dois indicadores, levando em consideração a escala feita anteriormente. Eles precisaram anotar os resultados obtidos em cada análise e montar uma tabela com as faixas e as cores obtidas. Posteriormente eles deverão comparar entre os dois indicadores e entre a escala de cada corante. O quadro 11 traz um guia, em forma de síntese, para o professor sobre como eles pode instruir os alunos a testarem as diferentes amostras.

Quadro 11 – Questões para debate inicial para a análise do pH das amostras coletadas e guia para o professor para a experimentação.

**Questões para a investigação:**

- Como podemos determinar a faixa de pH das amostras?
- Qual dos indicadores é melhor para determinar o pH dessas soluções?
- Qual cor você espera que as amostras apresentem?
- A análise feita é quantitativa ou qualitativa?

Guia para a análise das amostras:

**1. preparação das amostras:**

- distribua as amostras de água coletadas pelos alunos em tubos de ensaio limpos e secos, adicionando cerca de 5 ml de água em cada um.

**2. adição dos indicadores:**

- adicione 3 ml do extrato de repolho roxo em metade dos tubos e 3 ml do corante de jaboticaba na outra metade. **cada tubo de ensaio deverá conter uma amostra de água e um dos indicadores.**

**3. observação:**

- misture suavemente o conteúdo de cada tubo de ensaio com um bastão de vidro, assegurando que o indicador e a amostra de água estejam completamente misturados.
- observe a mudança de cor que ocorre em cada tubo.

**4. comparação com escala de pH:**

- compare a coloração resultante em cada tubo de ensaio com uma escala de pH de referência.
- registre a cor observada e estime o valor aproximado do pH para cada amostra utilizando ambos os indicadores.

**5. análise e discussão:**

- peça aos alunos para analisarem as diferenças e semelhanças nos resultados obtidos com os dois indicadores.

- discuta as possíveis razões para quaisquer discrepâncias observadas.

**6. repetição com outras amostras:**

- repita o procedimento para todas as amostras de água coletadas, garantindo que cada amostra seja testada com ambos os indicadores.

Fonte: Adaptado de Mortimer, Coutinho e Silva (2012).

Em seguida, o professor reunirá a turma em um círculo para que todos os alunos possam debater sobre as atividades realizadas nessa aula. Esse debate, pode ser uma forma de avaliação individual para os alunos, uma vez que eles precisarão interpretar os resultados e criar respostas para as perguntas. Dessa forma, o professor pode fazer a avaliação de forma oral, ou pedir para que os alunos escrevam suas respostas e entregar. A avaliação de forma oral é mais interessante, pois os alunos podem interagir melhor e ter maior adesão à avaliação. Dessa maneira o professor pode fazer a pergunta e ir passando pelos grupos, ou por cada aluno, para coletar suas respostas. Assim, o professor consegue fazer com que todos tenham a oportunidade de responder. Esse é o momento em que os alunos precisam verbalizar suas ideias e debatê-las com os demais para que ele possa passar pela etapa da tomada de consciência individual. Além disso, ele pode passar dos modelos mentais para os modelos verbais, ou escritos, nessa atividade.

Caso não haja tempo para se fazer o debate, o professor pode entregar as perguntas aos alunos para que eles possam responder por escrito, certificando-se de que todos estão participando da atividade.

Para guiar o professor, o quadro 12 traz algumas questões que podem ser abordadas por ele.

Quadro 12 - Questões para debate após experimentação do pH.

**Questões para Discussão:**

**1.** Após comparar as cores obtidas com os indicadores de jabuticaba e repolho roxo com a escala de cores referência, foi possível determinar o pH das amostras? Se sim, você considera esses valores precisos ou aproximados? Caso não tenha sido possível, quais fatores podem ter influenciado esse resultado?

**2.** Qual foi a função específica do extrato de repolho roxo e do corante de jabuticaba no experimento? Como esses extratos naturais atuam na identificação do pH em soluções?

**3.** De que maneira as alterações no pH da água podem influenciar sua qualidade de vida? Considere os possíveis efeitos na saúde humana, no ambiente e em aplicações domésticas.

**4.** Quais foram os valores de pH observados nas amostras de água coletadas? Como você interpreta esses resultados em termos de qualidade da água dos pontos coletados em Ouro Preto?

**5.** Comparando os resultados obtidos com o repolho roxo e a jabuticaba, qual dos dois indicadores demonstrou ser mais confiável ou útil para a determinação do pH? Explique os motivos para sua escolha, considerando aspectos melhor mudança de mudança de cor e facilidade de interpretação.

Fonte: Elaboração do autor.

#### 5.3.4 Aula 4 – Investigando a Turbidez

O início da aula será relembrando os principais pontos das atividades realizadas até o momento, e, novamente, lembrar a questão-problema. É importante fazer essa recordação para que os alunos não percam o foco da investigação e que as aulas não percam o sentido.

A aula três será dividida em duas etapas, assim como a aula anterior. Na primeira etapa, os alunos terão que confeccionar um turbidímetro, esta atividade prática tem como objetivo envolver os alunos na construção de um turbidímetro caseiro, utilizando materiais simples, e na utilização deste instrumento para analisar a turbidez das amostras de água. A atividade busca desenvolver habilidades práticas, como análise e interpretação de resultados, nos alunos e promover um entendimento mais profundo sobre a importância do monitoramento da qualidade da água.

Dessa forma, o professor terá que separar os alunos em grupos, novamente. Em seguida, os alunos deverão realizar uma busca para colher mais informações, podendo ser na internet ou em livros disponíveis na biblioteca, para determinar e

identificar as causas da turbidez, relacionar a turbidez e a contaminação da água e as consequências dessa contaminação. O foco dessa pesquisa pode ser dado em:

- **Definição e identificação de turbidez:** os alunos explorarão o que é a turbidez e por que é utilizado como indicador de contaminação.
- **Relação entre turbidez e contaminação da água:** eles investigarão como a presença de turbidez está relacionada à contaminação de rios, lagos e outras fontes de água.
- **Consequências da turbidez:** a pesquisa abrangerá as consequências potenciais para a saúde e o meio ambiente quando a água é turva, enfocando especialmente as implicações para as comunidades humanas.
- **Impacto na qualidade de vida:** a investigação também incluirá como a água turva afeta a qualidade de vida, considerando aspectos como segurança da água para consumo e uso em atividades diárias

Em seguida, os alunos serão confrontados em como eles imaginam que a turbidez é analisada e como poderiam fazer essa análise dentro da escola, após a realização da busca de informações. As perguntas no quadro 13 são um auxílio para o professor guiar os alunos na pesquisa sobre a turbidez. Após essa discussão, os alunos serão instruídos a criarem um turbidímetro para analisar as amostras.

O procedimento para elaboração e testagem do turbidímetro foram retirados de Mortimer, Coutinho e Silva (2012).

Quadro 13 - Questões para debate inicial sobre turbidez e procedimento para confecção do turbidímetro.

**Perguntas para discussão:**

- O que é turbidez?
- Como podemos determinar a quantidade de turbidez na água?
- A turbidez representa um risco a saúde?
- Qual a relação entre os turbidez e a qualidade da água?
- Quais as implicações de uma água turva para consumo e uso em atividades diárias?

**Procedimento para confecção do turbidímetro.**

**Materiais necessários:**

- 3 garrafas de água mineral pequenas e vazias (500 ml cada).
- esmalte branco e preto.
- estilete.
- régua.

**procedimento de construção do turbidímetro:****1. preparação das garrafas:**

- corte a primeira garrafa na segunda metade superior, a aproximadamente 11 cm da base. descarte a parte superior.
- na segunda garrafa, corte o fundo e, em seguida, corte a parte superior a cerca de 12 cm da base.
- corte o fundo da terceira garrafa e, em seguida, corte a parte superior perto do gargalo, aproximadamente a 15 cm da base.

**2. montagem do turbidímetro:**

- encaixe a segunda garrafa na primeira, usando o lado mais estreito.
- encaixe a terceira parte na segunda, garantindo que os encaixes estejam bem ajustados.
- teste o turbidímetro com água para verificar possíveis vazamentos.

**3. pintura e graduação:**

- pinte o fundo do turbidímetro com esmalte e marque diferentes níveis de turbidez a partir da base, a figura 10 mostra os cálculos para fazer as marcações, onde o  $d$  significa diâmetro da garrafa.

Figura 10 – Cálculos para determinar as alturas das unidades nefelométricas de turbidez no turbidímetro caseiro.

| Linha | Altura a partir da base (cm) | Unidades de turbidez (UNT) |
|-------|------------------------------|----------------------------|
| 1     | $h = 148/d^2$                | 200                        |
| 2     | $h = 231/d^2$                | 100                        |
| 3     | $h = 387/d^2$                | 50                         |
| 4     | $h = 629/d^2$                | 20                         |
| 5     | $h = 874/d^2$                | 15                         |
| 6     | $h = 1087/d^2$               | 10                         |

Fonte: Retirada de Mortimer e Machado (2013, p. 187)

Fonte: Adaptado de Mortimer, Coutinho e Silva (2012).

Após a construção do turbidímetro o professor deve iniciar um debate com os alunos para definirem em consenso como as análises serão feitas. Em seguida, iniciará a investigação sobre a turbidez. Para isso, os alunos serão instigados a pensarem como podem usar o turbidímetro para fazer a análise. Após a turma entrar em consenso, eles terão que fazer as análises e anotar os resultados. No quadro 14 seguem as orientações para que o professor possa guiar os alunos de forma eficaz. Quadro 14 - Questões para investigação e roteiro para análise da turbidez das amostras.

#### **Questões para investigação:**

- Qual das amostras você espera que apresente maior turbidez?
- Qual dos sistemas da atividade apresenta maior turbidez?
- Proponham uma explicação para os valores diferentes.

#### **1. preparação das amostras:**

- distribua as amostras de água coletadas pelos alunos

#### **2. adição no turbidímetro:**

- adicione, pouco a pouco, a amostra no turbidímetro, na posição vertical, **até que as marcações preta e branca não sejam distinguidas mais.**

**3. observação:**

- observe e anote em qual altura (nível) pararam de colocar a amostra.

**4. análise e discussão:**

- peça aos alunos para analisarem as diferenças e semelhanças nos resultados obtidos entre as amostras. **Peça para que anotem os resultados.**
- discuta as possíveis razões para quaisquer discrepâncias observadas.

**5. repetição com outras amostras:**

- repita o procedimento para todas as amostras de água coletadas.

Fonte: Adaptado de Mortimer, Coutinho e Silva (2012).

Após a realização da investigação acerca da turbidez, os alunos deverão ser reunidos em um grande grupo para poderem refletir e debater sobre a atividade que acabaram de fazer. É importante que o professor instigue os alunos a se manifestarem, perpassando por todos os grupos. Em todas as aulas, essa fase é fundamental para que o aluno possa tomar consciência do que ele fez durante as investigações. Além disso, quando os demais alunos expõem suas ideias, eles podem debater opiniões e trocar pontos de vistas distintos, além de terem uma visão mais ampla do processo, pois cada aluno tem um olhar singular sobre as experimentações.

Uma possibilidade é tornar esses debates de finais de aula em avaliações individuais sobre o processo da aula. Para isso, é fundamental que todos os alunos tenham espaço e oportunidade de se manifestarem.

É esperado que a essa altura os resultados do teste de coliformes já tenham ocorrido. Dessa forma, as questões sobre os coliformes podem vir nesse momento. O professor deve abrir espaço para a discussão. Uma etapa importante é pedir aos alunos que relembrem o que eles fizeram para determinar a presença de coliformes na água. A partir daí, o professor inicia uma roda de conversa tendo como norteador as questões presentes na aula 1.

Ao final dessa aula, será realizada a primeira avaliação, se tratando de um relatório sobre a qualidade da água, das localidades que eles coletaram. O professor pode usar as seguintes perguntas para guiar o relatório (vide quadro 15). A depender

do engajamento da turma, pode ou não haver tempo para realização desse relatório em sala de aula. Devido a isso, é indicado que eles o produzam em suas casas.

Quadro 15 - Questões para nortear a elaboração do relatório para avaliação.

**Questões para nortear o relatório:**

- Considerando os parâmetros de turbidez, pH e presença de coliformes totais, o que esses fatores revelam sobre a qualidade da água em Ouro Preto? quais são as implicações para a saúde pública e para a vida cotidiana na cidade?
- Reflita sobre a importância de monitorar a qualidade da água para a saúde pública e para aplicações domésticas e industriais.
- É fundamental que usem os dados obtidos nas análises para determinar a qualidade da água.
- Compare os resultados obtidos na sua análise com os valores indicados nas contas de água de sua residência.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3.5 Aula 5 – Contextualização I e Sistematização do conhecimento - pH

A aula quatro será a respeito da primeira contextualização e da sistematização dos conhecimentos adquiridos sobre pH. Nela envolverá a questão sobre a definição de pH, baseado no referencial teórico sobre pH, presente na seção 2.4.1- pH.

No primeiro momento da aula quatro, será desenvolvida a primeira contextualização, sobre dureza da água. Para isso, será entregue aos alunos o texto presente no quadro 16. O texto se trata de um corte da Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que regulamenta as condições padrão para a qualidade da água. O texto traz as disposições gerais da Resolução 357 e um recorte dos parâmetros inorgânicos para qualidade da água. A inclusão desses trechos no texto se dá pelo fato de oportunizarem o início de um debate sobre a distribuição de água de qualidade para a população, como no parágrafo primeiro retrata a periodicidade dos monitoramentos. O outro motivo, reflete a importância da relação entre os parâmetros inorgânicos com o crime ambiental ocorrido na cidade de Mariana, Minas Gerais, em 2015, quando a barragem de rejeitos estourou, espalhando lama com altos níveis de metais e metalóides nos rios da região. Foi usado, também um artigo dos autores Dias et al (2018), de onde foi retirado o quadro

da alteração dos parâmetros, antes de depois do desastre. Para complementar o texto, foi utilizado dois sites, um para retirada de parte de um texto, disponível em <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/component/content/article/13-informativo/2879-desastre-ambiental-em-mariana-e-recuperacao-da-bacia-do-rio-doce>>, e o segundo para retirada da foto, disponível em <<https://cnpem.br/cinco-anos-apos-ruptura-de-barragem-poluente-da-tragedia-de-mariana-ainda-chegam-ao-mar/>>.

Essa contextualização foi idealizada para mostrar aos alunos que existem diversos outros parâmetros para determinar a qualidade da água, bem como trazer um exemplo, perto da vivência deles, para que eles reflitam sobre os impactos causados em Mariana.

Para isso, o professor pode iniciar a conversa perguntando os alunos se eles acham que os parâmetros que eles viram até o momento é suficiente para determinar em todos os âmbitos a qualidade da água. Em seguida, abre-se o espaço para que os alunos exponham suas ideias sobre. Após esse momento, o professor pode entregar aos alunos apenas a primeira parte do texto e fazer a seguinte pergunta: Como vocês acham que a lama afetou os parâmetros que vimos até agora? Nesse momento, o professor já pode fazer uma avaliação prévia do que os alunos entenderam. Quando todos os alunos já tiverem expressados suas opiniões, o professor pode entregar a segunda parte do texto para debater como os alunos a gravidade do problema causado pela lama da barragem, mostrando a ele a tabela e pedindo aos alunos que comparem os valores antes e depois do desastre. Nesse momento, o professor pode questionar os alunos se a mudança foi muito grande ou não e o porquê.

Quadro 16 – Texto para contextualização I sobre a Barragem de Mariana.

### **“Acidente” de Mariana**

“No dia 05 de novembro de 2015, a Barragem do Fundão, pertencente à Samarco Mineração S.A., localizada no município de Mariana, se rompeu. O barramento, classificado como classe III, de alto potencial de dano ambiental, era destinado a receber e armazenar o rejeito gerado pela atividade de beneficiamento de minério de ferro. O rompimento da Barragem de Fundão causou efeito em cadeia, ocasionando o extravasamento da Barragem Santarém, de acumulação de água, e retenção de sedimentos, localizada também na área da empresa.

Os danos ao meio ambiente foram inevitáveis. A lama de rejeitos devastou o Distrito de Bento Rodrigues, situado a cerca de 5 km abaixo da barragem, foi carregada até o Rio Gualaxo do Norte, a 55 km, desaguando no Rio do Carmo, atingindo em seguida o Rio Doce, afetando também o litoral do estado do Espírito Santo. No distrito de regência, situado no município de Linhares, localizado no Estado do Espírito Santo, os danos às Áreas de Preservação Permanente (APP) nas margens destes cursos d'água são incalculáveis, além dos prejuízos sociais econômicos a diversos proprietários rurais, povos indígenas e à população dos municípios mineiros e capixabas afetados pelo comprometimento da qualidade das águas e deposição de rejeitos.”

“Com o rompimento da Barragem de Fundão, localizada no distrito de Bento Rodrigues (Mariana-MG), ocorrido na tarde do dia 05/11/2015, foram lançados no ambiente aproximadamente trinta e cinco milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos de mineração de ferro, sendo dezesseis carregados pelo rio Doce em direção ao mar. Estes, além de comprometer 663,2 km do rio Doce nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo exerceu impactos sobre o estuário e região costeira de influência deste recurso hídrico. O resíduo da barragem, classificado como não perigoso e não inerte para ferro e manganês conforme NBR 10.004 provocou, em sua passagem, impactos sobre a vegetação natural e Áreas de Preservação Permanente (APP), a ictiofauna e a qualidade da água, além de evidentes repercussões socioeconômicas.

Quarenta minutos após o rompimento da barragem, a lama percorreu 10 km até chegar ao Distrito de Bento Rodrigues e, em 12 segundos, destruiu 80% de suas 257 construções, deixando 329 famílias desabrigadas e 19 pessoas mortas. Em seguida, nos 77 km percorridos até a foz do rio do Carmo, foram destruídas edificações, pontes, vias e demais equipamentos urbanos. Graças aos efeitos degressivos, os municípios banhados pelos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce foram afetados em diferentes intensidades. Os aglomerados urbanos que não possuíam fontes alternativas de captação de água tiveram o abastecimento interrompido, criando transtornos às populações e insegurança.

O rompimento da barragem afetou os seguintes aspectos referentes a qualidade da água: turbidez, devido ao volume de sólidos em suspensão; os parâmetros físico-químicos e a concentração de metais. A elevação dos níveis de concentração de metais exerce efeitos tóxicos na vida aquática e nos humanos e

animais via processo de dessedentação e magnificação biológica. Com o carregamento do rejeito, materiais que estavam sedimentados no fundo do rio, oriundos, por exemplo, de atividades garimpeiras desenvolvidas ao longo de séculos, foram colocados em suspensão causando mudanças ainda mais significativas sobre os parâmetros de qualidade da água.”

Figura 11 – Consequências da ruptura da barragem de Mariana, MG.



Fonte: retirada de <https://cnpem.br/cinco-anos-apos-ruptura-de-barragem-poluentes-da-tragedia-de-mariana-ainda-chegam-ao-mar/>.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define os valores aceitáveis para determinar a qualidade da água. Abaixo, há um recorte da Resolução 357 de 2005 do CONAMA.

### **Resolução 357 CONAMA 2005**

#### CAPÍTULO III

#### DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

#### SEÇÃO I

- “coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

A E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;”[...]

- “turbidez: até 100 UNT;” [...]
- “pH: 6,0 a 9,0.”

Além desses parâmetros há, também, os parâmetros inorgânicos e orgânicos. Entre os parâmetros inorgânicos estão:

| TABELA I - CLASSE 2 - ÁGUAS DOCES  |               |
|--|---------------|
| PADRÕES  |               |
| PARÂMETROS INORGÂNICOS   | VALOR MÁXIMO  |
| Alumínio dissolvido  | 0,1 mg/L Al   |
| Antimônio  | 0,005mg/L Sb  |
| Arsênio total  | 0,01 mg/L As  |
| Bário total  | 0,7 mg/L Ba   |
| Berílio total  | 0,04 mg/L Be  |
| Boro total   | 0,5 mg/L B    |
| Cádmio total   | 0,001 mg/L Cd |
| Chumbo total   | 0,01mg/L Pb   |
| Cianeto livre  | 0,005 mg/L CN |
| Cloreto total  | 250 mg/L Cl   |
| Cloro residual total (combinado + livre)   | 0,01 mg/L Cl  |
| Cobalto total  | 0,05 mg/L Co  |
| Cobre dissolvido   | 0,009 mg/L Cu |
| Cromo total  | 0,05 mg/L Cr  |
| Ferro dissolvido   | 0,3 mg/L Fe   |
| Fluoreto total   | 1,4 mg/L F    |
| Fósforo total (ambiente lêntico)   | 0,020 mg/L P  |
| Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico) | 0,025 mg/L P  |

|   |  |
|---|--|
| Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) | 0,1 mg/L P   |
| Lítio total   | 2,5 mg/L Li  |
| Manganês total  | 0,1 mg/L Mn  |
| Mercúrio total  | 0,0002 mg/L Hg   |
| Níquel total  | 0,025 mg/L Ni  |
| Nitrato   | 10,0 mg/L N  |
| Nitrito   | 1,0 mg/L N   |
| Nitrogênio amoniacal total  | 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5 |
| Prata total   | 0,01 mg/L Ag   |
| Selênio total   | 0,01 mg/L Se   |
| Sulfato total   | 250 mg/L SO <sub>4</sub>   |
| Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)                                 | 0,002 mg/L S   |
| Urânio total  | 0,02 mg/L U  |
| Vanádio total   | 0,1 mg/L V   |
| Zinco total   | 0,18 mg/L Zn   |

A tabela abaixo mostra como os valores de alguns parâmetros se alteraram após o rompimento da barragem.

Figura 12 – Valores de metais pesados antes e depois da ruptura da barragem de Mariana, MG.

| Parâmetros                 | COPAM/CERH-MG<br>Limite de parâmetros para águas Classe 2 | 1° trecho – Afluentes do rio Doce |                 |                 |                 |                 | 2° trecho - Rio Doce a montante de Candonga |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|----------------------------|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                            |   | Antes do evento                   | Após o evento   |                 |                 |                 | Antes do evento                             | Após o evento   |                 |                 |                 |                 |                 |
|                            |   |                                   | nov2015-mar2016 | abr2016-set2016 | out2016-mar2017 | abr2017-set2017 |   | out2017-dez2017 | nov2015-mar2016 | abr2016-set2016 | out2016-mar2017 | abr2017-set2017 | out2017-dez2017 |
| Arsênio Total (mg/L)       | 0,01 mg/L   | 0,0393                            | 0,0036          | <0,001          | 0,0044          | 0,0030          | 0,0065                                      | 0,0244          | 0,0244          | 0,0013          | 0,0032          | 0,0012          | 0,0026          |
| Alumínio Dissolvido (mg/L) | 0,1 mg/L  | 0,2090                            | 1,0350          | 0,1060          | 0,1410          | 0,0690          | 0,1610                                      | 0,1710          | 2,3900          | 0,1010          | 0,2010          | 0,0470          | 0,1280          |
| Cádmio Total (mg/L)        | 0,001 mg/L  | 0,0005                            | 0,0008          | <0,0005         | <0,0005         | <0,0005         | <0,0005                                     | 0,0005          | <0,0005         | <0,0005         | <0,0005         | <0,0005         | <0,0005         |
| Chumbo Total (mg/L Pb)     | 0,01 mg/L   | 0,0136                            | 0,4460          | 0,0134          | 0,0134          | <0,005          | 0,0112                                      | 0,0139          | 0,0563          | <0,005          | <0,0068         | <0,005          | 0,0134          |
| Cobre dissolvido (mg/L)    | 0,009 mg/L  | 0,0083                            | 0,0400          | 0,0284          | <0,004          | <0,004          | <0,004                                      | 0,0055          | <0,004          | 0,0258          | <0,004          | <0,004          | <0,004          |
| Cromo total (mg/L)         | 0,05 mg/L   | 0,0400                            | 0,2460          | <0,04           | <0,04           | <0,04           | <0,04                                       | 0,0400          | <0,04           | <0,04           | <0,04           | <0,04           | <0,04           |
| Ferro dissolvido (mg/L)    | 0,3 mg/L  | 0,2790                            | 2,6200          | 0,8060          | 0,3920          | 0,1432          | 0,3170                                      | 0,5380          | 6,7580          | 0,6930          | 0,6930          | 0,1479          | 0,2710          |
| Manganês Total (mg/L)      | 0,1 mg/L  | 1,6546                            | 103,8000        | 0,7240          | 2,2140          | 0,1150          | 2,7230                                      | 1,5200          | 15,0100         | 0,1650          | 1,1210          | 0,0505          | 2,3160          |
| Mércúrio Total (µg/L)      | 0,2 µg/L  | 0,2000                            | 0,8890          | <0,20           | <0,20           | <0,20           | <0,20                                       | 0,2000          | <0,20           | <0,20           | <0,20           | <0,20           | <0,20           |
| Níquel Total (mg/L)        | 0,025 mg/L  | 0,0111                            | 0,1440          | <0,004          | 0,0087          | <0,004          | 0,0079                                      | 0,0193          | 0,0193          | <0,004          | 0,0064          | <0,004          | 0,0149          |
| Zinco Total (mg/L)         | 0,18 mg/L   | 0,0597                            | 0,1440          | <0,004          | 0,0087          | <0,02           | <0,02                                       | 0,0740          | 0,0238          | <0,004          | 0,0064          | <0,02           | 0,0233          |

| Parâmetros                 | COPAM/CERH-MG<br>Limite de parâmetros para águas Classe 2 | 3° trecho – Candonga-Baguari |                 |                 |                 |                 | 4° trecho - Governador Valadares a Aimorés |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|----------------------------|---|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                            |   | Antes do evento              | Após o evento   |                 |                 |                 | Antes do evento                            | Após o evento   |                 |                 |                 |                 |                 |
|                            |   |                              | nov2015-mar2016 | abr2016-set2016 | out2016-mar2017 | abr2017-set2017 |  | out2017-dez2017 | nov2015-mar2016 | abr2016-set2016 | out2016-mar2017 | abr2017-set2017 | out2017-dez2017 |
| Arsênio Total (mg/L)       | 0,01 mg/L   | 0,0280                       | 0,0974          | 0,0013          | 0,0030          | 0,0015          | 0,0030                                     | 0,0073          | 0,0363          | <0,001          | 0,0021          | <0,001          | 0,0037          |
| Alumínio Dissolvido (mg/L) | 0,1 mg/L  | 0,3040                       | 32,2000         | 0,2400          | 0,2570          | 0,2710          | 1,5160                                     | 3,1180          | 10,5500         | 0,1320          | 0,4470          | 0,9290          | 0,2950          |
| Cádmio Total (mg/L)        | 0,001 mg/L  | 0,0015                       | 0,0158          | <0,0005         | <0,0005         | <0,0005         | <0,0005                                    | 0,0012          | 0,0346          | <0,0005         | <0,0005         | <0,0005         | <0,0005         |
| Chumbo Total (mg/L Pb)     | 0,01 mg/L   | 0,0480                       | 1,6500          | <0,005          | 0,0117          | <0,005          | 0,0375                                     | 0,0670          | 0,4420          | <0,005          | 0,0306          | <0,005          | 0,0678          |
| Cobre dissolvido (mg/L)    | 0,009 mg/L  | 0,4110                       | 0,6750          | 0,2170          | <0,004          | <0,004          | <0,004                                     | 0,0120          | 0,0157          | 0,2310          | <0,004          | 0,0084          | 0,0375          |
| Cromo total (mg/L)         | 0,05 mg/L   | 0,0700                       | 2,8630          | <0,04           | <0,04           | 0,0510          | <0,04                                      | 0,0900          | 0,3200          | <0,04           | <0,04           | <0,04           | 0,0540          |
| Ferro dissolvido (mg/L)    | 0,3 mg/L  | 0,5100                       | 32,2600         | 2,0790          | 0,5630          | 0,3130          | 1,2410                                     | 2,0700          | 8,6150          | 0,2870          | 0,5460          | 0,5430          | 0,3020          |
| Manganês Total (mg/L)      | 0,1 mg/L  | 1,2050                       | 936,0000        | 0,9950          | 0,9380          | 0,1420          | 0,0993                                     | 0,6740          | 67,2000         | 0,1045          | 0,6800          | 0,0600          | 0,9200          |
| Mércúrio Total (µg/L)      | 0,2 µg/L  | 0,2000                       | 0,2390          | <0,20           | <0,20           | <0,20           | <0,20                                      | 0,2500          | 0,5290          | <0,20           | <0,20           | <0,20           | <0,20           |
| Níquel Total (mg/L)        | 0,025 mg/L  | 0,0280                       | 2,2800          | 0,0077          | 0,0089          | 0,0046          | 0,0273                                     | 0,0242          | 0,2500          | <0,004          | 0,0184          | <0,004          | 0,0140          |
| Zinco Total (mg/L)         | 0,18 mg/L   | 0,6100                       | 2,2800          | 0,0102          | 0,0089          | 0,0352          | 0,0640                                     | 0,2700          | 0,2160          | 0,0046          | 0,0948          | 0,0396          | 0,1327          |

Fonte: Retirado de Dias *et. Al* (2018, p. 24)

Fonte: adaptado de Dias et al (2018) e <<https://cnpem.br/cinco-anos-apos-ruptura-de-barragem-poluente-da-tragedia-de-mariana-ainda-chegam-ao-mar/>>.

Após a leitura e discussão sobre os impactos ambientais causados pela ruptura da barragem de Mariana, o professor irá sistematizar o conhecimento sobre pH. Nesse sentido, o professor precisa ter em mente quais conteúdos sobre pH ele precisará desenvolver. O professor precisa lembrar os alunos quais atividades sobre o pH os alunos fizeram para que eles tomem consciência dos seus atos. Sendo assim, os alunos construíram o seu conhecimento para que em seguida o professor sistematize esse conhecimento na linguagem científica. Nesse sentido alguns conteúdos são definição de pH; como calcular o pH de soluções; como utilizar a escala de pH e os fatores que influenciam na alteração do pH. Caso não haja tempo para desenvolver esse conteúdo, o professor pode transferir para a aula seguinte que também se trata de sistematização.

### 5.3.6 Aula 6 – Sistematização do conhecimento: coliformes e turbidez

Na aula cinco será desenvolvida as sistematizações do conhecimento II e III, respectivamente, sobre coliformes totais e coliformes fecais e turbidez.

O professor pode iniciar a aula falando sobre turbidez, uma vez que um dos possíveis resultados para o teste de coliformes é o aparecimento de turbidez na água. Da mesma forma que na aula anterior, o professor deve iniciar a aula pedindo aos alunos que relembrem as atividades realizadas sobre turbidez e coliformes. Assim, os alunos irão tomar consciência de seus atos e em seguida o professor poderá sistematizar os conceitos adquiridos na linguagem científica. Nesse sentido, o professor deve começar falando sobre a definição de turbidez, tanto pelo fato de diminuição da passagem da luz, quanto em questões organolépticas como a cor e transparência da água. Em seguida, o professor irá passar pelos fatores que influenciam no surgimento ou intensificação da turbidez em ambientes aquáticos, como matéria orgânica, matéria em suspensão e microrganismos. É fundamental que o professor enfatize a não relação entre turbidez e condições de saúde, entretanto é um parâmetro que, quando elevado, pode atestar sobre a poluição daquela água. O professor, em seguida, irá mostrar aos alunos como é feita a detecção de turbidez atualmente, sem entrar nos detalhes dos métodos.

Posteriormente, o professor prosseguirá para o assunto de coliformes e coliformes fecais. Nesse momento, é importante o professor ter em mente que a experimentação sobre coliforme foi em função da presença de coliformes totais, entretanto o parâmetro de qualidade de água é em função de coliforme fecais. Isso foi utilizado para podermos introduzir o assunto coliformes fecais utilizando o grupo coliformes totais. Sendo assim, o professor precisará explicar aos alunos o que são coliformes, ou seja, sua definição, para depois passar para coliformes fecais, explicando primeiro sua definição também. Após isso, o professor irá explicar aos alunos como a presença de coliformes fecais na água pode atuar na saúde humana, mostrando os sintomas que é causado por ela. Posteriormente, o professor irá falar sobre os testes de coliformes e coliformes fecais, utilizando os substratos mencionados na seção 2.4.3 Coliformes.

### 5.3.7 Aula 7 – Contextualização e Avaliação.

No primeiro momento da aula seis, será feita a contextualização sobre água e gênero. A contextualização vai focar no papel e a contribuição das mulheres nas questões envolvendo a água. O texto da contextualização, foi retirado de forma literal do livro “Água e Gênero – Perspectivas e Experiências” e adaptado para construir o texto, presente no quadro 17. A ideia de se utilizar esse texto é mostrar aos alunos a discrepância, ainda existente, entre o acesso e disponibilidade de água de qualidade quando se tem as questões de gênero presentes. Pode ser uma forma de enaltecer o papel das mulheres, evidenciando sua função central na questão de assegurar água para seu núcleo familiar, bem como, simultaneamente, trazer as infinitas possibilidades que as mulheres têm, não somente no desenvolvimento de trabalhos não remunerados, mas também, naqueles remunerados, externos a sua residência.

O professor deve iniciar um debate sobre os exercícios de tarefas domésticas e como elas são destinadas as meninas, em geral. E como esses papéis de gênero são continuamente se validando ao longo dos anos.

A segunda avaliação se dará por meio uma pesquisa sobre os efeitos dos parâmetros sobre a saúde humana. Pode-se usar alguns dos parâmetros inorgânicos, trazidos na contextualização 1, para complementar a pesquisa.

O professor dividirá, se possível, um parâmetro para cada aluno. O aluno pesquisará como esse parâmetro afeta na saúde humana, quais os riscos, como a contaminação ocorre, quais as medidas a serem tomadas, quais os valores aceitáveis daquele parâmetro, exemplos de lugares com esse tipo de contaminação (se possível). Ao final, os alunos terão que escolher alguns dos parâmetros, pode ser de dois a três, para confeccionarem um documento informativo (fica a critério dos alunos escolherem, pode ser uma postagem informativa, um cartaz, um vídeo, um stories, etc.) com o que foi visto durante as aulas, para as redes sociais, a fim de conscientizarem a população sobre as possíveis contaminações, e sobre o direito a água de qualidade. Além dos pontos com caráter científico acima citados, as produções para conscientização podem trazer consigo questões sociais, ambientais e de gênero para elaborarem um trabalho mais informativo que vai além de conteúdos científicos.

Quadro 17 – Texto para contextualização II sobre Água e Gênero.

### **Água e Gênero**

Na pré-história pensava-se que as mulheres tinham poderes mágicos, o dom da vida, e que sua fecundidade trazia a fertilidade dos campos. Havia, portanto, uma associação direta entre natureza, mulher e agricultura; a mulher tinha a função de prover água a seu grupo, adubar a terra, domesticar animais, cuidar das crianças, velhos e doentes, criar vasilhames, manusear fogo, preparar unguentos e poções, enquanto o homem ia à caça por alimentos, permanecendo longos períodos longe de seu clã.

No Brasil, esta tradição se confirma. A mulher do semiárido nordestino tem um papel central dentro da família: ser a responsável por buscar água.

O manejo, conservação e a gestão representam as práticas adotadas pela mulher agricultora que cotidianamente utiliza a água para realizar atividades produtivas, bem como para abastecimento da unidade familiar: o consumo doméstico.

As mulheres representam metade da população mundial e um pouco mais da metade da população brasileira, e, por definição histórica e cultural, o espaço público é dominado pelos homens, restando para as mulheres o espaço privado e doméstico.

Ainda, são elas as responsáveis pelas tarefas domésticas e por garantirem a água do dia a dia, que deve ter a quantidade necessária para que seja possível tomar banho cozinhar e lavar as mãos, e qualidade para possibilitar o consumo e uso sem se contaminarem pelos poros, nariz e boca, como afirma Pontes (2013). Na realidade, tais mulheres e meninas, que exercem informalmente o papel da gestão da água e que estão diariamente próximas das necessidades desse setor, são impossibilitadas de participarem das decisões ligadas ao uso adequado desse líquido em decorrência da posição desigual que ocupam na sociedade.

E este fato importa. Afinal, as desigualdades de gênero perpassam todos os estágios da vida da mulher, desde sua infância à velhice, passando por sua puberdade, maternidade e adoecimento.

Todos os meses, meninas, mulheres, homens trans e pessoas não binárias que menstruam vivenciam seu ciclo menstrual e, em razão disso, enfrentam inúmeros desafios de acesso a direitos, saúde e oportunidades. De acordo com o Relatório de 2021, produzido pelo Fundo de População das Nações Unidas

(UNFPA) e pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), a pobreza menstrual está relacionada à falta e acesso a recursos, infraestrutura e conhecimento sobre como cuidar da menstruação. Ademais, ela contribui para reforçar as desigualdades de gênero, etnia e classe social, além de prejudicar a trajetória educacional e profissional dessas pessoas. No Brasil, de tempos em tempos, a população se lembra da situação das mulheres encarceradas, mas ainda passa despercebido o contexto das meninas que vivem em condições de pobreza e vulnerabilidade.

Assim, conclui-se que a ausência do saneamento e a falta de banheiros e acesso à água, somadas à pobreza menstrual, também são fatores que contribuem para a evasão escolar e dificultam o acesso à educação. Ademais, os impactos negativos da ausência de saneamento também constituem um dos motivos que reforçam as desigualdades de gênero, em particular das classes mais pobres. São ainda 713 mil meninas (4,61% do total) sem acesso a banheiros em seus domicílios e 6,5 milhões que vivem em casas sem ligação à rede de esgoto (UNICEF, 2021). As meninas e as mulheres têm íntima ligação com a água do dia a dia, sendo as responsáveis por adquirir esse bem, independente da distância e dos obstáculos para garantir que seus filhos e família tenham que beber e comer, que possam limpar seus corpos e tenham uma casa limpa, é comum serem responsabilidades da mulher a busca, o manejo e o armazenamento da água. Aliás, são elas que têm o conhecimento sobre a localização da água, a qualidade e os melhores métodos de armazenagem. E, no momento em que a água escasseia, são elas que precisam buscar cada vez mais longe. A relação direta entre mulher e água inclui desde necessidades básicas como cuidado com a higiene menstrual - até os costumes de determinados pelos estereótipos de gênero, uma vez que é fato serem designados à mulher os trabalhos não remunerados, mais conhecidos como atividades domésticas.

Ademais, a pandemia exacerbou as deficiências estruturais do Brasil, que permite escancarar a desigualdade no acesso à água, pois está evidente a existência de uma "pobreza hídrica" no país. De acordo com o Trata Brasil (2021), dos 211 milhões brasileiros, quase 35 milhões não tem acesso à água tratada. Representando que da população sem acesso a água, 42,5% se encontram se encontra na Região Norte; 26,1% na Região Nordeste; 10,3% na Região Centro

Oeste; 8,9% na Região Sudeste; 9,5% na Região Sul. E num raio X deste acesso à água, em 2016 1 em cada 7 mulheres brasileiras tinha acesso à água, e no caso dos homens era 1 em cada 6 sem este acesso. Atualmente, 14,3% das crianças e dos adolescentes não têm acesso à água, sendo que 68% destas não contam com sistema de água dentro de suas casas.

As meninas, as mulheres, os homens trans e as pessoas não binárias não devem enfrentar desafios de acesso a direitos, à saúde, à educação e a oportunidades por causa de um ciclo natural e biológico.

Devido ao papel desempenhado pela mulher nas atividades domésticas e nos cuidados com pessoas, a falta de água afeta de maneira mais intensa a vida delas do que a dos homens, e são elas que, em geral, buscam alternativas em cenários de escassez.

"Lata d'água na cabeça  
Lá vai Maria, lá vai Maria  
Sobe o morro e não se cansa  
Pela mão leva a criança  
Lá vai Maria  
Maria lava roupa lá no alto  
Lutando pelo pão de cada dia  
Sonhando com a vida do asfalto  
Que acaba onde o morro principia"  
samba Lata d'água, de Candeias Jr. e  
Luís Antônio, clássico da música brasileira de 1952,

Também devido a esse papel, as mulheres estão em maior contato físico com a água contaminada e com dejetos humanos quando a infraestrutura de saneamento é inadequada (IRC, 1997). Como mostrado em estudo realizado por BRK Ambiental e Trata Brasil (2018), as carências de saneamento comprometem a saúde das mulheres brasileiras, sendo que 27 milhões delas - uma em cada quatro - não têm acesso adequado à infraestrutura sanitária e ao saneamento. A ocorrência de doenças não só afeta a produtividade das mulheres em suas atividades econômicas, como também em relação a outros aspectos da sua existência, como saúde, educação, renda e bem-estar

No ODS 6, a Meta 6.1 visa à universalização do abastecimento de água mediante o fornecimento de água potável e \_ segura aos domicílios, ou seja, livre de contaminação, disponível, quando necessário, em quantidade e com qualidade suficientes para atender às necessidades de consumo da população, de forma equitativa.

Fonte: retirado e adaptado do livro “Água e Gênero – Perspectivas e Experiências”, 2022.

## 6 CONCLUSÃO

Ao final do trabalho pode-se perceber a possibilidade de elaborar uma Sequência de Ensino por Investigação atrelada a temas socioambientais, em particular, aliada a qualidade da água. No entanto, a sequência precisa ser bem planejada, com atividades pensadas para alcançar o seu melhor aproveitamento. Pois, além de uma possibilidade de promover o conhecimento científico, ela pode desenvolver habilidades procedimentais e atitudinais. A chance de aliar conhecimentos científicos com procedimentais e atitudinais, pode promover uma formação mais humana, focada na emancipação do sujeito.

Outro ponto interessante notado é a capacidade de se iniciar discursos para conscientização, primeiro do aluno e posteriormente da comunidade que está inserido, acerca do tema tratado na SEI. Por meio da SEI, há uma possibilidade de evidenciar problemas locais, como qualidade de água, problemas sociais, como o racismo, e problemas econômicos, como a desigualdade social. Nesse sentido, a SEI se torna uma alternativa importante para se trabalhar com temas tão relevantes dentro da sala de aula.

O tema água se mostrou importante para elaboração de atividades para o ensino médio pelo fato da sua gama de conexões com conhecimentos científicos que são abordados nas aulas de química. Ou seja, a partir do tema “água” pode-se produzir inúmeros materiais didáticos para promoção do conhecimento científico como equilíbrio químico, concentração, propriedades coligativas, forças intermoleculares entre outros tantos. Além de ser uma alternativa para contribuir no desenvolvimento de pensamento científico, senso crítico e autonomia intelectual dos alunos.

Ao mesmo tempo, a SEI pode ser uma alternativa para evolução das habilidades cognitivas, uma vez que durante seu desenvolvimento as atividades propostas incentivam a curiosidade, a pesquisa e a resolução de problemas. Nesse sentido, o aluno é instigado a fazer perguntas, formular hipóteses, coletar e analisar dados, realizar experimentos e chegar a conclusões baseadas em investigação científica. Desse modo, é uma abordagem que pretende colocar o aluno como foco do seu processo de aprendizagem. Ao invés de apenas receber informações prontas, o estudante é desafiado a participar ativamente do processo de aprendizagem, envolvendo-se em atividades práticas e experimentais que possibilitam a construção do conhecimento de forma significativa. Essa abordagem, também, incentiva a

autonomia, a criatividade e a curiosidade intelectual, tornando o processo de aprendizagem mais prazeroso e significativo para os estudantes.

Diante do grau de abertura da investigação durante a SEI, pode-se adotar uma investigação baseada no grau três de início. Isso se dá pelo fato de não haver familiaridade dos alunos com a abordagem proposta. Porém nesse grau de abertura, já há práticas investigativas, o que não ocorre tanto nos graus inferiores. Todavia, é fundamental que haja uma evolução das práticas investigativas de modo que os alunos alcancem a investigação de grau 5.

Diante das concepções equivocadas sobre SEI, entende-se que as atividades aqui propostas oferecem aos alunos a oportunidade de fazer uma investigação prática, bem como de realizarem investigações não experimentais. Isso se dá pelo fato de que as atividades propostas conseguem problematizar as questões abordadas durante o desenvolvimento da SEI. Nesse sentido, a sequência de aulas possui uma diversidade de atividades bem planejadas que variam em seu grau de abertura na tentativa de promover o maior número de habilidade possíveis nos alunos.

Como o trabalho se trata de uma proposta de SEI para o ensino de química, não há evidências empíricas de que a presente sequência didática possa proporcionar o desenvolvimento de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais. Lembrando das concepções equivocadas sobre a SEI, há também a necessidade de avaliar se o conteúdo sobre qualidade da água é adequado para ser trabalhado em uma SEI. E, também, se a abordagem ambiental para introduzir os assuntos de turbidez, pH e coliformes é propícia para se trabalhar com os alunos do ensino médio.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. 3ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006. 941 p.

AYRIMORAES, S. R.; *et al.* Relação água e gênero nas ações de saneamento e gestão de recursos hídricos no Brasil. *In*: MATOS, F.; CARRIERI, A. (org.) **Água e Gênero**: Perspectivas e experiências. Ituiutaba: Barlavento, 2022. v.1, cap. 1, p. 19-47.

BRADY, J. E.; HUMISTON, G. E. **Química geral**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v. 2. 661 p.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

CARDOSO, T. G. **Sensor de turbidez para análise de amostras de água**. 2011. 64 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Computação) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2011.

CARVALHO COSTA, W. G.; SILVA, M. R. A.; SILVA, L. C. “Tratando a água”: Um jogo didático para o ensino de química com abordagem na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade-CTS. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 1-16, 2021.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas-(SEI). **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia, p. 253-226. 2011.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. O Ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula. **Cengage Learning**, São Paulo, p. 1-20, 2013.

CATAPAN, S. M. *et al.* Uso de indicadores naturais ácido-base como facilitadores no ensino de química. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 17694-17711, 2022.

CINCO anos após ruptura de barragem, poluentes da tragédia de Mariana ainda chegam ao mar. **CNPEM**. 2020. Disponível em: <<https://cnpem.br/cinco-anos-apos-ruptura-de-barragem-poluentes-da-tragedia-de-mariana-ainda-chegam-ao-mar/>>. Acesso em: 19 de dez. de 2023.

CONAMA, Conselho Nacional de meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. Disponível em: <<https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-357-de-17-de-marco-de-2005/view>>. Acesso em: 19 de dez. de 2023.

Constant, P. B. L. **Extração, caracterização e aplicação em antocianinas de açai**. 2003. 199 f. Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2003.

CORNATIONI, M. B. **Análises físico-químicas da água de abastecimento do município de Colina-SP**. 2010. 27 p. Monografia (Graduação). Curso de Ciências Biológicas. Faculdades Integradas Fafibe. Pelotas, 2010.

CORREIA, A. *et al.* Análise da turbidez da água em diferentes estados de tratamento. **8º Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional**, v. 10, 2008.

DANTAS, T. N. P., 2008. **Avaliação da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Pirangi/RN**. Monografia (Curso de Tecnologia em Controle Ambiental) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Natal.

DARROZ, Luiz Marcelo; ROSA, CW da; GHIGGI, Caroline Maria. Método tradicional x aprendizagem significativa: investigação na ação dos professores de física. **Aprendizagem Significativa em Revista, Porto Alegre**, v. 5, n. 1, p. 70-85, 2015.

DESASTRE Ambiental em Mariana e Recuperação do Rio Doce. **Portal Meioambiente.mg**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/component/content/article/13-informativo/2879->

[desastre-ambiental-em-mariana-e-recuperacao-da-bacia-do-rio-doce](#)>. Acesso: 19 de dez. de 2023.

DIAS, C. A. *et al.* Impactos do rompimento da barragem de Mariana na qualidade da água do rio Doce. **Revista Espinhaço**, 7 (1), p. 21-35. 2018.

FAHL, D. D. **Modelos de Educação Escolar em Ciências. In Marcas do ensino escolar de Ciências presentes em Museus e Centros de Ciências.** 2003. 212 f. Dissertação de Mestrado em Educação - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2003.

FERNANDES, L. C. S; KUNIYOSHI, C. Y. O. Mulheres e meninas e a água do dia a dia. *In*: MATOS, F.; CARRIERI, A. (org.) **Água e Gênero: Perspectivas e experiências.** Ituiutaba: Barlavento, 2022. v.1, cap. 7, p. 248-277.

FERNANDES, R. C. A.; MEGID NETO, J. Modelos educacionais em 30 pesquisas sobre práticas pedagógicas no ensino de ciências nos anos iniciais da escolarização. **Investigações em Ensino de ciências**, v. 17, n. 3, p. 641-662, 2012.

GARROTE, F. Coliformes. **Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos.** Disponível em: <<https://lcqa.farmacia.ufg.br/p/21153-coliformes>>. Acesso em: 06 de jan. de 2024.

GOMES, A. S.; PALMA, J. J. C.; SILVA, C. G. Causas e consequências do impacto ambiental da exploração dos recursos minerais marinhos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 18, p. 447-454, 2000.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, p. 875-882, 2011.

GURGEL, R. S.; DA SILVA, L. S.; SILVA, L. A. Investigação de coliformes totais e *Escherichia coli* em água de consumo da comunidade Lago do limão, Município de Iranduba-AM. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 4, p. 2512-2529, 2020.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa.** 6ª Edição. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 2005. 764 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JOHNSON, G. *et al.* Turbidity TMDL protocols and submittal requirements. St. Paul, MN: Minnesota Pollution Control Agency, USA, 2007.

LAURA, E. UFOP suspende atividades no campus de Ouro Preto devido à qualidade da água. **Galilé**. 2023. Disponível em: <<https://galile.com.br/ufop-suspende-aulas-em-ouro-preto-devido-a-qualidade-da-agua/>>. Acesso em: 19 de dez. de 2023.

LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**. n. 136, 95-101, 2012.

LIMA, N. M. **Aplicação da Moringa oleifera no tratamento de água com turbidez**. 2015. 57 f. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Universidade Católica de Pernambuco. Recife. 2015.

MEAVE, M. D. Mejorando las mediciones de turbidez del sector de agua en bolivia. Instituto Boliviano de Metrología, 2018. Disponível em: <<https://www.ibmetro.gob.bo/node/645>>. Acesso em: 06 de jan. de 2024.

MORTIMER, E. F.; COUTINHO, F.; SILVA, P. S. Projeto Água Em Foco: Qualidade De Vida E Cidadania. Belo Horizonte, [s.n.], 417 p. 2012.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**, vol. 3. São Paulo: Scipione, 2013.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, p. 89-111, 2007.

NASCENTES, C. C.; COSTA, L. .M. **Química Ambiental**. [s.l.]: [s.n.], 2011.

OHLWEILER, O. A. **Química Analítica Qualitativa**. Volume 1. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1978. 365 p.

PAIS, Luiz C. Didática da Matemática: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: **Autêntica**, 2002.

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R. C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, v. 18, p. 495-505, 2012.

SÁ, E. F.; CASTRO LIMA, M. E. C.; AGUIAR JR, O.; A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências**, 16(1), 79-102. Belo Horizonte. 2011

SANTOS, J. G.; RODRIGUES, C.. Educação ambiental no ensino de Química: a “água” como tema gerador. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 35, n. 2, p. 62-86, 2018.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1061-1085, 2018.

SILVA, A. F. S.; BRITO, L. M.; GONÇALVES, J. L. S. Extratos vegetais: Uma alternativa à fenolftaleína no Ensino de Química Analítica. **Revista Processos Químicos**, 37-41, 2018.

SILVA, M. T.; BITAR, N. A. B. Análise de bebedouros de escolas públicas. **Anais do CMEB**, v. 17, p. 19-29, 2022.

SILVA, N.C.; ALMEIDA, A. C. B.; BRITO, A. C. F. **Dificuldade em aprender Química: uma questão a ser abordada no processo de ensino**. In.: 51º Congresso Brasileiro de Química, São Luís - MA.

SILVA, R. T. *et al.* Contextualização e experimentação uma análise dos artigos publicados na seção "experimentação no Ensino de Química" da revista Química Nova na Escola 2000-2008. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 11, p. 277-298, 2009.

SKOOG, D. A. *et al.* **Fundamentos de química analítica**. 8ª Edição. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006. 996 p.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. **Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas**. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2015.

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.

SPERLING, M. V. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007, 588 p.

SPIRO, T. G. Química Ambiental; tradução. Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Reinaldo C. Basito, Renato S. Freire.-2.ed.-São Paulo: Parson Prentice.Hall, 2009.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R.; A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de ph: usar papel ou solução?. **Química Nova**, v. 25, p. 684-688, 2002.

TORRALBO, D.; MARCONDES, M. E. R. A “Água” como Tema Ambiental no Ensino de Química: o que pensam os pesquisadores. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 22, 2009.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

VAREJANO, I. Sem condições de consumo: escola de Ouro Preto pede para que crianças levem água de casa. **Galilé**. 2023. Disponível em: <<https://galile.com.br/escola-ouro-preto-criancas-levem-agua/>>. Acesso em: 19 de dez. de 2023.

ZABALA, A. A Prática educativa: como ensinar. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.