

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Biológicas

Érica Vitoria de Souza

**ANÁLISE DA POTABILIDADE E DA TOXICIDADE DE AMOSTRAS DE
ÁGUA DA CIDADE DE ITABIRA (MG) POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DE
ENSINO**

Belo Horizonte, 2022

Érica Vitória de Souza

**ANÁLISE DA POTABILIDADE E DA TOXICIDADE DE AMOSTRAS DE
ÁGUA DACIDADE DE ITABIRA (MG) POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DE
ENSINO**

Versão final

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao PROFBIO-Mestrado Profissional de Ensino de Biologia em Rede Nacional, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador (a): Prof. Dr^o Daniel Marchetti Maroneze

Coorientadora: Dr(a) Vanessa A. Cappelle Fonseca

Belo Horizonte, 2022

043

Souza, Érica Vitória de.

Análise da potabilidade e da toxicidade de amostras de água da cidade de Itabira (MG) por meio de uma sequência de ensino [manuscrito] / Érica Vitória de Souza. – 2022.

104 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador (a): Prof. Drº Daniel Marchetti Maroneze. Coorientadora: Dr(a) Vanessa A. Cappelle Fonseca.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. PROFBIO - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia.

1. Ensino - Biologia. 2. Ciência, Tecnologia e Sociedade. 3. Água. 4. Ensino Médio. I. Maroneze, Daniel Marchetti. II. Fonseca, Vanessa Avelar Cappelle. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 372.857.01



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE MESTRADO DE ÉRICA VITÓRIA DE SOUZA

DEFESA Nº. 019 ENTRADA 1º/2020

No dia 26 de agosto de 2022, às 8:00 horas, reuniram-se, remotamente, através da plataforma Google Meet, os componentes da Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Mestrado, indicados pelo Colegiado do PROFBIO/UFMG, para julgar, em exame final, o trabalho intitulado: "ANÁLISE DA POTABILIDADE E DA TOXICIDADE DE AMOSTRAS DE ÁGUA DA CIDADE DE ITABIRA (MG) POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO", sob orientação do Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze e co-orientação da Profa. Dra. Vanessa Avelar Capelle Fonseca, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia, área de concentração: Ensino de Biologia. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, o Dr. Daniel Marchetti Maroneze, após dar conhecimento aos presentes sobre as Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata para apresentação oral de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Banca se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado. Foram atribuídas as seguintes indicações:

PROFESSOR EXAMINADOR	INSTITUIÇÃO	INDICAÇÃO
Dr. Daniel Marchetti Maroneze	UFMG	APROVADA
Dra. Vanessa Avelar Cappelle Fonseca	UFMG	APROVADA
Dra. Paulina Maria Maia Barbosa	UFMG	APROVADA
Dra. Brenda de Oliveira da Silva	UNA	APROVADA

Pelas indicações, a candidata foi considerada: **APROVADA**.

O resultado foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão.

Comunicou-se, ainda, à candidata, que o texto final do TCM, com as alterações sugeridas pela banca, se for o caso, deverá ser entregue à Coordenação Nacional do PROFBIO, no prazo máximo de 60 dias, a contar da presente data, para que se proceda a homologação.

Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Banca Examinadora.

Belo Horizonte, 26 de agosto de 2022.

Assinatura dos membros da banca examinadora:

Relato da Mestranda

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais
Mestranda: Érica Vitória de Souza
Título do TCM: Análise da potabilidade e da toxicidade de amostras de água da cidade de Itabira (MG) por meio de uma Sequência de Ensino
Data da defesa: 26/08/2022
<p>Quando iniciei o curso de formação continuada em ensino de biologia (PROFBIO/UFMG) pensava que praticava ensino de ciências por investigação ao oferecer a meus alunos aulas práticas com resultados já previstos. Em pouco tempo, já na primeira aula do curso, vi que ensino por investigação vai muito além de transmitir informações. É promover ações e vencer desafios que me fizeram mudar a forma de pensar e refletir sobre minha própria atuação docente. Hoje, posso dizer que a conclusão desse curso abriu uma nova janela na minha vida acadêmica e profissional.</p> <p>Participar das aulas e finalizar esse curso foi um grande desafio, praticamente todas as aulas foram realizadas de maneira remota, foram apenas dois encontros presenciais. Todo o contexto inserido pela pandemia da COVID-19 nos obrigou a sermos mais fortes para superar os desafios que surgiram tanto na vida profissional, acadêmica ou pessoal. Vivenciamos um progressivo processo de aprendizagem que nos fez capazes de adaptar às mais diversas situações. Aprendemos a manusear novas tecnologias, aprendemos novas formas de aprender e ensinar e o mais importante; aprendemos a administrar conflitos internos e externos a nós mesmo. Privados de abraços e calor humano, tentamos afanar dores que deixarão cicatrizes por toda a vida e, ao mesmo tempo, administrar responsabilidades agregadas a qualquer adulto.</p> <p>Em 2020, quando começamos a especialização, jamais pensei que todas as aulas seriam ministradas remotamente. Não foi fácil a adaptação ao “novo normal”, conheço pessoalmente poucos colegas. As dificuldades tecnológicas, as falhas de conexão, a dificuldade de estudar remotamente e as dores das perdas pessoais quase me fizeram desistir e duvidar se conseguiria. O apoio e ajuda dos meus orientadores; Daniel e Vanessa foram cruciais para a finalização dessa pesquisa e o desenvolvimento de uma ferramenta que ajudará a disseminar o fruto desse trabalho.</p>

AGRADECIMENTOS

Gostaria de Agradecer:

- * Ao Prof. Daniel Marchetti Maroneze, meu orientador e a Dra. Vanessa Avelar Cappelle Fonseca, minha coorientadora que sempre atuaram com compromisso e abriram meus olhares para ensinar ciências e repensar minha prática profissional, meu eterno e sincero agradecimento.
- * Ao meu marido e familiares pelo apoio.
- * A todos os professores do PROFBIO - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia.
- * A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
- * Aos Colegas do mestrado profissional de biologia.
- * A minha amiga Marli e a instituição de ensino da qual ela é integrante que me acolheram como professora voluntária.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Muitas são as motivações para se trabalhar a temática “Água” na educação básica. Ela faz parte da composição de todos os seres vivos, possibilitando a ocorrência de reações bioquímicas indispensáveis à vida. Sua atual escassez e baixa qualidade também têm impactado negativamente a vida de muitas pessoas ao redor do mundo. O município de Itabira (MG) passa por recorrentes problemas de abastecimento de água potável, por consequência, essa foi a motivação para o desenvolvimento desta pesquisa. Seu objetivo foi elaborar uma sequência de ensino investigativa (SEI) sobre a qualidade da água de diferentes pontos da referida cidade. Também tem o intuito de promover a formação científica de estudantes do ensino médio. Para integrar a SEI, ensaios experimentais de potabilidade e de toxicidade foram desenvolvidos pela professora pesquisadora. Nesses ensaios, foram analisadas 11 amostras de água de diferentes pontos da cidade com um kit comercial de potabilidade (Alfakit). Essas amostras também foram submetidas a ensaios de fitotoxicidade com sementes de alface (*Lactuca sativa*). A proposta de atividade de ensino investigativo foi avaliada segundo a ferramenta Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI) elaborada e validada por Cardoso e Scarpa (2018). Esta avaliação evidenciou o potencial da sequência de ensino para gerar oportunidades de engajamento dos alunos nas práticas que a comunidade científica utiliza para gerar e validar conhecimentos., dentre elas: a observação do problema, o levantamento e a testagem das hipóteses, a produção e o processamento dos dados, bem como a comunicação dos resultados obtidos.

Palavras-chave: Ensino de Ciências por Investigação, Abordagem CTS, Água, Ensino Médio.

ABSTRACT

There are many motivations for approaching the theme “Water” in basic education. It is part of the composition of all living beings, enabling the occurrence of biochemical reactions essential to life. Its current scarcity and low quality have negatively affected the lives of many people around the world. The municipality of Itabira (MG) has gone through recurrent drinking water supply problems, and, therefore, this was the motivation for the development of this research. Its objective is to develop an investigative teaching sequence (ITS) on the quality of water in different parts of that city. It also aims to promote the scientific training of high school students. To integrate the ITS, experimental tests of water potability and toxicity were developed by the researcher professor. In these tests, 11 water samples from different parts of the city were analyzed with a commercial potability kit (Alfakit). These samples were also submitted to phytotoxicity tests with lettuce seeds (*Lactuca sativa*). The proposed investigative teaching activity was evaluated according to the Diagnosis of Elements of Science Teaching by Investigation (DESTI) tool developed and validated by Cardoso and Scarpa (2018). This evaluation showed the potential of the teaching sequence to generate opportunities for students to engage in the practices that the scientific community uses to generate and validate knowledge. data processing, as well as the communication of the results obtained

Keywords: Investigative Science Teaching. CTS Approach. Water. High School

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais.....	25
Figura 2 - Coleta realizada na cidade de Itabira, ponto 5 -Macrozona Urbana da Sede Municipal da cidade de Itabira	31
Figura 3 - Coleta de água na cidade de Itabira, ponto 6 - Macrozona Urbana da Sede Municipal.....	31
Figura 4 - Coleta de água na cidade de Itabira, ponto 3 - Macrozona Urbana de Chapada e Boa Esperança.....	31
Figura 5 - Coleta de água na cidade de Itabira, ponto 4 - Macrozona Urbana do Engenho.....	31
Figura 6 - Localização dos pontos de Coleta.....	31
Figura 7 - Representação do kit de potabilidade Ecolit II.....	34
Figura 8 - Cartelas microbiológicas para detecção de <i>E. coli</i> e coliformes totais. Parte integrante do kit de potabilidade Alfakit.....	34
Figura 9- Preparo das cartelas microbiológicas do kit de potabilidade Alfakit.....	34
Figura 10 - Preparo das cartelas microbiológicas do kit de potabilidade Alfakit	34
Figura 11 - Desenvolvimento dos ensaios de toxicidade com sementes de alface.....	35
Figura 12 - Ensaios de toxicidade com sementes de alface germinadas.....	35
Figura 13 - Sementes germinadas em água destilada.	35
Figura 14 - Análise do comprimento das raízes.....	35
Figura 15 - Medida individual de sementes germinadas.....	35
Figura 16 - Ciclo Investigativo proposto por Pedaste <i>et al.</i> (2015)	37
Figura 17 - Análise de oxigênio dissolvido com utilização do kit Alfakit.....	39
Figura 18 - Análise de fósforo com utilização do kit Alfakit.....	39
Figura 19 - Análise de amônia com utilização do kit Alfakit	39
Figura 20 - Análise de amônia com utilização do kit Alfakit.....	39
Figura 21 - Mensuração do tamanho das raízes na análise de toxicidade.....	39
Figura 22 - Cartelas microbiológicas utilizadas nos testes de <i>E.coli</i> e Coliformes.....	39
Figura 23 - Desenvolvimento de pelos na raiz de plântulas de alface umedecidas com amostras de água coletadas no ponto 4.....	59
Figura 24 - Desenvolvimento de pelos na raiz de plântulas de alface umedecidas com	

amostras de água coletadas no ponto 3.....	60
Figura 25 - Desenvolvimento de pelos na raiz de plântulas de alface umedecidas com amostras de água coletadas no ponto 8.....	60
Figura 26 - Caracterização dos elementos SEI segundo Ciclo Investigativo proposto por Pedaste <i>et.al</i> (2015). Fonte: adaptado de Scarpa e Campos (2018).....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Trabalhos publicados em periódicos e anais com seus respectivos títulos e ano do evento em que foram apresentados.....	23
Quadro 2 - Características dos locais de coleta das amostras de água e classificação de acordo com plano diretor da cidade	32
Quadro 3 - Temas e descrição da ferramenta DEEnCI.....	38
Quadro 4 - Classificação da análise de bioindicação das amostras de água.....	45
Quadro 5 - Resumo das atividades da sequência de ensino investigativa.....	46
Quadro 6 - Quadro de hipóteses que serão levantadas pelos alunos.....	52
Quadro 7 - Análise da proposta da sequência de ensino de acordo com a ferramenta DEEnCI.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da pesquisa bibliográfica realizada em revistas e anais no período de 2015 a 2021.....	22
Tabela 2 - Classificação qualitativa de fitotoxicidade.....	36
Tabela 3 - Resultados da análise da cor e dos ensaios químicos, microbiológicos de toxicidade.....	40
Tabela 4 - Resultados da análise da cor e dos parâmetros químicos e microbiológicos para utilização em contextos de aulas remotas.....	53
Tabela 5 - Análise de cálculo de índice de germinação e classificação das amostras quanto a fitotoxicidade das amostras	57

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC - Base Nacional Curricular Comum

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade

DEEnCI - Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação

EENCI - Experiências em Ensino de Ciências

EnCI - Ensino de Ciências por Investigação

ENEBIO - Encontro Nacional de Ensino de Biologia

ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências

ETA - Estação de Tratamento de Água

GI - Índice de Germinação

GM – Gabinete do Ministro

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LR – Comprimento das Raízes

MG - Minas Gerais

MS – Ministério da Saúde

OMS - Organização Mundial da Saúde

pH - Potencial hidrogeniônico

PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional

QNE - Química Nova na Escola

RenBio - Revista de Ensino de Biologia

RRG - Porcentagem Relativa do Comprimento das Raízes

RSG - Porcentagem Relativa de Germinação das Sementes

RSG – Sementes Germinadas

SAA - Sistema de Abastecimento de Água

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SAC - Solução Alternativa Coletiva

SAI - Solução Alternativa Individual

SBenBIO - Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia

SE - Sequência de Ensino

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

$N_{SG,B}$ - Média Aritmética do Número de Sementes Germinadas no controle

$N_{SG,T}$ - Média Aritmética do Número de Sementes Germinadas

$RG(\%)$ - Porcentagem Relativa do Comprimento das Raízes

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	14
2- OBJETIVOS.....	18
2.1 – Objetivo geral	18
2.2 – Objetivos específicos	18
3- REVISÃO DE LITERATURA	19
4 - REFERENCIAL TEÓRICO	23
4.1 - Ensino de Ciências por Investigação.....	23
4.2 - Enfoque CTS	26
4.3 - Alfabetização Científica	28
5 - METODOLOGIA	30
6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
6.1 – Análise laboratorial das amostras.....	38
6. 2 – Sequência de Ensino.....	46
6.2.1 - Atividade 1 - Expondo o problema e valorizando o conhecimento prévio dos alunos.....	47
6.2.2 - Atividade 2 - Coletando dados, levantando e testando hipóteses sobre a qualidade da água de diferentes pontos da cidade de Itabira.....	50
6.2.3 Atividade 3 - Interpretando os dados, contrastando com a literatura e elaborando um relatório de avaliação da qualidade da água	55
6.2.4 Atividade 4 - Apresentando os relatórios, socializando os conhecimentos gerados e concluindo as atividades.....	62
6.3 - Caracterização da sequência de ensino de acordo com a ferramenta de Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação DEEnCI.....	65
7- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICE A - Termo de Assentimento Livre Esclarecido (Presencial).....	85
APÊNDICE B - Termo de Assentimento Livre Esclarecido (Remoto).....	88
APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre Esclarecido (Presencial).....	91
APÊNDICE D - Termo de Consentimento Livre Esclarecido. (Remoto).....	94
APÊNDICE E - Termo de autorização do uso de imagem e voz (Remoto – Estudantes).....	98
APÊNDICE F - Termo de autorização do uso de imagem e voz (Remoto –	

Pais).....	99
APÊNDICE G - Termo de autorização do uso de imagem e voz (Presencial).....	100
ANEXO 1- Classificação dos compostos analisados pelo alfakit II segundo Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021 – Ministério da Saúde e Resolução 357/05(2) do CONAMA.....	101

1 - INTRODUÇÃO

O ensino de biologia no Brasil passou por mudanças históricas entre 1950 a 1980 (KRASILCHIK; 2004, BORGES; LIMA, 2007, BORBA, 2013). Na década de 50, as práticas apresentavam como principal foco a ilustração de aulas teóricas que tratavam assuntos isolados (KRASILCHIK, 2004). As três décadas subsequentes foram marcadas por formulações tecnicistas que pouco favoreciam as disciplinas científicas (BORGES; LIMA, 2007; BORBA, 2013). A partir de 1990, a demanda, por estratégias didáticas que conectavam progressivamente teoria e prática, passou a exigir dos alunos a formulação de textos e ideias. Esse fato, que perdura até os dias atuais, incentivou os estudantes a se tornarem aos poucos cada vez mais protagonistas na construção de conhecimentos (BORGES; LIMA, 2007; BORBA, 2013).

Apesar dessas estratégias que valorizam o papel mais ativo do aluno serem cada vez mais presentes em algumas instituições (BORGES; LIMA, 2007; CARVALHO, 2013), a reprodução mecânica dos conhecimentos por uma parcela dos professores é ainda uma realidade nas práticas de ensino da disciplina de biologia (BORBA, 2013; BORGES; LIMA, 2007). Em muitos livros didáticos de Ciências da atualidade, também predomina a essência descritiva que valoriza fortemente a definição de conceitos e termos científicos (SCARPA; CAMPOS, 2018). Adicionalmente, não podemos deixar de considerar o ensino descontextualizado do cotidiano do aluno (MOREIRA; SOUZA, 2016; LIMA *et al.*, 2004). Como forma de transformar esta conjuntura, nos últimos anos, diversos pesquisadores da Educação em Ciências têm apontado horizontes, sendo um deles o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) (FRANCO *et al.*, 2018; MUNFORD; LIMA, 2007; ROCHA, 2014).

O EnCI se caracteriza como uma abordagem didática que não se propõe a formar cientistas, mas sim conduzir os estudantes a desenvolverem novos olhares e compreensões sobre o processo de construção dos conhecimentos científicos. Prioriza um ambiente que engaja os alunos em práticas investigativas, proporcionando liberdade intelectual, aprendizado de conteúdos curriculares, argumentação, entre outros aspectos (CARVALHO, 2013; MOTOKANE, 2015; CARVALHO, 2018; ZOMPERO; LABURU, 2011). Em síntese, trata-se de um caminho efetivo para “aprender Ciências, aprender sobre Ciências e aprender a fazer Ciências” (CAMPOS; SCARPA, 2018). Ao estimular os alunos a agirem com autonomia e tomarem decisões pautadas em evidências, contribui para o processo da Alfabetização Científica. Esta, por sua vez, tem

se fundamentado no propósito elementar de promover o contato do estudante com conhecimentos da área das Ciências, suas conexões e os condicionantes que influenciam a construção do conhecimento científico do ponto de vista histórico e cultural (SASSERON, 2015).

Igualmente interessante para a promoção de uma educação científica é a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Nessa perspectiva, um dos aspectos centrais refere-se às inter-relações dos conhecimentos científicos com os contextos sociais, estimulando, assim, o exercício de uma cidadania reflexiva e consciente por parte dos estudantes (SANTOS; MORTIMER, 2000; SILVA, 2019; SILVA; MORTIMER, 2012). Devido as potencialidades, tanto os pressupostos do EnCI quanto da abordagem CTS têm sido incorporados, individualmente ou em conjunto, na essência de sequências de ensino ou de projetos de ensino que se propõem a abordar temáticas científicas na Educação Básica.

Uma temática com amplo destaque nestas sequências e/ou projetos de ensino se relaciona a “Água”. De fato, trabalhar as múltiplas dimensões e questões envolvendo essa temática (ex. poluição, escassez, potabilidade, acesso equânime, direito a exploração comercial dos corpos hídricos, etc.) sob as perspectivas do EnCI, abordagem CTS e alfabetização científica é mais do que justificável no cenário brasileiro. Vivemos em um país onde, infelizmente, muitos ecossistemas aquáticos continentais estão com a integridade bastante comprometida devido às constantes agressões antrópicas (PALEARI; UIEDA, 2004). Em muitas cidades, com o aumento da população, a situação é caótica com impactos e desdobramentos que incluem a remoção das matas ciliares, canalizações, barramentos, cobertura, despejo direto de esgoto nos rios, bem como a crescente escassez de água potável.

O paradoxo desta triste paisagem é que a sociedade, em sua maior parte, ignora a morte dos nossos rios e lagos contribuindo, assim, para um futuro sombrio que afetará sua própria existência. Não existe vida saudável sem acesso a água em quantidades adequadas e com padrões mínimos de qualidade. O corpo humano é constituído predominantemente por água sendo que inúmeras reações bioquímicas que garantem a vida ocorrem no meio aquoso. Em algum grau, o bem-estar social da população humana também depende dos corpos d’água, uma vez que eles geram oportunidades para a recreação de contato (ex. natação, mergulho, navegação, pesca, etc.).

É importante destacar que os problemas envolvendo a água não se limitam ao Brasil. De acordo com dados de 2017 da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do

Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), estima-se que 2,1 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso a água potável em seus lares. Diante das informações apresentadas, fica evidente que se trata de um problema generalizado com causas e efeitos em diferentes dimensões: global (continentes), regional (países) e local (cidades). Isto reforça o importante papel das escolas como formadoras de cidadãos conscientes quanto ao consumo e a exploração da água doce.

Especificamente no ano de 2016, parte da população de Itabira, cidade interiorana de Minas Gerais com aproximadamente 120.060 habitantes (IBGE, 2019), enfrentou problemas associados ao abastecimento de água. Em certas ocasiões, a água chegava em algumas residências com aspecto turvo, gosto ou cheiro ruim. Devido à divulgação dessas informações pela mídia da cidade, era comum que meus alunos fizessem os seguintes questionamentos na sala de aula: “Por que parte da cidade está recebendo água “suja”?”; “Que mal essa água faz para as pessoas?”; “E para as plantas e animais?”; e “Se eu tomar a água da casa da minha avó que mora em um desses bairros, eu vou morrer?”.

Tais indagações convergiam ainda com uma situação identificada por mim no município: parte das pessoas julgavam a potabilidade da água baseada exclusivamente em critérios visuais. Porém, desconheciam como são realizados os processos de desinfecção e até mesmo quais problemas são acarretados quando a água recebe tratamento inadequado. Uma água transparente não é, necessariamente, sinônimo de boa qualidade ou potabilidade. Na natureza, águas com diferentes “cores” podem fazer parte de um ecossistema íntegro. Por outro lado, águas aparentemente “limpas” podem estar contaminadas por produtos químicos ou microrganismos patogênicos. Os critérios para enquadrar um corpo hídrico em determinada classe ou uma amostra de água como sendo potável vão muito além de seus aspectos visuais.

Assim, considerando os problemas recorrentes que a cidade de Itabira vivencia em relação à oferta de água potável, bem como a importância de se educar cientificamente os jovens por meio de práticas que se apoiem na perspectiva do EnCI, da abordagem CTS e da alfabetização científica, surgiram as motivações para a proposição deste trabalho. Nele, articulou-se uma atividade investigativa que tenta envolver os alunos do ensino médio em atividades de análise da qualidade de amostras de água de diferentes pontos do município de Itabira. A intenção é que a sequência de ensino, produto deste trabalho, se torne uma ferramenta didática que possa ser aplicada em turmas do ensino médio da referida cidade ou adaptada para contextos de outros municípios.

A temática da água, além de fonte de discussão nas diversas esferas

governamentais e de ser questionada pelos estudantes em sala, é também um conteúdo do currículo do 1º ano do ensino médio abordado quando se estuda os compostos inorgânicos que integram o corpo humano. Dentre os conteúdos de biologia abordados na presente sequência de ensino pode-se destacar: preservação dos corpos hídricos, qualidade e contaminação da água, bem como impactos ambientais; ambos correspondentes à ecologia. As habilidades de ciências da natureza previstas na Base Nacional Comum Curricular que podem ser desenvolvidas com as atividades propostas nesse trabalho, incluem EM13CNT301 e EM13CNT105.

- EM13CNT301 - Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (BNCC, 2017).
- EM13CNT105 - Essa habilidade implica reconhecer o processo que envolve os ciclos da matéria nos ecossistemas, considerando os ciclos biogeoquímicos. Espera-se o desenvolvimento da capacidade de análise de situações complexas e multifatoriais e a construção de diferentes pontos de vista na identificação das variáveis, dependentes ou não das escolhas e ações que impactam estes ciclos (BNCC, 2017).

A princípio, a proposta da sequência de ensino investigativa desenvolvida nesse trabalho seria aplicada presencialmente para alunos do 1º ano do ensino médio¹. Os dados referentes a sua aplicação seriam analisados qualitativamente. Nessa proposta, os estudantes executariam testes de potabilidade e toxicidade de amostras de água de diferentes locais da cidade de Itabira. A aplicação aconteceria em uma escola da rede estadual de educação situada em um bairro periférico do mesmo município. Entretanto, com o avanço da pandemia da COVID-19 e o desenvolvimento de aulas na modalidade remota emergencial, houve uma reorientação da primeira proposta da Sequência de

¹ A proposta de pesquisa recebeu a anuência da Direção da Escola e foi autorizada para execução pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UFMG), sob a identificação CAAE 40770820.9.0000.5149, no dia 17 de maio de 2021. Ela cumpre as resoluções vigentes que incorporam os princípios éticos que regulamentam pesquisas que envolvem seres humanos. Destacam-se as Resoluções CNS 466/12 e CNS 510/16 que preveem a garantia do direito de conhecer a pesquisa, manifestar sua vontade de fazer ou não parte dela e contribuir voluntariamente por meio da assinatura e aceitação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (pais ou responsáveis legais) e do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)(estudantes menores de idade) (Apêndices de A a G).

Ensino e o início das atividades de pesquisa foram transferidas para o primeiro semestre de 2021. Com a permanência da pandemia, a aplicação da sequência não se concretizou em razão do número reduzido de alunos que acessavam a plataforma de estudos oferecida pelo governo estadual.

Diante do contexto da COVID-19, os ensaios da sequência de ensino inicial foram desenvolvidos pela professora pesquisadora e os resultados integrados em uma adaptação da proposta para que possa ser aplicada em aulas presenciais, remotas ou em contextos em que a estrutura dos laboratórios das escolas não possibilite o desenvolvimento dos testes pelos alunos. Embora ela não tenha sido aplicada, há a pretensão de seu desenvolvimento em um momento futuro. Considerando a relevância do tema que ainda aparece tímido nos trabalhos publicados e dos problemas relacionados à oferta e qualidade da água na cidade de Itabira, são apresentados os objetivos da presente proposta.

2 – OBJETIVOS

2.1 - Objetivo geral

Elaborar uma sequência de ensino investigativa sobre a qualidade da água no município de Itabira-MG, que contribua para a formação científica de estudantes de escolas de ensino médio da cidade.

2.2 - Objetivos específicos

- Desenvolver e testar atividades experimentais de avaliação e interpretação da qualidade da água (indicadores químicos e microbiológicos) que possam ser executadas por estudantes de ensino médio.
- Adaptar a sequência de ensino investigativo sobre a qualidade da água no município de Itabira-MG elaborada na pesquisa para contextos de aulas remotas ou em que os testes não possam ser desenvolvidos pelos alunos.
- Caracterizar como as diferentes atividades e as propostas de discussões da sequência de ensino podem gerar oportunidades de aprendizagem de ciências e sobre ciências no contexto das aulas de Biologia do ensino médio.

3 - REVISÃO DE LITERATURA

A oferta de água para o abastecimento humano tem sido um dos grandes dilemas do século XXI (YAMAGUCHI, 2013). No cenário brasileiro, aproximadamente 11 milhões de pessoas não tinham acesso a água limpa para beber na primeira década dos anos 2000 (REBOUÇAS, 2003). Em 2021, a população brasileira conta com pelo menos 50 milhões de pessoas a mais (IBGE, 2021). Esse aumento demográfico ao longo dos anos trouxe consigo não somente problemas relacionados com abastecimento da água, mas também problemas ligados à sua contaminação, que pouco a pouco vem tornando-a imprópria para o consumo humano (REBOUÇAS, 2003; BARROS; AMIN, 2008; OLIVO; ISHIKI, 2014).

Em 2020, a Conferência do Desenvolvimento Sustentável realizada pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) destacou como prioridade o acesso à água potável. Segundo essa conferência, administrar os recursos hídricos de maneira responsável pode atingir efeito disseminador, já que garantir os serviços de água potável de boa qualidade e de saneamento básico podem reduzir consideravelmente o número de mortes relacionadas à sua contaminação e carência nos países em desenvolvimento (UNESCO, 2021). Baseado no exposto, observa-se a relevância desse tema em associação com o incentivo a educação ambiental, o treinamento e o empenho de conscientização sobre o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos (UNESCO, 2021).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), qualquer pessoa tem direito ao acesso à água potável e segura, independente de seu estágio de desenvolvimento ou suas condições sócio-culturais. “Segura” significa que ela não pode oferecer riscos à saúde humana (ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE, 2009). É pertinente que todo cidadão tenha conhecimento da qualidade da água consumida. No Brasil, a água potável destinada ao consumo humano deve atender as exigências da Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021. Sua distribuição deve ser em boa quantidade e suficiente para atender à demanda doméstica com fornecimento ininterrupto e a preço justo (ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE, 2009).

No atual cenário em que se encontra o país frente aos hábitos do desperdício e oferta de água de boa qualidade para o consumo humano, há um direcionamento para a reflexão da educação, onde os princípios e práticas de sustentabilidade devem ser acrescentados a todos os níveis de ensino (TUGOZ *et al.*, 2017). Sob esse olhar, a escola

assume importante papel no desenvolvimento de medidas que possibilitem aos alunos oportunidades de desenvolvimento de atividades que possam relacionar a busca pela harmonia entre homem e natureza, e ainda impulsionar a divulgação de conhecimentos (TUGOZ *et al.*, 2017).

Em relação a tríade água, problemas ambientais e sua potabilidade, Martins *et al.* (2016) desenvolveram uma pesquisa com 22 discentes da segunda série do Ensino Médio de uma Escola da cidade de Rondonópolis-MT. Nesse projeto, por meio do desenvolvimento de experimentos, os alunos da escola mencionada participaram da análise de amostras de água de outras 3 escolas da região. Acompanhados pelo professor, eles analisaram os parâmetros de potabilidade da água; cloro livre, pH, ferro, amônia, sólidos em suspensão, oxigênio, cloretos, dureza total, alcalinidade, coliformes totais, cor e turbidez utilizando o Kit Básico escolar de Potabilidade da Alfakit. Trata-se de um kit escolar comercial utilizado para educação ambiental em que os alunos podem fazer testes de controle da qualidade da água.

A pesquisa de Martins *et al.* (2016) buscou criar oportunidades de contextualização de conteúdos programáticos relacionadas a potabilidade da água. Buscou, também, dar um maior destaque as concepções do ensino por investigação, em que alunos podem participar ativamente da construção de seus conhecimentos (SILVA; TRIVELATO, 2016; SASSERON, 2015; SILVA 2009). Em outras palavras, dar oportunidade de aproximação dos alunos com o fazer científico, bem como tentar contextualizar seus cotidianos com o conteúdo ensinado, não fazendo-os atuar como cientistas, mas levando-os a se envolverem em atividades experimentais e promoverem discussões sobre a qualidade e oferta da água.

Outro trabalho que buscou relacionar o fazer científico ao cotidiano dos alunos é o de Figueiredo *et al.* (2014). Eles analisaram, com a participação de alunos do terceiro ano do ensino médio da Escola Estadual Maria José de Souza, amostras de água tratadas para a cidade de Montadas, no estado da Paraíba-RN. Os alunos coletaram as amostras de água e analisaram diferentes parâmetros: condutividade, turbidez, pH, entre outros. Durante as atividades, eles tiveram oportunidades de contextualizar assuntos de química e entender aspectos importantes sobre as características de uma água potável. Os autores enfatizaram em sua proposta de atividade a aprendizagem baseada em problemas que inspiram a curiosidade e o espírito investigativo dos alunos. Fica evidente a tentativa de estimular o aluno a construir conceitos e relacioná-los com outros já aprendidos, além da busca de valorização das atividades experimentais. O desenvolvimento da atividade

explorou a comunicação dos alunos com estruturas que devem ser parte integrante da aprendizagem das Ciências.

Seguindo a mesma direção de valorização da aprendizagem por meio da diminuição da distância entre conteúdos ensinados e o dia a dia dos alunos, Silva *et al.* (2021) desenvolveram um projeto com alunos do segundo ano do Colégio Estadual Professor Alfredo Balthazar da Silveira, situado em Magé, Rio de Janeiro. Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de reforçar conceitos sobre ácidos e a concentração de soluções. Os alunos analisaram a concentração de cloro e determinaram o pH em amostras de água que eles coletaram nas suas casas e na escola. O projeto contou com a participação ativa dos alunos que, ao final, socializaram os resultados obtidos pela turma em uma feira de Ciências. A conclusão do trabalho permitiu aos alunos a aprendizagem de conteúdos de química baseada em problemas, sendo a qualidade da água assunto contextualizador. Esse trabalho, como os demais citados, ofereceu aos estudantes oportunidades para levantarem hipóteses e estabelecerem relações do aprendizado construído com o mundo em que vivem.

Além de se relacionarem com o ensino investigativo, os trabalhos de Martins *et al.* (2016), Figueiredo *et al.* (2014) e Silva *et al.* (2021) buscaram atender premissas do movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Eles se fundamentam na tentativa de interligar o contexto social dos alunos com uma problemática que os leva a reflexão sobre o problema ambiental da água, sua qualidade e atuação de políticas públicas frente à resolução desses problemas. Contribuições para o letramento ou a alfabetização científica também são identificadas nessas propostas de ensino, pois, em todas elas, busca-se ofertar aos estudantes possibilidades de aprendizagem da linguagem das ciências na realização de previsões do mundo com entendimento de que são parte integrante dele.

Outros exemplos que relacionaram o contexto escolar ao problema ambiental da água podem ser citados. Silva (2019) desenvolveu uma sequência didática investigativa no programa PROFBIO da UFMG. As atividades foram realizadas com a participação de alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola pública de Minas Gerais e focaram na análise da qualidade da água (parâmetros físicos, químicos e microbiológicos) da Lagoa Paulino, situada no centro do município de Sete Lagoas. A Lagoa da Pampulha, em Belo Horizonte, também compreende um ambiente já estudado por trabalhos passados que integraram o projeto “Água em foco”, desenvolvido pelo grupo PIBID (Química/Biologia) da UFMG (SILVA; MORTIMER, 2012). No contexto desse projeto, Rocha (2014) propôs, aplicou e reformulou uma sequência de ensino para as aulas de

química, voltada para alunos do 2º ano do ensino médio, baseado na abordagem investigativa e com enfoque CTS. Outra proposta de sequência didática investigativa com o mesmo panorama foi apresentada por Anjos (2018) e aplicada a alunos de um colégio técnico de Belo Horizonte, para investigação de parâmetros de avaliação da qualidade da água e posterior reformulação dessa sequência. No ensino fundamental, atividades investigativas sobre esta temática também têm sido desenvolvidas. Como exemplo, pode-se mencionar o trabalho de Pimenta *et al.* (2013) que também utilizaram kits comerciais de potabilidade para a avaliação da potabilidade de amostras de água de diferentes pontos de uma escola de Belo Horizonte (MG) com alunos do sétimo e oitavo ano.

Mesmo com as contribuições dos autores citados anteriormente, pode-se dizer que o número de trabalhos publicados recentemente que abrangem sequências de ensino por investigação e a temática da água ainda é discreto. Este cenário foi identificado após a realização de buscas em sites acadêmicos e em três periódicos, além de dois anais de eventos de ensino de biologia para complementar a revisão de literatura dessa pesquisa. A busca abrangeu os últimos 6 anos (2015 a 2021). Os periódicos foram as revistas: Química Nova na Escola - QNEsc; Experiências em Ensino de Ciências - EENCI e a revista RenBio (Revista de Ensino de Biologia) da Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia - SBEnBIO. Os anais de eventos compreenderam o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC e o Encontro Nacional de Ensino de Biologia - ENEBIO. A busca resultou em 82 trabalhos. Destes, 71 não apresentaram correspondência com a temática da água e apenas 11 faziam referência ao assunto (Tabela 1). Alguns deles, descritos no Quadro 1, podem ser citados como exemplos que tentam relacionar o cotidiano escolar e o EnCI.

Tabela 1 - Resultados da pesquisa bibliográfica realizada em revistas e anais no período de 2015 a 2021

Revista/anais	Resultados exibidos na busca	Resultados com correspondência ao assunto
QNEsc	34	-
EENCI	-	-
ENPEC 2021	-	-
ENPEC 2019	9	4
ENPEC 2017	11	3
ENPEC 2015	10	2
REnBIO	-	-
ENE BIO 2021	-	-
ENE BIO 2018	7	2
ENE BIO 2016	-	-
TOTAL	71	11

Fonte: autora

Quadro 1- Trabalhos publicados em periódicos e anais com seus respectivos títulos e ano do evento em que foram apresentados

Periódico/anal	Título da publicação
ENEPIO 2018	“Gota em gota a água se esgota: análise de uma proposta de ensino com o tema a água
	Práticas inovadoras e a aprendizagem sobre o tema “água”
ENPEC 2015	O Consumo da Água: Práticas Educativas no Ensino Médio
	Água: conhecer para ensinar
	Alfabetização Científica e Tratamento de Água: Uma Proposta de Ensino de Ciências por Investigação
ENPEC 2017	A Água para o Consumo Humano: proposta de produto didático com abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
	A falta de água no bairro: educação CTS com alunos de 9º ano do Ensino Fundamental
ENPEC 2019	Tomada de Decisão na Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente: uma análise no ensino por meio do tema a água para o consumo humano
	Motivos e Ações para o planejamento da Situação de Estudo Água na perspectiva CTS: Um olhar da Teoria da Atividade
	A utilização da Robótica Educacional no ensino de ciências: uma sequência didática sobre Água e Lixo
	O tema água no ensino de ciências à luz da PHC

Fonte: autora

A sequência de ensino que será apresentada como produto dessa pesquisa utiliza, de modo semelhante a alguns dos trabalhos citados, um kit comercial para análise da potabilidade de amostras de água. Pretende, por meio de diferentes atividades, dar oportunidade aos estudantes de contato com experimentos, elaboração de relatórios, consulta a bibliografias sobre a qualidade da água, realização de debates, discussões do conteúdo estudado e socialização de resultados com a comunidade escolar. Dentre os aspectos que a diferencia das iniciativas anteriores está a inclusão do desenvolvimento de experimentos de caráter ecotoxicológico com sementes de alface pelos alunos. As informações obtidas pelos estudantes podem possibilitar a avaliação do potencial tóxico das amostras de água coletadas. Outra singularidade da sequência proposta nessa pesquisa é a indicação de produção de material digital pelos alunos.

4- REFERENCIAL TEÓRICO

4.1- Ensino de Ciências por Investigação

No Brasil, o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) tem sido inserido de uma

maneira que salienta, sobretudo, o contato do aluno com o fazer científico (CARDOSO; SCARPA 2018, CARVALHO, 2013; SASSERON 2015). O que ocorre é um alinhamento na concepção da aprendizagem científica com a mudança de um pensamento pautado em: o que se sabe e quais métodos são usados para saber, para um pensamento de como se sabe e porque se acredita nessas assertivas e não em outras (SILVA, 2009). De acordo com Zômpero e Laburú (2013), no panorama do ensino investigativo é oferecido ao aluno a oportunidade de aprendizagem de conceitos, procedimentos, entendimento da estrutura da ciência, além do desenvolvimento de uma gama de habilidades cognitivas.

Em outras palavras, o EnCI tem como uma de suas características colocar em pauta para o aluno o uso de questionamentos e resolução de problemas. Estimula o entendimento do funcionamento da Ciência ao oferecer caminhos para elaboração e análise de hipóteses, coleta e interpretação de dados, construção de conhecimento e elaboração de conclusões (DEBOER, 2006). Nessa abordagem didática, os alunos, assim como os cientistas, administram suas investigações, discutem com colegas e se envolvem em atividades na sala de aula baseadas nessas investigações, que podem ser realizadas em campo, laboratórios ou bibliotecas (DEBOER, 2006). No ensino investigativo, os conteúdos programáticos são ensinados de forma que deem aos alunos condições para: (1) pensarem, considerando a estrutura do conhecimento; (2) falarem, colocando a prova seus argumentos e conhecimentos; (3) lerem, se posicionando criticamente; e (4) escreverem com autoridade e clareza (CARVALHO, 2018).

O termo investigação científica está relacionado à dinâmica que os cientistas utilizam para elaborar respostas para questionamentos sobre o mundo natural. É possível admitir que o termo faz referência a abordagens pedagógicas que moldam aspectos da verificação científica. Quando o professor trata de concepções do ensino investigativo, é importante atentar-se para o fato de que elas não relacionam a representação literal de técnicas que norteiam as atividades científicas, mas, estão diretamente inter-relacionadas para o que ocorre em uma sala de aula baseada em investigação (DEBOER, 2006).

O EnCI vai além da preocupação e consideração apenas de um produto final. Ensinar ciências envolve preocupar-se com a gama de conhecimentos que convergem para a compreensão do mundo, os fenômenos naturais e o embate que têm em nossas vidas. Aprender ciências é engajar-se com o discernimento de que o mundo está em constante processo de transformação, portanto, é conveniente envolver os alunos em um contexto investigativo que os conduza a observações, que direcione para pensamentos científicos, geração de evidências e no entendimento e associação entre ciências e

sociedade (SASSERON, 2015).

O sucesso de atividades fundamentadas nos princípios do EnCI se relaciona com a mediação do professor e a liberdade intelectual que ele oferece aos estudantes (SOLINO *et al.* 2015; SASSERON, 2015). Diversas atividades podem ser desenvolvidas durante as aulas de ensino de Ciências (laboratório, problemas de lápis e papel, textos históricos, etc.). Dependendo do grau de liberdade intelectual que é oferecido aos alunos (Figura 1), tais atividades podem ser caracterizadas como representativas de um ensino diretivo ou de um ensino investigativo (Figura 1) (CARVALHO, 2018).

Figura 1. Graus de liberdade de 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 (2018)

No grau 1, os alunos desenvolvem uma sequência de passos estabelecidos pelo professor, que os revela o problema e as hipóteses sem propor uma discussão. Os estudantes seguem uma sequência de passos já estabelecidos que os levam a prever resultados e conclusões, com isso, eles tendem a mudar os dados obtidos para não “errar” perante a visão do professor (CARVALHO, 2018). No grau 2, o professor direciona, apresenta e discute o plano de trabalho e as hipóteses com os estudantes (CARVALHO, 2018). Nos graus 3, 4 e 5, que caracterizam o ensino por investigação, os alunos participam ativamente das atividades desenvolvidas. No grau 3, o professor estabelece o problema e orienta os alunos na busca de procedimentos para desenvolvimento das experimentações. Nas conclusões, ele volta a realizar discussões conjuntas com toda a turma. O grau 4 é caracterizado pela proposição do problema pelo professor, que direciona algum elemento quando necessário aos grupos e discute as conclusões com os estudantes. O grau 5 é menos comum nas aulas do ensino fundamental e médio, uma vez que a escolha do problema é feita pelos próprios alunos (CARVALHO, 2018).

A sequência de ensino que será apresentada na seção de resultados e discussão dessa pesquisa busca direcionar a compreensão dos professores para a concepção da

participação ativa dos alunos. Ela pode ser classificada no grau 3 de liberdade intelectual, pois durante seu desenvolvimento há a proposição do problema e do plano de trabalho pelo professor. O levantamento de hipóteses, a obtenção e tratamento de dados são realizados pelos alunos. No momento de conclusão das atividades, professor e alunos debatem em conjunto com toda a classe. A atuação dos estudantes na socialização de entendimentos, na exposição do que pensam e na validação de conhecimentos é de extrema relevância, uma vez que pode contribuir para que se engajem mais nas atividades propostas nas aulas de ciências.

Os contextos discursivos, mediados pelos professores com uma maior preocupação pelo envolvimento dos estudantes e não somente com os conceitos e ideias foco dessas discussões, podem acarretar o sucesso de uma proposta de sequência de ensino (SASSERON; DUSCHL, 2016). Para o alcance de resultados positivos em propostas de trabalho com viés investigativo é importante que práticas epistêmicas do ensino de ciências façam parte do cotidiano escolar. O professor como articulador dessas propostas conduz o desenvolvimento de aulas como observador da maneira como os alunos propõem e legitimam suas ideias, se comunicam e as avaliam seja no contexto de aulas do ensino fundamental ou médio (SASSERON; DUSCHL, 2016).

De maneira geral, na proposta de ensino investigativo, os discentes são conduzidos a associarem ciência e tecnologia e o impacto em suas vidas cotidianas e da sociedade como um todo. Essa estratégia pedagógica contribui para a formação de pessoas capazes de aplicar o conhecimento científico na resolução de problemas diários e, ainda, orienta os estudantes na compreensão e tomada de decisões responsáveis no contexto social (SANTOS; MORTIMER, 2001; SASSERON; CARVALHO, 2011; SILVA; TRIVELATO, 2016). A relação estabelecida entre ciência e tecnologia é demarcada de maneira expressiva no movimento CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade, surgido em meados do século XIX, destacado na seção a seguir (SANTOS *et al.*, 2016).

4.2 - Enfoque CTS

Ciência, Tecnologia e Sociedade são termos que se relacionam e se fundamentam desde os conhecimentos produzidos por Newton ou Galileu Galilei (GOUVEIA; LEAL, 2001). No século XX, depois da Segunda Guerra Mundial, tanto as ciências como as tecnologias começaram a ser questionadas, pois, as realizações que ambas ofereciam apresentavam grande embate na sociedade. Nesse período histórico, o aumento de

indústrias químicas e o inevitável crescimento do gasto de combustíveis fósseis, como o petróleo, evidenciaram e colocaram em pauta a contaminação dos ambientes (SANTOS *et al.*, 2016). Estes acontecimentos acabaram impulsionando o movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) que valoriza o pensamento consciente por parte da sociedade frente a problemas ambientais, éticos e de qualidade de vida (SANTOS *et al.*, 2016).

De acordo com Anjos (2018), o movimento CTS compõe-se de uma série de avanços associados tanto com a área acadêmica quanto com as políticas públicas. Uma de suas principais finalidades é interligar os contextos social, cultural e histórico em que se inserem as ciências. Ele opera no direcionamento dos alunos para o exercício da cidadania, guiando-os ao letramento científico e tecnológico. O movimento CTS, assim como a proposta de ensino investigativo, auxilia na formação de seres ativos na tomada de decisões e no desenvolvimento de ações com responsabilidade social (SANTOS; MORTIMER, 2001).

No panorama mundial, é possível inferir que as pessoas têm se tornado cada vez mais dependentes dos avanços das ciências e das tecnologias, tendo em vista que estas conferem facilidades e conforto à vida moderna e podem trazer consigo esperança de resolução de problemas da humanidade (BOWYER 1990; SANTOS *et al.* 2016). No entanto, para oferecer e garantir esses avanços à população, as demandas tecnológicas exigem cada vez mais energia e matéria prima. Em uma perspectiva dualística, as ciências e as tecnologias podem atuar de um lado como os motores que guiam a humanidade rumo ao conhecimento (BOWYER, 1990; SANTOS *et al.* 2016), ou de outro, como modelo do desenvolvimento, foco de críticas e responsável pela crise socioambiental (SANTOS *et al.*, 2016).

Constantemente as pessoas se deparam com discussões sobre a crise ambiental no qual o planeta está inserido, consequência principal da ação dos humanos (SANTOS, *et al.* 2016). No entanto, é evidente que parte dessas pessoas, mesmo com acesso às informações divulgadas nas mídias de comunicação, apresenta dificuldades para entender o foco dessas discussões. Os avanços das tecnologias e da sociedade trazem consigo reflexos em esferas políticas, econômicas e sociais. Por isso, é de extrema relevância que a população tenha acesso às informações do desenvolvimento científico e tecnológico. Importante acentuar também que sejam capazes de ter entendimento para avaliar e dar opiniões que considerem os seres humanos como personagens sociais, diretamente atingidos pelo avanço das tecnologias (BAZZO, *et al.* 2007).

O movimento CTS carrega consigo um pensamento contraditório ao pensamento

cientificista, que considera a ciência produzida apenas por cientistas. O desenvolvimento das ciências está ligado de modo direto a fatores ambientais, políticos, sociais e culturais. Assim, não é plausível considerá-la como exclusiva de um grupo. É conveniente considerar que a ciência precisa assumir um caráter democrático e um controle social. Para isso, há de se persuadir que a população precisa tomar para si cada vez mais um papel na tomada de decisões sobre ciências e tecnologia. Esse pensamento caracteriza uma modificação nos objetivos de ensinar ciências nas escolas, que se apropria também da ideia de formar estudantes para atuarem como cidadãos (SANTOS; MORTIMER, 2001, SASSERON; CARVALHO, 2011).

Hayashi *et al.* (2011) enfatizam que a comunicação das ciências pode ocorrer conforme dois modelos contextuais distintos: o modelo de déficit e o modelo contextual. No primeiro modelo, de déficit, o cientista assume a posição daquele que é detentor de todo saber. Prevalece o pensamento da existência daquele que sabe e emana o conhecimento e aquele que não sabe e o aufere. No segundo modelo, contextual, as pessoas não absorvem o conhecimento como seres completamente vazios, seus conhecimentos prévios e suas experiências culturais são considerados durante o processo de recebimento de uma informação.

Integrado ao modelo contextual de comunicação das ciências, desde a década de 70, encontra-se um contexto educacional, no qual se fortalece a tese de alfabetização científica que se fundamenta na necessidade de competências permanentes, modernizadas e continuamente ligadas a cláusulas de teoria e prática (GOUVÊIA; LEAL, 2001). A alfabetização científica estabelece uma inter-relação entre ciência, tecnologia e sociedade permitindo às pessoas possibilidades de conhecerem e reconhecerem sobre ciências, e que ela está imersa nos contextos social, cultural e histórico das mesmas (SASSERON; DUSCHL, 2016).

4.3 - Alfabetização científica

O termo alfabetização científica é empregado no Brasil desde a década de 1950. No contexto nacional, ele é definido por Sasseron e Carvalho (2011) como uma expressão que compõe ideias que oferecem aos alunos acontecimentos inovadores, que podem os transformar em seres conscientes de que sua interação com o mundo pode mudá-lo e mudar a si mesmos. Em síntese, resultado de suas ligações com fundamentos, habilidades, com fazeres e conhecimentos científicos.

A ciência pode ser entendida como uma linguagem e a alfabetização científica a extensão que pode corroborar para um sistema de educação que tenha maior comprometimento com o aluno; uma pessoa alfabetizada cientificamente sabe ler o que é dito pela natureza (CHASSOT, 2003). Por outro lado, o analfabeto científico se torna incapaz de realizar uma interpretação do universo que o cerca (SCARPA; CAMPOS, 2018). No século passado, nas décadas de 1980 até início de 1990, a proposta de ensino estava inserida em um contexto em que o aluno apenas adquiria conhecimentos científicos. Nessa proposta, a transmissão massiva de informações era bem evidenciada. Atualmente, a globalização permite novas realidades à educação e não há como conceber propostas de ciências sem que as mesmas sejam fundamentadas em aspectos pessoais dos estudantes (CHASSOT, 2003).

A alfabetização científica faz parte de uma linhagem ascendente na didática do ensino de ciências, da linguagem científica e da decodificação de crenças aderidas na vida pessoal dos alunos. Nessa prática de ensino, tenta-se fazer com que eles entendam a linguagem das ciências, assim como se entende algo que está registrado em uma linguagem que conhecemos, como por exemplo, a língua portuguesa. Ao propor condições para que os alunos entendam ciências, contribui-se para o controle e previsões do que acontece no mundo natural, composto por aceções orgânicas e inorgânicas, que integra a chamada natureza (CHASSOT, 2003).

Neste contexto, pode-se evidenciar a relação direta da alfabetização científica com a capacidade dos seres humanos entenderem, analisarem e construir seu entendimento sobre o mundo que os cerca. Ela, sob o panorama dos objetivos de educação relacionados ao ensino de ciências, integra práticas pedagógicas que envolvem atividades intelectuais, pensamento crítico e autônomo dos alunos (TEIXEIRA, 2013). Diante dos argumentos apresentados, é possível colocar em um mesmo patamar de essencialidade uma relação entre ciência, leitura e escrita. A expressão alfabetização científica revela a ideia de que aprender ciências é um fator tão essencial quanto aprender a ler e a escrever, portanto, esse direito deveria ser acessível a todos os seres humanos e ser firmado como um fenômeno de massa (TEIXEIRA, 2013).

O conceito de alfabetização científica definido por Sasseron e Carvalho (2011) é embasado na definição de alfabetização estabelecida por Paulo Freire. Segundo esse autor, o processo de alfabetização, fundamenta-se na convicção de que o desenvolvimento de uma pessoa é procedente de sua capacidade de organizar seus pensamentos de forma que tenham sentido. Além disso, ele é elucidado no

estabelecimento de um posicionamento mais crítico de uma pessoa em relação ao mundo que a cerca. É a condição que o ser humano possui de estabelecer uma ligação entre o mundo que habita e a palavra grafada sendo capaz de criar significados, de produzir saberes e de estabelecer conhecimentos a partir dessa conexão.

As habilidades de leitura e escrita são de extrema necessidade no desenvolvimento da educação básica (BOWYER, 1990). Elas são bens culturais que permitem a integração de um indivíduo nas sociedades grafocêntricas (TEIXEIRA, 2013). No entanto, no mundo contemporâneo, não são suficientes para preparar os alunos para modificações periódicas a nível global. Segundo Bowyer (1990), a educação básica deve tratar a alfabetização científica como componente primordial do processo de ensino e de aprendizagem de ciências, considerando o papel que ela possui no desenvolvimento econômico e social do mundo contemporâneo.

O desenvolvimento de uma população com conhecimentos científicos e tecnológicos deveria ser objetivo de todos os países. O primeiro passo é fornecer condições para educação básica incluir o desenvolvimento da alfabetização científica e tecnológica nas escolas. Essa inclusão, formalmente, deve começar nos primeiros anos do ensino fundamental e ampliar-se por toda a vida escolar dos alunos ou ainda por meio da aprendizagem não formal daqueles que não tiveram acesso, independente de sexo, etnia ou poder aquisitivo, que vivam tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento (BOWYER, 1990).

Sob o olhar da proposta de desenvolvimento de uma sequência de ensino que interconecta ensino de ciências por investigação, a abordagem CTS e a alfabetização científica é apresentado, a seguir, a metodologia dessa pesquisa.

5 - METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos nesse trabalho, inicialmente, foram analisadas 11 amostras de água. Nove delas foram coletadas em diferentes pontos da cidade de Itabira-MG (Figuras 2-6), enquanto duas amostras corresponderam aos controles: água mineral e água destilada. As características dos locais de coleta são apresentados no Quadro 2. As coletas foram realizadas no dia 30 de julho de 2021 e os ensaios experimentais desenvolvidos entre 1 a 5 de agosto do mesmo ano.

Figura 2 - Coleta realizada na cidade de Itabira, ponto 5 -Macrozona Urbana da Sede Municipal da cidade de Itabira



Fonte: autora

Figura 3 - Coleta de água na cidade de Itabira, ponto 6 - Macrozona Urbana da Sede Municipal



Fonte: autora

Figura 4 - Coleta de água na cidade de Itabira, ponto 3 - Macrozona Urbana de Chapada e Boa Esperança



Fonte: autora

Figura 5 - Coleta de água na cidade de Itabira, ponto 4 - Macrozona Urbana do Engenho



Fonte: autora

Figura 6. Localização dos pontos de coleta na cidade de Itabira



Fonte: Adaptado de www.policiamilitar.mg.gov.br

Quadro 2 – Características dos locais de coleta das amostras de água e classificação de acordo com plano diretor da cidade

Amostra	Local de coleta - Características socioeconômicas	Classificação de acordo com plano diretor da cidade
1	Torneira de uma escola de um bairro periférico urbano que recebe água do Sistema de abastecimento Gatos. Parte desse bairro é também abastecido por águas superficiais do córrego Pai João, juntamente com seus afluentes (SAAE, 2021). A água dessa ETA é responsável por aproximadamente 25% do abastecimento público da cidade (SAAE, 2021). O bairro conta com sistema de coleta de esgoto, mas esse não é tratado.	Macrozona Urbana da Rocinha
2	Residência localizada em uma comunidade afastada do núcleo urbano, abastecida por um poço artesiano tratado pela empresa de tratamento de água da cidade (SAAE, 2021). Trata-se de um bairro que conta com sistema de coleta de esgoto, canalizado pela empresa responsável. Esse esgoto não passa por tratamento e há residências que contam com fossas sépticas (SAAE, 2021). Outras não as possuem e despejam o esgoto em fossas secas ou em um córrego local.	Macrozona Urbana de Chapada e Boa Esperança
3	Córrego do mesmo bairro de coleta da amostra 2. Esse córrego recebe grande parte do esgoto produzido nesse bairro.	Macrozona Urbana de Chapada e Boa Esperança
4	Nascente de um sítio de um bairro periférico. Essa nascente é protegida por mata ciliar e abastece 8 residências locais. A água não passa por tratamento da empresa responsável, nem dos proprietários. O esgoto do local é despejado em fossas sépticas fornecidas pela administração municipal.	Macrozona Urbana do Engenho
5	Pequena nascente, localizada ao sul da cidade, protegida por mata ciliar no entorno. No local, pastam gados que ingerem água da referida nascente.	Macrozona Urbana da Sede Municipal

Fonte: autora

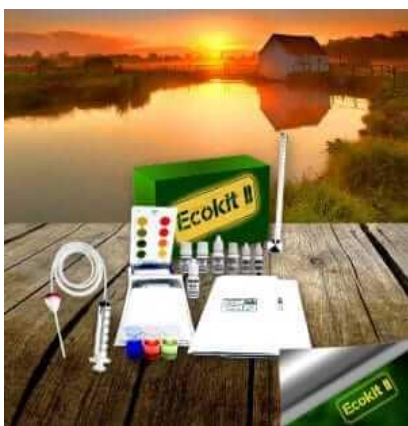
Quadro 2 – Características dos locais de coleta das amostras de água e classificação de acordo com plano diretor da cidade (continuação)

Amostra	Local de coleta - Características socioeconômicas	Classificação de acordo com plano diretor da cidade
6	Manancial que compõe um dos pontos turísticos da cidade. Está localizado no centro possuindo muitas árvores no entorno. No entanto, há evidências de despejo de esgoto no local.	Macrozona Urbana da Sede Municipal
7	Residência localizada em um bairro urbano da cidade. Esse bairro é abastecido pela ETA Rio de Peixe. Em 2019, a operação dessa rede de captação foi suspensa por problemas que comprometiam a quantidade e a qualidade da água (SAAE, 2021).	Macrozona Urbana da Sede Municipal
8	Caixa de gordura de uma residência próxima à escola. Essa casa também é abastecida pela ETA Gatos. O esgoto dela é direcionado para um sistema de captação, no entanto, não passa por tratamento.	Macrozona Urbana da Rocinha
9	Residência abastecida pela ETA pureza. Essa ETA é responsável por 55% do abastecimento da cidade. A principal fonte de abastecimento de água bruta para esse sistema é bacia hidrográfica do ribeirão Candidópolis. Trata-se de uma captação de água superficial, portanto, mais susceptível aos impactos presentes em seu entorno.	Macrozona Urbana da Sede Municipal
10	Controle 1 - Água mineral	
11	Controle 2 - Água destilada	

Fonte: autora

As amostras de água foram acondicionadas em garrafas plásticas previamente higienizadas com volumes aproximados de 500 mL. Em seguida, transportadas sob refrigeração em uma caixa de isopor e mantidas em geladeira até a realização dos ensaios químicos, biológicos e de toxicidade em um laboratório de uma faculdade local. Para os ensaios químicos e biológicos, foi utilizado um kit comercial escolar de potabilidade da água - Ecolit II (Figuras 7 - 10). As orientações para execução dos testes são detalhadas no próprio kit que permite analisar nitrato, nitrito, amônia, oxigênio dissolvido, fosfato, pH, presença de *E. coli* e coliformes totais. Esse kit pode ser adquirido online através do endereço eletrônico (<https://alfakit.com.br/produtos/ecokit-ii-2/>)

Figura 7 - Representação do kit de potabilidade Ecolit II



Fonte: <http://alfakit.com.br>

Figura 8 - Cartelas microbiológicas para detecção de *E. coli* e coliformes totais. Parte integrante do kit de potabilidade Alfakit



Fonte: <http://alfakit.com.br>

Figura 9 - Preparo das cartelas microbiológicas do kit de potabilidade Alfakit



Fonte: autora.

Figura 10 - Preparo das cartelas microbiológicas do kit de potabilidade Alfakit



Fonte: autora.

Para o ensaio da toxicidade da água, foi empregada uma adaptação do protocolo do trabalho de Viana *et al.* (2017) que utiliza sementes de alface (*Lactuca sativa*) como bioindicadores. Em tal teste, 15 sementes de alface foram cultivadas em placas de Petri de 9 mm, forradas com papel de filtro e umedecidas com 4 mL de água das respectivas amostras do Quadro 2 (Figura 11). Após a semeadura, foram colocados dois chumaços de algodão encharcados com água da própria amostra em cada placa. Em seguida, elas foram tampadas, embrulhadas em plástico filme e mantidas em temperatura ambiente por 5 dias (Figura 12). Para cada amostra, os ensaios foram realizados em triplicatas.

Figura 11 – Desenvolvimento dos ensaios de toxicidade com sementes de alface



Fonte: autora

Figura 12 – Ensaios de toxicidade com sementes de alface germinadas



Fonte: autora

Após os 5 dias, as sementes germinadas foram contadas (R_{SG}) e o comprimento de suas raízes mensurados (L_R) (Figuras 13 a 15). A partir destes dados, foram calculadas a porcentagem relativa de germinação das sementes (RSG) e a porcentagem relativa do comprimento das raízes (RRG) conforme metodologia de Belo (2011).

Figura 13 - Sementes germinadas em água destilada no teste de toxicidade



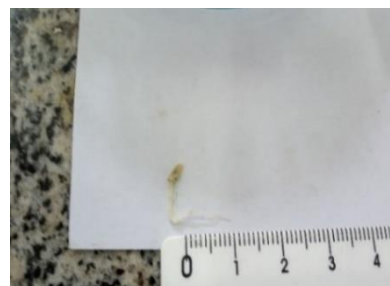
Fonte: autora

Figura 14 - Análise do comprimento das raízes no teste de toxicidade



Fonte: autora

Figura 15 - Medida individual de sementes germinadas no teste de toxicidade



Fonte: autora

A porcentagem relativa da germinação das sementes foi calculada a partir da seguinte equação:

$$RSG(\%) = \frac{N_{SG,T}}{N_{SG,B}} \times 100$$

Onde $N_{SG,T}$ é a média aritmética do número de sementes germinadas em cada amostra e $N_{SG,B}$ é a média aritmética do número de sementes germinadas no controle (BELO, 2011). A porcentagem relativa do comprimento das raízes foi determinada pela equação a seguir:

$$RRG(\%) = \frac{L_{R,T}}{L_{R,B}} \times 10$$

Onde $L_{R,T}$ é o comprimento médio das raízes nas amostras e $L_{R,B}$ é o comprimento médio das raízes no controle (Belo, 2011).

Os dados obtidos a partir dos cálculos das porcentagens relativas da germinação das sementes e do comprimento das raízes foram usados para o cálculo do índice de germinação (GI). Esse parâmetro foi calculado nesse trabalho para interpretação dos resultados das análises experimentais desenvolvidas pela professora pesquisadora. No entanto, na sequência de ensino proposta, uma das sugestões é que esses cálculos sejam realizados pelos próprios alunos a partir das porcentagens relativas que lhes serão apresentadas ou a partir dos resultados obtidos nos testes desenvolvidos por eles. O valor de (GI) pode indicar os níveis de toxicidade das amostras de água. Seu cálculo é regido pela equação a seguir:

$$GI(\%) = \frac{RSG(\%)*RRG(\%)}{100}$$

Na determinação da toxicidade das amostras de água, comparou-se os GIs das amostras analisadas com a classificação apresentada na Tabela 2 proposta por Belo (2011). Essa mesma tabela também foi utilizada como parte integrante da atividade 2 da sequência de ensino produto desta pesquisa.

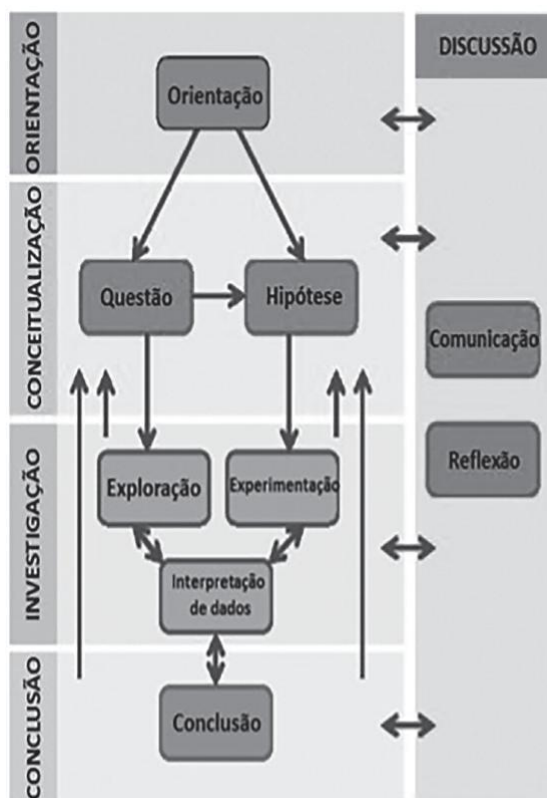
Tabela 2 – Classificação qualitativa de fitotoxicidade

GI (%)	Classificação do material de análise
> 100	O material potencializa a germinação e o crescimento da raiz das plantas
80 - 100	Não fitotóxico
60 – 80	Moderadamente fitotóxico
30 – 60	Fitotóxico
< 30	Muito fitotóxico

Fonte: Adaptado de Belo (2011)

Para elaboração de Sequência de Ensino Investigativo foi considerado o ciclo investigativo proposto Pedaste *et al.* (2015) atrelado a pressostos da abordagem CTS e da alfabetização científica. Esse ciclo foi adptado por Scarpa e Campos (2018) (Figura 16). Se trata de uma forma de praticar o EnCI no ambiente escolar. As fases desse ciclo são apontadas e interconectadas com o intuito de apoiar o professor durante o planejamento e execução de atividades ou atividades didáticas investigativas.

Figura 16 – Ciclo Investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015)



Fonte: Cardoso e Scarpa (2018)

Para caracterização de como as diferentes atividades e as propostas de discussões da sequência de ensino podem gerar oportunidades de aprendizagem de ciências e sobre ciências no contexto das aulas de biologia do ensino médio, foi utilizada a ferramenta de Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI), desenvolvida e validada por Cardoso e Scarpa (2018). Compreendida como uma ferramenta de análise de propostas de ensino investigativo, ela se fundamenta no nível de liberdade das atividades investigativas, bem como nas condutas do professor que auxiliam os alunos no comprometimento com essas atividades.

A ferramenta DEEnCI apresenta 26 elementos organizados em 5 temas (Quadro 3). Ela auxilia no estudo de diferentes materiais ligados ao desenvolvimento de propostas

investigativas tais como planejamentos, transcrições e relatórios descritivos de aulas. Pode ser utilizada em contextos de elaboração de sequências de ensino investigativo ou que convergem para o desenvolvimento dessas em sala de aula (CARDOSO; SCARPA, 2018).

Os 26 elementos caracterizados pelas autoras Cardoso e Scarpa (2018) na ferramenta DEEnCI foram avaliadas nessa pesquisa seguindo as mesmas diretrizes do trabalho proposto por elas. Quando o elemento estava presente, ele era classificado com S (Sim); quando estava ausente com um N (Não) e quando não era possível fazer a sua avaliação com um NA (Não Aplicável).

Quadro 3 – Temas e descrição da ferramenta DEEnCI

Tema	Descrição
A- Introdução à investigação	Contém 1 elemento que permite observar se houve estímulo ao interesse do aluno sobre um tópico investigativo por parte do professor.
B- Apoio às investigações dos alunos	Compõe-se por 13 elementos relacionadas a 4 subtemas para identificação de etapas investigativas e análise do grau de comprometimento dos alunos na proposta analisada.
C- Guia a análises e conclusões	Consiste de 7 elementos que indicam a presença de etapas de análise de dados, tomada de decisões, socialização e explicação, além da reflexão de etapas individualizadas da sequência ou como um todo.
D- Incentivo à comunicação e ao trabalho em grupo	Traz 3 elementos que amparam a avaliação da ocorrência de trabalhos grupais e estruturação do conhecimento pelos estudantes.
E- Estágios futuros à investigação	Integra 2 elementos que ajudam na caracterização de condutas do professor para identificação dos conhecimentos edificados pelos alunos durante a investigação, permite a continuidade do trabalho realizado pelo professor.

Fonte: adaptado de Cardoso e Scarpa (2018)

6- RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 -Análises laboratoriais das amostras

A seguir, são apresentados os resultados referentes a avaliação da cor e dos ensaios experimentais obtidos nos ensaios realizados com amostras de água de diferentes pontos da cidade de Itabira-MG. Os dados obtidos são detalhados na Tabela 3 e integraram a sequência de ensino apresentada na seção 6.2 deste trabalho. As (figuras 17 a 22) ilustram alguns dos testes desenvolvidos com o kit de potabilidade da Alfakit.

Figura 17 - Análise de oxigênio dissolvido com utilização do kit Alfakit



Fonte: autora

Figura 18 - Análise de fosfato com utilização do kit Alfakit



Fonte: autora

Figura 19 - Análise de nitrato com utilização do kit Alfakit



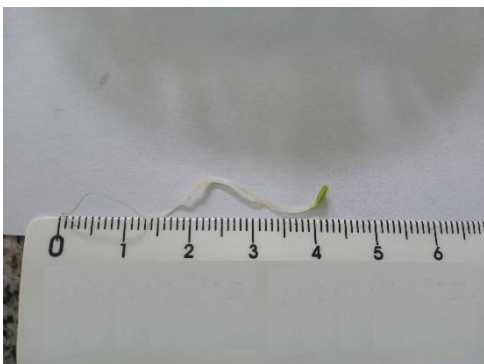
Fonte: autora

Figura 20 - Análise de amônia com utilização do kit Alfakit



Fonte: autora

Figura 21 - Mensuração do tamanho das raízes no teste de toxicidade



Fonte: autora

Figura 22 - Cartelas microbiológicas utilizadas nos testes de *E.coli* e Coliformes



Fonte: autora

Tabela 3: Resultados da análise da cor e dos ensaios químicos, microbiológicos de toxicidade

Amostra	Local de coleta	Cor	Fosfato	Oxigênio	Amônia	Nitrato	Nitrito	pH	<i>E. coli</i>	Coliformes totais	IG Água mineral	IG Água destilada	Média de crescimento aéreo
1	Macrozona Urbana da Rocinha	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.25 mg/L	0.10 mg/L	0.0 mg/L	6.0	ausente	ausente	104,90%	111,04%	0,75 cm
2	Macrozona Urbana de Chapada e Boa Esperança	Transparente	0.0 mg/L	9.0 mg/L	0.10 mg/L	0.30 mg/L	0.0 mg/L	6.0	ausente	presente	93,20%	98,66%	0,63 cm
3	Macrozona Urbana de Chapada e Boa Esperança	Levemente turva	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.50 mg/L	2.5 mg/L	0.05 mg/L	8.0	presente	presente	76,32%	80,78%	0,22 cm
4	Macrozona Urbana do Engenho	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.50 mg/L	1.0 mg/L	0.0 mg/L	6.0	ausente	ausente	69,22%	73,27%	0,70 cm
5	Macrozona Urbana da Sede Municipal	Levemente turva	0.75 mg/L	6.0 mg/L	2.0 mg/L	0.30 mg/L	0.05 mg/L	8.0	presente	presente	97,20%	102,89%	0,73 cm
6	Macrozona Urbana da Sede Municipal	Levemente turva	0.0 mg/L	7.0 mg/L	3.0 mg/L	0.10 mg/L	0.0 mg/L	8.0	presente	presente	101,78%	107,78%	0,78 cm
7	Macrozona Urbana da Sede Municipal	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.25 mg/L	1.0 mg/L	0.0 mg/L	7.0	ausente	presente	85,45%	86,03 %	0,78 cm
8	Macrozona Urbana da Rocinha	Turva	3.0 mg/L	6.0 mg/L	0.50 mg/L	0.10 mg/L	0.0 mg/L	4.0	presente	ausente	124,20%	131,46%	1,34 cm
9	Macrozona Urbana da Sede Municipal	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.2 mg/L	0.10 mg/L	0.0 mg/L	6.0	ausente	ausente	76,74%	81,23%	0,74 cm
10	Controle água mineral	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.0 mg/L	0.10 mg/L	0.0 mg/L	9.0	ausente	ausente	Controle	Controle	0,95 cm
11	Controle água destilada	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	1.0 mg/L	0.30 mg/L	0.025 mg/L	6.0	ausente	ausente	Controle	Controle	0,68 cm

Fonte: Autora

As amostras de água analisadas apresentaram diferentes qualidades. Os resultados obtidos com o kit Alfakit indicaram que as amostras 1, 4, 9, 10 e 11 se enquadraram dentro dos padrões de qualidade ideais para uma água potável. Em tais amostras, não foram detectadas alterações na cor e nem nos parâmetros químicos analisados. Além disso, os valores do índice de germinação (GI) não indicaram fitotoxicidade das amostras e a análise microbiológica não identificou a presença de *E. coli* e nem de coliformes totais. Dessas amostras, a 1 e a 9 correspondiam às amostras de águas tratadas. A amostra 4, proveniente de uma nascente, apresentou aspecto transparente. Ela atendeu todos os parâmetros químicos e microbiológicos, além de potencializar a germinação das sementes. A água desse ponto é de uma fonte que sofre pouca intervenção antrópica, emerge do lençol freático no meio de rochas e, no local, não há a presença de animais pastadores. As amostras 10 e 11 correspondiam aos controles, portanto era esperado que apresentassem boa qualidade com parâmetros dentro dos limites de potabilidade.

Todas as amostras analisadas, exceto a 8, apresentaram valores de pH compatível com a faixa aceitável para o consumo humano, que deve variar entre 6,0 a 9,5 (SABESP, 2021). O potencial hidrogeniônico (pH) indica a acidez ou alcalinidade de uma solução. Substâncias provenientes de origem natural como aquelas advindas da dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos e oxidação de matéria orgânica podem alterar os valores de pH de um corpo d'água bem como aquelas de origem antrópica como esgoto doméstico ou industrial (VON SPERLING, 2005).

A amostra 8 apresentou o menor pH (4,0) e, portanto, maior acidez. O pH de um corpo hídrico pode se inter-relacionar com a produção de oxigênio pelo fitoplâncton e a disponibilidade de gás carbônico na água. No entanto, por se tratar de uma caixa de gordura que não tem organismos fotossintetizantes, a variação de pH pode estar relacionada com a utilização de produtos químicos em materiais de limpeza doméstica. A amostra 8, juntamente com a amostra 5, apresentou a menor concentração de oxigênio dissolvido. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido podem oferecer risco a organismos aquáticos vivos (VON SPERLING, 2005). Além disso, também foi identificado fosfato na concentração máxima do kit na amostra 8, o que pode ser um indicativo da presença de esgoto. Quanto aos parâmetros microbiológicos, não foi detectada a presença de coliformes totais. A análise de todos os parâmetros em conjunto não classificam essa amostra como uma água de boa qualidade. Apesar disso, ela foi a que mais favoreceu a germinação das sementes e o crescimento das raízes, provavelmente devido a disponibilidade de nutrientes do esgoto doméstico.

Corpos de água, assim como esgotos, podem apresentar matéria orgânica que são de extrema importância para caracterização primária da qualidade da água (JANZEN *et al.* 2007; MANOEL, 2019). A matéria orgânica, importante fonte de poluição das águas, é utilizada pelos microrganismos decompositores que levam ao consumo de oxigênio dissolvido (MANOEL, 2019). A Resolução 357/05(2) do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, estabelece que o valor mínimo de oxigênio dissolvido (OD) na água doce para a preservação da vida aquática é de 5,0 mg/L, no entanto, há uma variação de tolerância de organismo para organismo. Nenhuma das amostras analisadas apresentou concentração de OD menor do que 5,0 mg/L. A concentração de oxigênio dissolvido pode sofrer diminuição em razão das consequências do processo de eutrofização, potencializado pela presença de fósforo em concentrações excessivas nos corpos de água (VON SPERLING, 2005).

Nas amostras de água também foram analisadas a presença amônia, nitrato e nitrito. Amônia e nitrato foram detectados nas 11 amostras. O valor máximo permitido pelo Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 para esses dois compostos é 1,2 mg/L para a amônia e 10 mg/L para o nitrato, respectivamente. A amônia excedeu o valor permitido nas amostras 5 e 6, esse composto na sua forma livre dissolvida é nociva para os peixes (VON SPERLING, 2005). O maior valor detectado para o nitrato foi 2,5 mg/L na amostra 3. É importante destacar que essa é a quantidade máxima detectada pelo Kit, portanto, esse valor pode ser ainda maior. O nitrito foi detectado nas amostras 3, 5 e 11; abaixo do máximo permitido pela legislação que é de 1 mg/L (BRASIL, 2021).

A amostra 2, coletada de uma residência afastada da região central e abastecida por um poço artesiano, não apresentou alterações significativas nos valores dos parâmetros químicos. Apenas seu pH foi classificado como levemente ácido. Embora essa amostra tenha apresentado resultados satisfatórios para os parâmetros químicos e favorecido o desenvolvimento das sementes, ela não se classifica como água de boa qualidade em razão da presença de contaminantes microbiológicos: coliformes totais. A orientação quando se observa um resultado positivo para estes microrganismo, ainda que em ensaios preliminares, é comunicar os órgãos responsáveis para que eles realizem novas coletas e análises (BRASIL, 2021).

De modo geral, a possibilidade de uma água transmitir ou não doenças é avaliada indiretamente pelo monitoramento de microrganismos do grupo dos coliformes (VON SPERLING, 2005). Esses microrganismos foram detectados nas amostras 3, 4 e 7. A

Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021 estabelece como padrão de potabilidade da água para consumo humano, a ausência dessas bactérias em 100 mL de amostra, tanto no Sistema de Abastecimento de Água-SAA, como nos sistemas de Solução Alternativa Coletiva-SAC ou Solução Alternativa Individual-SAI. Microrganismos patogênicos invisíveis a olho nu podem ser veiculados pela água contaminada ou não tratada (YAMAGUCHI, 2013). Portanto, isoladamente, a transparência da maioria das amostras não pode ser utilizada como indicativo de boa de qualidade (VON SPERLING, 2005). As amostras 2 e 7 são provenientes de áreas urbanas que recebem tratamento e, ainda assim, apresentaram coliformes totais.

A identificação de organismos do grupo dos coliformes pode ser muito relevante em processos de purificação da água. No entanto, é necessário prudência ao considerá-las nos processos de avaliação da qualidade da água tratada, pois elas podem se desenvolver internamente nas tubulações formando biofilmes superficiais nos sistemas de distribuição das cidades. Além disso alguns desses organismos fazem parte da microbiota não patogênica do intestino dos seres humanos (TORTORA *et al.*, 2012). É importante destacar que a água pode ser contaminada tanto no ponto de origem, durante sua distribuição e nos reservatórios particulares de residências e de empresas (VON SPERLING, 2005).

Em todas as amostras, inicialmente se observou a cor. A alteração na coloração de uma amostra de água ou corpo d'água é resultado principalmente da presença de sólidos dissolvidos, sejam eles resultantes de ações naturais (ex., decomposição da matéria orgânica) ou antrópica; (ex., resíduos industriais ou esgotos domésticos) (VON SPERLING, 2005). As amostras 3, 5, 6 e 8 apresentaram alteração na cor. Destas, a 3, 5 e 6 foram coletadas em corpos de água poluídos. Durante a coleta das amostras 3 e 6, foram registrados, nos locais, forte odor e a presença de esgoto doméstico. No local de coleta da amostra 5, há uma área de pastagem com gados em seu entorno. As águas desses locais não atendem os padrões de qualidade para consumo humano, com alterações em um maior número de parâmetros quando comparadas às outras. Na amostra 3, só não foi detectada a presença de fosfato, no entanto, foi observado a ocorrência expressiva de nitrato. O crescimento médio das raízes alcançou valor máximo de 0,22 cm nas sementes umedecidas com água dessa amostra, um indicativo da presença de grande quantidade de compostos nitrogenados oriundo da contaminação por esgoto. Nas amostras citadas nesse parágrafo, ainda foi registrada a presença de coliformes totais e de *E.coli*. A presença dessa última bactéria pode ser indicativo de contaminação fecal (TORTORA *et al.*, 2012).

Outro sinal da presença de esgoto em um corpo d'água é a alta concentração de compostos contendo fósforo. Dentre as amostras que apresentaram fosfato, destacam-se as de números 8 e 5. A amostra 8 apresentou a concentração máxima de fosfato detectada pelo kit e a amostra 5 concentração intermediária. Na amostra 8, esse resultado provavelmente se relaciona com o fato da água ser oriunda de uma caixa de gordura. Em relação a amostra 5, a presença de fosfato possivelmente é explicada pelo despejo local de esgoto por casas próximas a fonte de água. O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária para o abastecimento de água, entretanto, interfere no desenvolvimento de vários organismos e, conseqüentemente, na quantidade de matéria orgânica em um corpo d'água. Esgotos domésticos e industriais, excrementos de animais, fertilizantes, bem como fontes de origem naturais contribuem para o aumento da disponibilidade de fósforo nos cursos de água (VON SPERLING, 2005). Compostos fosforados e/ou nitrogenados favorecem o desenvolvimento das sementes de alface, como observado nos valores do índice de GI relacionados a essas amostras.

Para o cálculo desses índices, foram utilizados, como controles, água mineral e água destilada. Os valores analisados para a classificação qualitativa da fitotoxicidade das amostras são apresentados no Quadro 4. Segundo Belo (2011), valores de GI acima de 100% indicam que as amostras potencializaram a germinação e o crescimento de raízes. Esse cenário foi observado para as amostras 1, 6 e 8 em relação aos dois controles. No caso da amostra 5, apenas para o controle água destilada. Amostras com GI entre 80% a 100% são classificadas como não fitotóxicas. Nessa classificação, se enquadraram as amostras 2 e 7 para os dois controles, as amostras 3 e 9 para o controle água destilada e a amostra 5 para o controle água mineral. Amostras com GI entre 60% a 80% recebem a classificação de moderadamente fitotóxica. A amostra 4 para os dois controles e as amostras 3 e 9 para o controle água mineral foram classificadas neste grupo. É importante destacar que todas as amostras apresentaram GI acima de 60%, portanto, nenhuma delas foi classificada como fitotóxica ou muito fitotóxica.

Quadro 4 – Classificação da análise fitotoxicidade das amostras de água

Amostra	IG Água mineral	IG Água destilada	Classificação fitotóxica do material de análise (amostras de águas)
1	104,90%	111,04%	O material potencializa a germinação e o crescimento da raiz das plantas em relação aos dois controles.
2	93,20%	98,66%	Não fitotóxico; em relação aos dois controles.
3	76,32%	80,78%	Moderadamente fitotóxico nos dois controles.
4	69,22%	73,27%	Moderadamente fitotóxico nos dois controles.
5	97,20%	102,89%	Não fitotóxico; para o controle água mineral. O material potencializa a germinação e o crescimento da raiz das plantas no controle água destilada.
6	101,78%	107,78%	O material potencializa a germinação e o crescimento da raiz das plantas em relação aos dois controles.
7	85,45%	86,03 %	Não fitotóxico; nosdo dois controles.
8	124,20%	131,46%	O material potencializa a germinação e o crescimento da raiz das plantas em relação aos dois controles.
9	76,74%	81,23%	Moderadamente fitotóxico nos dois controles.
10	Controle Água Mineral		
11	Controle Água Destilada		

Fonte: autora

Os resultados dos testes apresentados anteriormente são simples e podem ser desenvolvidos com alunos e pelos alunos. Uma das dificuldades que pode ser encontrada pelos professores refere-se à quantidade de vidrarias necessárias para a análise simultânea de muitas amostras. Algumas instituições de ensino não contam com um laboratório bem equipado. Além disso, o kit, embora seja de fácil manuseio e simples interpretação, não é composto por um quantitativo de vidrarias necessário para realizar vários testes paralelos. Para sanar essa limitação, o professor pode trabalhar com um número menor de amostras de acordo com os materiais disponíveis.

As análises das amostras investigadas neste trabalho geram oportunidades de discutir com os alunos questões sobre a qualidade da água de diferentes pontos da cidade de Itabira-MG. Também, possibilitam a atuação discente com certo grau de autonomia no processo de aprendizagem. Se bem explorados pelo professor, os dados apresentados colocam os alunos em contato com atividades experimentais mesmo que elas não tenham sido desenvolvidas por eles. Essas informações permitem aos estudantes; levantar hipóteses, discuti-las, fundamentá-las e concluí-las, além de ser um meio de colocarem a prova seus conhecimentos prévios. Uma das possibilidades de trabalho com os dados

obtidos é apresentada na sequência de ensino proposta na próxima seção.

6.2 - Sequência de Ensino

Os dados apresentados na seção anterior integram uma sequência de ensino investigativa sobre a qualidade da água no município de Itabira. A proposta inicial era que essa sequência fosse aplicada na modalidade de ensino presencial e que os ensaios fossem feitos pelos próprios alunos. No entanto, diante do cenário da pandemia da COVID-19, a proposta foi adaptada. Assim, ampliaram-se as possibilidades de desenvolvimento de projetos, com o mesmo foco do planejamento original, que podem ser desenvolvidos em contextos pedagógicos virtuais (aulas remotas), ou em situações em que os ensaios não possam ser desenvolvidos pelos alunos. A seguir, é apresentada a proposta de sequência de ensino elaborada como produto dessa pesquisa, composta de 4 atividades (Quadro 5).

Quadro 5 – Resumo das atividades da sequência de ensino investigativa

Atividade	Descrição da proposta	Tempo estimado
Atividade 1	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do problema. • Discussão de reportagens em grupos sobre a qualidade da água e problemas de abastecimento identificados na cidade de Itabira. • Valorização dos conhecimentos prévios dos alunos e apresentação de métodos de avaliação da qualidade da água. 	1 aula de 50 minutos
Atividade 2	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento de hipóteses sobre a qualidade da água de amostras de diferentes pontos da cidade. • Produção de dados através do desenvolvimento dos experimentos com a utilização do kit de potabilidade Alfakit e dos ensaios de bioindicação com sementes de alface. 	3 aulas de 50 minutos
Atividade 3	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento e interpretação dos dados obtidos com produção de gráficos e tabelas. • Confronto dos dados com as hipóteses levantadas e bibliografias que estabelecem padrões de potabilidade da água. • Elaboração de um relatório sobre a qualidade da água das amostras analisadas. 	2 aulas de 50 minutos
Atividade 4	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão com toda classe e tomada de decisão coletiva sobre a qualidade da água das amostras analisadas. • Produção de material de divulgação pelos alunos. • Divulgação dos trabalhos para comunidade escolar. 	3 aulas de de 50 minutos

Fonte: autora

6.2.1 - Atividade 1 - Expondo o problema e valorizando o conhecimento prévio dos alunos (1 aula de 50 minutos)

A proposta inicial da sequência é desenvolver uma roda de conversa, visando introduzir a temática e levantar as concepções prévias dos alunos. Nesse primeiro momento, os estudantes podem ser questionados sobre a importância da água, os processos que podem levar a sua degradação, se já passaram por alguma situação de privação de água, etc. Em seguida, a intenção é que eles sejam divididos em grupos para leitura e discussão de reportagens sobre a escassez e a qualidade da água no município de Itabira. Ao final, os alunos são convidados a apresentar para toda a sala os pontos das reportagens que mais chamaram a atenção dos grupos. Durante as apresentações, os estudantes são provocados com questionamentos que estimulam suposições que poderão ser confirmadas ou refutadas pelos resultados dos experimentos que serão desenvolvidos por eles (proposta presencial) ou por resultados de testes já realizados (proposta de ensino remoto ou contextos em que os testes não possam ser desenvolvidos). Como exemplos de questões para promover a discussão, destacam-se: **“E hoje, como será que está a qualidade da água utilizada pela população de Itabira? Por quê? Como poderíamos investigar esta questão de modo a confirmar nossas suposições?”**. Estas respostas servem de base para o professor discorrer sobre alguns métodos/parâmetros de avaliação da qualidade da água (características físicas, parâmetros químicos e biológicos), quer tenham eles sido citados, ou não, pelos alunos.

No contexto de ensino remoto, as orientações iniciais dessa primeira atividade podem ser dadas em um encontro síncrono, por meio de uma reunião *online* em um aplicativo de videoconferência, por exemplo, o *Google meet*². O professor gera uma sala principal nesse aplicativo, orienta os alunos quanto ao desenvolvimento das atividades e, em seguida, cria salas adjacentes para que os alunos possam discutir em grupos as reportagens sobre a escassez e potabilidade da água. O acesso dos estudantes às reportagens dessa atividade pode ser realizada pela plataforma *google classroom*, através

² *Google Meet* é uma plataforma de videoconferências do Google, oferece planos para criação de reuniões com até 250 pessoas, com duração de até 24 horas. Os serviços dessa plataforma foram disponibilizados a professores e alunos da rede estadual de ensino de Minas Gerais para realização de aulas remotas durante a pandemia da COVID-19. Portanto, ela foi utilizada como exemplo no desenvolvimento das atividades *online* da sequência de ensino investigativo desenvolvida nessa pesquisa. O serviço de vídeoconferência do *Google* tem similaridades com outros programas como o *Zoom* e o *Microsoft Teams*. Eles também podem ser utilizados para a realização das tarefas. A plataforma *Google meet* é integrada a outros serviços *google*, isso pode facilitar a entrega das atividades pelos alunos, no entanto, fica a critério do professor a utilização de qualquer outra.

da utilização de seu acesso com o *e-mail* institucional. Um dos alunos se encarrega de abrir a reportagem e compartilhar a tela com os demais, enquanto todos discutem e outro registra os pontos mais relevantes. O professor pode estabelecer o tempo de 20 minutos, em média, ou o quanto achar conveniente. Após esse tempo, eles retornam à sala principal e colocam para toda a turma os pontos das reportagens que mais chamaram a atenção dos grupos. Além das discussões orais, o professor pode solicitar que cada grupo redija um parágrafo sobre os pontos discutidos e os questionamentos dessa atividade. Um componente de cada grupo pode enviá-lo pelo *google classroom*.

De acordo com Carvalho (2013), no contexto de criação de um ambiente favorável para construção de conhecimento pelos próprios alunos, o professor oferece aos estudantes chances de colocarem a prova seus conhecimentos prévios. Essas oportunidades de aprendizagem geram um ambiente em que eles podem propor ideias e discuti-las com colegas e professor. A contextualização inicial proposta nessa etapa da sequência se fundamenta na valorização dos conhecimentos prévios dos alunos. O professor atua como mediador no processo de transição do conhecimento cotidiano para o conhecimento científico. A possibilidade de discussões em pequenos grupos e com toda a classe apresenta aos estudantes a problemática da sequência de ensino proposta.

O professor mediador pode ser caracterizado como aquele que atua como facilitador, incentivador ou motivador da aprendizagem (SPONHOLZ, 2003). Ele tenta conectar compreensões e concepções individuais, explicações e conhecimentos e as relações entre o mundo em que os alunos vivem. A sua atuação acontece de tal forma que o conhecimento adquirido tenha utilidade na vida dos estudantes. Em um processo dinâmico, a educação exige que o professor proporcione um ambiente participativo entre os alunos (SPONHOLZ, 2003). Segundo Silva (2007) o professor no exercício da arte de se relacionar com o aluno é naturalmente mediador entre conhecimento e o educando, nessa relação ele estabelece conexões entre saberes e pessoas. Ele deixa de ser aquele que transmite o conhecimento e passa a assumir o papel de provocador do estudante no processo de aprendizagem.

A exposição do problema possibilita que os alunos discutam possíveis processos de tratamento da água e de avaliação da sua qualidade. É esperado que citem processos químicos, físicos ou biológicos mais conhecidos por eles. Esse momento também proporciona que seja mencionado o uso de bioindicadores, base de um dos testes indicados para desenvolvimento pelos estudantes na etapa 2. Essas discussões iniciais podem ser o ponto de partida para o professor indagar os alunos sobre como podemos

obter resultados confiáveis sobre a qualidade da água de um local, de uma amostra ou da água que consumimos.

Os problemas são o ponto de partida de sequências de ensino investigativas, podendo ser apresentados aos alunos por meio de figuras, textos ou questões experimentais (CARVALHO, 2013). Essa atividade contempla a apresentação do problema e a sua contextualização a partir da análise de reportagens sobre a água em Itabira. Os alunos são expostos ao problema ao analisarem os textos informativos, pelas indagações surgidas e pelas discussões coletivas contextualizadas sobre a qualidade da água, frequentemente divulgada por mídias da cidade.

De acordo com Azevedo (2004), as atividades de ensino investigativo podem ser propostas como problemas aos alunos por meio de demonstrações investigativas, laboratório aberto, questões abertas e problemas abertos. Nas demonstrações investigativas, as atividades experimentais são realizadas pelo professor (CARVALHO, 2013), com a finalidade de colocar a prova uma teoria estudada ou em estudo (AZEVEDO, 2004). No laboratório aberto, os alunos são conduzidos a resolução de uma questão empregando um experimento. Nas questões abertas, a proposta é colocada para os alunos como questões cotidianas em que as explicações estão relacionadas a algum conceito discutido e abordado em aulas passadas. Nos problemas abertos são apontadas aos alunos situações em que eles discutem estratégias até as possíveis soluções para o problema proposto (AZEVEDO, 2004). Independente do uso de diferentes atividades investigativas pelo professor, o que direciona a proposta é o grau de liberdade intelectual que ele vai proporcionar aos estudantes durante a elaboração do problema e o desenvolvimento das atividades (CARVALHO, 2013).

Na sequência de ensino proposta nessa pesquisa, o problema se apresenta como laboratório aberto. Os alunos são conduzidos pelo professor na resolução de um questionamento através de experimentos que irão gerar dados sobre a qualidade de amostras de água de diferentes pontos da cidade. Conforme Carvalho (2013), problemas experimentais de uma sequência de ensino investigativo devem ser bem organizados, de maneira que os alunos se envolvam na busca de uma solução que não seja cansativa para eles. Na tentativa de propor uma atividade que aborde uma questão cotidiana, pautada no material didático dos alunos e que os envolvam de forma prazerosa, foi proposta a próxima etapa. Além de aprazível, ela se apoia em outra premissa do ensino investigativo: o levantamento de hipóteses. A referida atividade é apresentada a seguir.

6.2.2 - Atividade 2 - Coletando dados, levantando e testando hipóteses sobre a qualidade da água de diferentes pontos da cidade de Itabira (3 aulas de 50 minutos)

Nesta atividade, as suposições feitas pelos alunos, bem como as discussões anteriores sobre os métodos/parâmetros de avaliação da qualidade da água são retomadas. Os alunos são divididos em grupos de cinco pessoas no laboratório de ciências/biologia da escola. Em seguida, amostras de água são apresentadas a eles, bem como a caracterização dos locais em que foram coletadas. Para a adaptação da proposta original da sequência de ensino foram analisadas 11 amostras, no entanto, o professor pode determinar esse número de acordo com a sua realidade. Após a apresentação das amostras aos estudantes, eles recebem um quadro (Quadro 6) para preencherem com as hipóteses que levantarem sobre a qualidade da água de cada uma delas. Em seguida, elas são distribuídas para os grupos, identificadas por números. Após essa distribuição, os alunos são convidados a realizarem testes de potabilidade da água das amostras utilizando um kit escolar (EcoKit II). Os reagentes podem ser revezados entre os grupos.

Realizados os testes de potabilidade, os resultados obtidos são analisados a partir de uma escala de cor indicada nas orientações do manual do referido kit. A tabela de referência do material com os intervalos que caracterizam a água para consumo humano não está mais em vigor, portaria GM/MS Nº 518/2004. Então, os alunos farão a leitura dos resultados segundo as orientações do kit, no entanto, a sua interpretação será de acordo com a legislação vigente: portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 (Anexo 1). Esses resultados devem ser anotados. Essa atividade da sequência é baseada no trabalho de Pimenta *et al.* (2013) citado anteriormente no referencial teórico. Para análise qualitativa da toxicidade da água, os estudantes realizam outro teste que emprega sementes de alface (*Lactuca sativa*) como bioindicador. Para isso, é sugerido uma adaptação do protocolo utilizado no trabalho de Viana *et al.* (2017), descrito na metodologia desse trabalho.

Em contextos presenciais em que não for possível o desenvolvimento dos experimentos pelos alunos, o professor pode destacar que foram realizados testes com algumas amostras de água de pontos da cidade de Itabira e utilizar os respectivos resultados para desenvolver essa segunda atividade. Para iniciar os trabalhos, é apresentado aos estudantes um quadro com a descrição e as características dos locais de coleta das 11 amostras (veja o Quadro 2, apresentado na metodologia). Posteriormente, em grupos de 5 pessoas, eles levantam hipóteses sobre qual seria a condição de cada uma delas. Para isso, pode ser usado o Quadro 6. Após os alunos levantarem as hipóteses sobre

a qualidade da água de cada amostra, é apresentado a eles uma tabela com os resultados da análises da cor, dos parâmetros químicos e microbiológicos dos testes realizados (Tabela 4). A ideia é que eles façam um confronto com as hipóteses levantadas de modo a refutá-las ou confirmá-las. Nesse momento, ainda não é apresentado aos alunos os resultados dos ensaios de toxicidade, uma vez que nesse contexto, tais dados são utilizados na etapa seguinte.

Para o desenvolvimento dessa proposta de atividade no contexto de aulas remotas, o professor pode organizar uma segunda reunião *online* no *Google Meet* ou em outra plataforma que desejar. Com a câmera aberta, ele apresenta as amostras e projeta o Quadro 2 (exposto na metodologia) com os locais de coleta e suas características. Após esse momento, o professor libera o acesso dos alunos ao documento correspondente ao Quadro 6 de levantamento de hipóteses e os direciona para subsalas. Nessas subsalas, um aluno, então, abre o documento com o quadro de hipóteses, compartilha a tela com os colegas e todos discutem e levantam hipóteses sobre a condição de cada uma dessas amostras. Decorrido um tempo pré-determinado, os alunos voltam para a sala principal e o professor disponibiliza os resultados das análises de cada uma das amostras (análise da cor, parâmetros químicos e microbiológicos) (Tabela 4). Esses dados deverão ser analisados pelos alunos para confrontarem as hipóteses levantadas de modo a confirmá-las ou refutá-las. Os procedimentos de desenvolvimento dos testes podem ser apresentados a eles por meio de fotos.

Após essa etapa, em outro dia, o professor inicia uma nova reunião e, por sorteio, distribui as amostras entre os grupos. Após cada grupo ter conhecimento do número de sua amostra, ele realiza o experimento com as sementes de alface ao vivo com os estudantes, por demonstração, transmitindo tudo pela câmera de vídeo. Para isso, é utilizado o mesmo procedimento proposto para o contexto presencial. As amostras, então, permanecem em temperatura ambiente por 5 dias. Todo o período de desenvolvimento das sementes, mais uma vez, é registrado por fotos.

Quadro 6 – Quadro de hipóteses que serão levantadas pelos alunos

Amostra	Local de coleta	Como você espera que esteja a qualidade da água dessa amostra?
1	Água da torneira da escola.	
2	Água de uma residência abastecida por um poço artesiano.	
3	Água de um córrego do mesmo bairro de coleta da amostra 2.	
4	Água da nascente de um sítio de um bairro periférico.	
5	Água de manancial a Sul da cidade.	
6	Água de manancial no Centro.	
7	Água de uma casa abastecida a Noroeste da cidade.	
8	Água da caixa de gordura de uma casa próxima à escola.	
9	Água de uma residência ao Sul da cidade.	
10	Água mineral.	
11	Água destilada.	

Fonte: autora

Tabela 4: Resultados da análise da cor, dos parâmetros químicos e microbiológicos para utilização em contextos de aulas remotas

Amostra	Local de coleta	Cor	Fosfato	Oxigênio	Amônia	Nitrato	Nitrito	pH	<i>E. coli</i>	Coliformes totais
1	Macrozona Urbana da Rocinha	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.25 mg/L	0.10 mg/L	0.0 mg/L	6	ausente	ausente
2	Macrozona Urbana de Chapada e Boa Esperança	Transparente	0.0 mg/L	9.0 mg/L	0.10 mg/L	0.30 mg/L	0.0 mg/L	6	ausente	presente
3	Macrozona Urbana de Chapada e Boa Esperança	Levemente turva	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.50 mg/L	2.5 mg/L	0.05 mg/L	8	presente	presente
4	Macrozona Urbana do Engenho	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.50 mg/L	1.0 mg/L	0.0 mg/L	6	ausente	ausente
5	Macrozona Urbana da Sede Municipal	Levemente turva	0.75 mg/L	6.0 mg/L	2.0 mg/L	0.30 mg/L	0.05 mg/L	8	presente	presente
6	Macrozona Urbana da Sede Municipal	Levemente turva	0.0 mg/L	7.0 mg/L	3.0 mg/L	0.10 mg/L	0.0 mg/L	8	presente	presente
7	Macrozona Urbana da Sede Municipal	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.25 mg/L	1.0 mg/L	0.0 mg/L	7	ausente	presente
8	Macrozona Urbana da Rocinha	Turva	3.0 mg/L	6.0 mg/L	0.50 mg/L	0.10 mg/L	0.0 mg/L	4	presente	ausente
9	Macrozona Urbana da Sede Municipal	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.2 mg/L	0.10 mg/L	0.0 mg/L	6	ausente	ausente
10	Controle água mineral	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	0.0 mg/L	0.10 mg/L	0.0 mg/L	9	ausente	ausente
11	Controle água destilada	Transparente	0.0 mg/L	8.0 mg/L	1.0 mg/L	0.30 mg/L	0.025 mg/L	6	ausente	ausente

Fonte: autora

Para iniciar as discussões nessa segunda atividade, em qualquer um dos contextos, o professor pode explorar a coloração das amostras. A partir da observação de suas tonalidades, é possível promover um debate com os estudantes. Durante o desenrolar das discussões, pode-se destacar e contextualizar que as alterações de cor provenientes de fontes naturais não conferem riscos diretos à saúde humana (VON SPERLING, 2005). No entanto, a sua variação pode levar a população a realizar indagações sobre a real qualidade da água, como acontece frequentemente em alguns bairros da cidade de Itabira.

Essa etapa da sequência está diretamente relacionada com a abordagem do ensino investigativo. Ela tenta aproximar os alunos do fazer científico, levando-os a se envolverem em atividades experimentais e promoverem discussões sobre a qualidade da água em diferentes pontos da cidade. Os estudantes aprendem mais sobre ciências e assimilam melhor conceitos quando participam de investigações científicas que se aproximam daquelas desenvolvidas por cientistas em laboratórios (AZEVEDO, 2004). Importante demarcar que atividades investigativas vão além de procedimentos de verificação, manipulação de materiais laboratoriais e experimentações. Atividades investigativas devem motivar os alunos e estimulá-los a reflexão, discussão, promoção de explicações e relatos (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015; AZEVEDO, 2004).

Essa atividade motiva os alunos, já que ela traz como contextualizador um problema cotidiano e por ser uma proposta que partiu dos próprio questionamentos dos estudantes. Ela estimula a reflexão porque leva o aluno a pensar nas questões ambientais que envolvem os corpos de água, o problema de sua escassez e abastecimento, além de estimulá-los a buscar conhecimento sobre a qualidade e potabilidade da água para consumo humano. A investigação do problema pode promover discussões onde os alunos se posicionam, explicam e fundamentam explicações. Durante as discussões, os estudantes têm oportunidades de conectar conhecimento de mundo e conhecimento científico.

Para que uma atividade atenda as premissas do ensino investigativo, ela deve propor aos alunos um trabalho com atributos de uma investigação científica. Dentre esses atributos, o aluno deve se envolver efetivamente em ações que promovam mais que a observação de procedimentos experimentais. A sequência de ensino investigativo proposta nessa pesquisa não leva somente os alunos a reflexão sobre a temática da água ou a observação e manipulação de materiais de laboratório. Ela, além de colocá-los como promotores no processo de ensino e aprendizagem, promove também o posicionamento crítico sobre um problema enfrentado há anos pela cidade em questão. A partir das

discussões e das atividades experimentais desenvolvidas pelos estudantes, ou a partir dos resultados dos testes já realizados, eles poderão propor explicações de maneira ativa e autônoma.

O ensino investigativo também oferece condições para que os estudantes entendam o funcionamento das ciências (BAPTISTA, 2010). Essa atividade gera condições para que eles tenham contato com passos seguidos por cientistas para responderem questões sobre o mundo. Cientistas observam, levantam hipóteses, investigam, testam e compartilham resultados com a comunidade científica. Nessa segunda etapa da sequência de ensino, claramente se identifica o levantamento de hipóteses, bem como suas testagens e a realização de discussões a partir de um problema. Na maior parte da atividade, os alunos atuam como personagens principais do processo de ensino e aprendizagem, participando de maneira efetiva em todas as tarefas propostas.

As atividades investigativas propostas na sequência fruto dessa pesquisa, direcionadas pelo professor, são apresentadas de maneira que os estudantes vejam sentindo e consigam entender o porquê de estarem investigando os fenômenos que lhes são apresentados (AZEVEDO, 2004). Nesse momento dessa sequência, os alunos se envolvem com o problema ambiental da água e entendem as características que a tornam própria para o consumo humano. Parte do entendimento e envolvimento do aluno é resultado da atuação do professor que faz mais do que repassar a matéria. Ele deve ser questionador, argumentador, condutor de questionamentos e propor desafios aos estudantes.

Na proposta inicial, foi prevista uma aula para o desenvolvimento dessa segunda etapa. No entanto, ao desenvolver os testes, senti a necessidade de ampliar esse número para a consolidação dos ensaios pelos alunos. Cabe aos professores adaptarem a proposta a realidade de sua escola, de seus alunos e do número de aulas que têm disponível. Os resultados obtidos nesse momento de desenvolvimento da sequência de ensino são base para o tratamento de dados e elaboração de um laudo conclusivo que é outra premissa do ensino investigativo contemplada na próxima etapa.

6.2.3 - Atividade 3 - Interpretando os dados, contrastando com a literatura e elaborando um relatório de avaliação da qualidade da água (2 aulas de 50 minutos)

No contexto presencial, de posse dos dados obtidos na aula anterior, os alunos vão interpretar os resultados estabelecendo uma comparação com os valores referência de

potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Em seguida, farão cálculos para a interpretação dos resultados dos testes de toxicidade com as sementes de alface. É recomendável que essa etapa seja desenvolvida com participação do professor de matemática. Após 5 dias da montagem dos ensaios, os alunos contam o número de sementes germinadas (R_{SG}) e medem o comprimento das raízes (L_R). A partir destes dados, calculam a porcentagem relativa de germinação das sementes (RSG) e a porcentagem relativa do comprimento das raízes (RRG). Depois, utilizam esses dados para determinação do índice de germinação (GI) conforme fórmulas estabelecidas na metodologia (BELO, 2011). Cada grupo calcula o (GI) de sua amostra e faz a classificação de acordo com a Tabela 2, adaptada do trabalho da mesma autora, apresentada também na metodologia. O professor pode estabelecer uma tabela geral no quadro com os dados dos grupos, para que a turma tenha acesso a todos os resultados. É importante que também seja medido o tamanho do corpo da plântula, pois esses dados integram a composição do relatório final.

Com todas essas informações, os estudantes elaboram um relatório sobre a potabilidade e toxicidade das amostras. Nesse relatório, eles são incentivados a apresentar os dados na forma de tabelas e gráficos. Esse é o momento em que os alunos podem confirmar ou descartar as hipóteses levantadas, discutir resultados, além de analisar dados cruciais para a tomada de decisão a respeito da qualidade das amostras de água.

Em contextos em que não for possível o desenvolvimento dos testes, o professor retoma os métodos e os resultados das análises de potabilidade já desenvolvidos. Com os alunos divididos em grupos, ele explica o método de bioindicação e como estes testes foram realizados. Então, os estudantes recebem outra tabela (Tabela 5) com valores já calculados que indicam a porcentagem relativa de germinação das sementes (RSG) e a porcentagem relativa do comprimento das raízes (RRG). A partir desses dados, eles fazem os cálculos do (GI) e classificam cada uma das amostras de acordo com a tabela 2, apresentada na metodologia. Deve ser destacado aos alunos que, durante a realização dos testes, foram utilizados dois controles: água mineral e água destilada. Sendo assim, eles farão dois cálculos.

Tabela 5 - Análise de cálculo de índice de germinação (IG) e classificação das amostras quanto fitotoxicidade

Amostra	Local de coleta	RSG (%) - Água mineral	RSG (%) - Água destilada	RRG (%) - Água mineral	RRG (%) - Água destilada	Média de desenvolvimento da plântula	Índice de germinação (GI) Água mineral	Índice de germinação (GI) Água destilada	Classificação das amostras quanto a fitotoxicidade
1	Macrozona Urbana da Rocinha	127,588757 4	111,0446938	82,2222222	100	0,753632			
2	Macrozona Urbana de Chapada e Boa Esperança	110,380004 6	96,06734999	84,44444447	102,702702 8	0,639358			
3	Macrozona Urbana de Chapada e Boa Esperança	92,8254437 9	80,78903801	82,2222222	100	0,227991			
4	Macrozona Urbana do Engenho	81,9773175 5	71,3475568	84,44444447	102,702702 8	0,707265			
5	Macrozona Urbana da Sede Municipal	112,161876 6	97,61817176	86,66666667	105,405405 4	0,732692			
6	Macrozona Urbana da Sede Municipal	130,860805 9	113,8924652	77,7777778	94,5945946 5	0,788413			
7	Macrozona Urbana da Sede Municipal	93,7869822 5	81,62589663	91,11111113	105,405405 4	0,783077			
8	Macrozona Urbana da Rocinha	151,056635 7	131,4695604	82,2222222	100	1,34595			
9	Macrozona Urbana da Sede Municipal	88,5531135 5	77,07068843	86,66666667	105,405405 4	0,745714			
10	Controle água mineral	Controle				0,953333			
11	Controle água destilada	Controle				0,684762			

Fonte: autora

No contexto de ensino remoto, cinco dias após a montagem dos ensaios de toxicidade, o professor conta o número de sementes germinadas (R_{SG}) e mede o comprimento dessas raízes (L_R). Depois, calcula a porcentagem relativa de germinação das sementes (RSG) e a porcentagem relativa do comprimento das raízes (RRG). A partir destes dados, ele monta uma nova tabela e a disponibiliza para os alunos calcularem o GI das amostras, conforme fórmulas estabelecidas na metodologia deste trabalho de acordo com Belo (2011). Cada grupo calcula o GI de todas as amostras e realiza a classificação delas seguindo a Tabela 2 apresentada na metodologia. O professor também pode estabelecer a média do tamanho do corpo da plântula e incluir esses dados na tabela de trabalho dos alunos.

A porcentagem das sementes germinadas e do crescimento relativo da raiz são anteriormente calculadas pelo professor na proposta para o ensino remoto. No momento da reunião de apresentação dos resultados, ele também apresenta as placas com as sementes e pode enriquecer a aula *online* com uma exposição das fotos dos experimentos. Após esse momento inicial, as orientações e os dados da tabela que será completada pelos alunos são liberadas no *google classroom*. Após as explicações, os alunos se dirigem em grupos para salas adjacentes e contrastam os resultados do desenvolvimento das sementes e da análise de potabilidade de sua respectiva amostra, fundamentando com a legislação vigente (Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021). Enquanto discutem os resultados, elaboram um relatório que deve ser enviado por essa mesma plataforma.

Uma vez que os dados foram obtidos, é crucial que eles sejam analisados pelos alunos para obtenção de informações que respondam a questão-problema. Uma proposta de aula com fundamentação na perspectiva do ensino investigativo deve oferecer aos estudantes a capacidade de tratar resultados e organizar laudos conclusivos sobre o trabalho desenvolvido (CARVALHO, 2013). Nessa etapa de grande relevância, os alunos mobilizam conceitos para elaborar explicações para os dados obtidos e para construir novos conhecimentos. Para isso são necessários conhecimentos matemáticos e científicos. Esse processo pode colocar os estudantes em contato com a perspectiva do trabalho que é desenvolvido no âmbito das ciências (CARVALHO, 2018).

Esse terceiro momento da sequência permite que os alunos construam gráficos e tabelas, utilizem equações e confrontem suas hipóteses. É esperado que esse seja o momento em que os alunos tenham mais dificuldade, por isso a proposta de um trabalho interdisciplinar com o professor de matemática. Caso necessário, pode-se estabelecer um número maior de aulas para o desenvolvimento das atividades dessa etapa, sempre

esclarecendo aos alunos que a matemática, no tratamento de dados, é de extrema importância para execução de trabalho científico.

Dependendo da realidade da turma em que a sequência de ensino esteja sendo desenvolvida, a realização dos cálculos e das medidas pode se tornar uma tarefa muito complexa para os alunos. Portanto, uma alternativa mais simples para o experimento envolvendo a germinação das sementes pode ser a observação de alterações morfológicas nas plântulas. Por exemplo, o desenvolvimento, ou não, de pelos radiculares. Os pelos podem ser observados a olho nu após três dias de germinação ou com auxílio de uma lupa de mão. O professor pode estabelecer um controle e, a partir dele, os estudantes desenvolvem um trabalho comparativo entre o número de sementes germinadas, o crescimento do embrião e a quantidade ou características dos pelos radiculares. Ele pode utilizar amostras de um local com água limpa, de um local levemente impactado e de um local muito poluído.

Para verificar essa possibilidade, a professora pesquisadora realizou um novo teste com 3 amostras (Figuras 23, 24 e 25). Eles foram realizados com amostras de água do ponto de coleta 4 (água potável), do ponto de coleta 3 (poluição moderada) e do ponto de coleta 8 (água coletada na caixa de gordura). Na análise preliminar foi verificada a possibilidade de identificação da diferença entre a quantidade de pelos das plântulas umedecidas com amostras de água poluídas daquelas que foram umedecidas com água que atende padrões de potabilidade.

Figura 23 - Desenvolvimento de pelos na raiz de plântulas de alface umedecidas com amostras de água coletadas no ponto 4



Fonte: autora

Figura 24 - Desenvolvimento de pelos na raiz de plântulas de alface umedecidas com amostras de água coletadas no ponto 3



Fonte: autora.

Figura 25 - Desenvolvimento de pelos na raiz de plântulas de alface umedecidas com amostras de água coletadas no ponto 8



Fonte: autora.

A proposta de atividade apresentada estimula atuações ativas por parte dos alunos. Diante do desenvolvimento das tarefas, eles são conduzidos a desenvolver argumentações e interpretações da questão ambiental da água. Durante as discussões, os estudantes são capazes de expor pensamentos e ideias de acordo com os diferentes argumentos surgidos nas conversas nos grupos. No desenrolar dessa etapa de interpretação dos resultados, surgem oportunidades de o professor explorar dados obtidos pelos alunos ou pelos testes já realizados, não expondo a matéria, mas provocando-os com questionamentos que os instigam e ajudam a manter a coerência de pensamentos. A promoção de reflexões faz com que essa etapa da sequência proporcione aos estudantes uma estratégia de trabalho colaborativo onde eles conversam e todos os posicionamentos e participações são respeitadas, sem julgamento da existência de certo ou errado, ou ainda de um resultado previsto que seja o correto.

O grau de liberdade intelectual oferecido aos alunos nessa terceira etapa do trabalho permite uma ação autônoma deles na análise e sistematização dos dados. Quando buscam explicações sobre os fenômenos estudados, são capazes de construir conhecimentos. No momento da elaboração do relatório, eles confrontam os dados obtidos com a Portaria GM/MS Nº 888 de 4 de maio de 2021 e com outros materiais. O trabalho dessa atividade da sequência incentiva os alunos a pensarem sobre os riscos que a utilização da água sem tratamento pode oferecer a saúde, bem como a identificarem fontes de contaminação e de poluição dos corpos d'água.

Neste contexto, o aluno tem oportunidade de contato com o fazer científico e de compreender a influência das ciências no seu dia a dia e da sociedade como um todo. Além disso, entender, criticar e questionar suas consequências para o meio ambiente. A aplicação dessa sequência de ensino permite que os estudantes discutam a temática da água e como esse e outros temas das ciências se fazem cada vez presentes em nossas vidas. Portanto, pode-se dizer que ela apresenta também características da alfabetização científica.

Além das premissas do ensino investigativo, essa e as demais etapas propostas na sequência também atendem as premissas da abordagem CTS. Os dados obtidos nos testes podem embasar discussões que levem os alunos a refletirem sobre a qualidade da água e a importância das políticas públicas para a resolução de problemas ambientais na cidade de Itabira. Nesta etapa, espera-se que os alunos, além de agirem com autodeterminação, opinem criticamente sobre o problema da água no município. Para isso, podem usar seus conhecimentos de mundo e aqueles presentes nas bibliografias consultadas durante a

elaboração do relatório em grupo.

O relatório elaborado também pode ser um instrumento de avaliação formativa que indique para o professor como o aluno está aprendendo. Durante todo o desenvolvimento das atividades, os estudantes são avaliados de modo processual e atitudinal. É importante demarcar que avaliações processuais e atitudinais não são tão corriqueiras nas estratégias de ensino tradicionais, no entanto, são extremamente relevantes para o ensino por investigação, por serem parte integrante dele (CARVALHO, 2013). Na sequência, podem ser considerados os momentos de discussões coletivas (ex., postura do aluno em relação às opiniões dos colegas), de execução dos experimentos (ex., comprometimento e envolvimento com a coleta de dados) e de produção dos materiais de divulgação na etapa 4.

De acordo com Carvalho (2013), na maioria das propostas de ensino investigativo, é necessário oferecer aos alunos mais do que um ambiente de aprendizagem que explore somente conteúdo e a contextualização social dos mesmos. Sendo assim, faz-se necessário o planejamento de atividades que podem ser estruturadas com diversos tipos de materiais didáticos, como por exemplo, figuras recortadas de revistas, jogos, pequenos vídeos ou simulações disponíveis na internet. O primordial é que os conteúdos desses materiais sejam aplicações interessantes do que foi estudado. Considerando essa assertiva e a modalidade de avaliação processual, foi proposta a próxima etapa da sequência. Nela, é sugerido que os próprios alunos criem materiais de sistematização sobre o problema da oferta de água e sua qualidade. A intenção é que os materiais criados sejam utilizados para socialização do conhecimento gerado e a divulgação do trabalho desenvolvido. Esses materiais, além de conscientizar a comunidade escolar sobre o problema da água, podem ter aplicações em uma futura sequência de ensino ou em outras propostas que visam promover a aprendizagem estudantil.

6.2.4 - Atividade 4 - Apresentando os relatórios, socializando os conhecimentos gerados e concluindo as atividades (3 aulas de de 50 minutos)

Esse é o momento de apresentação dos resultados dos relatórios elaborados na etapa anterior para a turma. A intenção é que ocorram discussões entre os alunos mediadas pelo professor. No contexto presencial, cada grupo pode apresentar os resultados da(s) amostra(s) analisada(s). Após as apresentações, o professor promove uma discussão com toda a classe visando obter uma decisão coletiva sobre a qualidade das amostras. No

contexto em que não for possível desenvolver os testes, ou no contexto de aulas remotas, o professor pode sortear um grupo para apresentar seus resultados que serão base de uma discussão conjunta com todos da sala.

Independente do contexto, em ambas as situações, essa etapa caracteriza o momento de conclusão sobre o problema proposto na etapa 1. Nela, os alunos são capazes de tomar uma decisão coletiva sobre a qualidade da água das amostras e estabelecer uma inter-relação entre os locais de coleta, o plano diretor da cidade e as políticas públicas que buscam solucionar o problema da água em Itabira. Nesse momento, as intervenções do professor visando sistematizar as informações sobre os testes realizados e a associação do significado dos resultados obtidos são primordiais. As discussões poderão servir para a validação (ou não) das hipóteses inicialmente propostas.

Após a discussão dos resultados, inicia-se a etapa de socialização do que foi aprendido. Os alunos, com auxílio do professor de língua portuguesa e de biologia, elaboram infográficos, quadrinhos, podcasts, posts em rede sociais ou produzem vídeos de animação sistematizando as atividades desenvolvidas. Como sugestão de aplicativos para as produções, os alunos podem utilizar o *Powtoon* (<https://www.powtoon.com/>) e o Canva (<https://www.canva.com>) para produções de animações, ou aplicativos de celulares como o Cômica (<https://play.google.com/store/apps/details?id=gr.gamebrain.comica>) para elaboração dos quadrinhos ou, ainda, o aplicativo *Spreaker* para gravação de podcasts (<https://www.spreaker.com/podcast-recording>). O acesso a estes aplicativos é gratuito. Orientações básicas e tutoriais sobre essas ferramentas podem ser ofertados aos alunos, caso necessário. Tais orientações estão disponibilizadas ao professor interessado nas referências do produto educacional deste projeto. Segundo Carvalho (2013) a cultura científica também é composta da divulgação de ideias. Elas podem ocorrer por meio de interações orais, verbais e entre pessoas. Também pode ser divulgada por meio de materiais digitais, como sugerido nessa etapa. Quaisquer que sejam as formas de apresentação dos materiais, a divulgação do que é realizado é de grande relevância no campo das ciências (CARVALHO, 2013).

Nas aulas remotas, o professor pode orientar os estudantes sobre a utilização das ferramentas através do compartilhamento de tela. No contexto presencial, as orientações podem ser repassadas aos estudantes através de comandos coletivos na sala de informática ou pelo datashow. Vale pontuar que são apenas sugestões, podendo o professor fazer adaptações e utilizar quaisquer outras ferramentas que tenha mais familiaridade para o

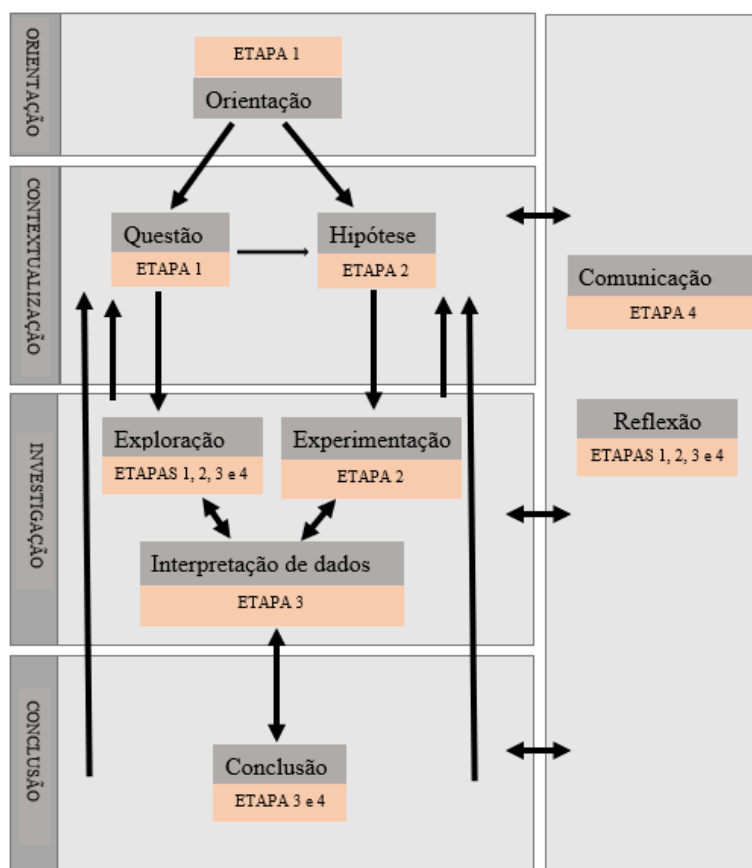
desenvolvimento dessa proposta.

Nas produções dos materiais, é possível que, inicialmente, os alunos apresentem um pouco de dificuldades com as ferramentas digitais. Novamente, se considerar necessário, o professor pode estabelecer um número maior do que três aulas para consolidação da proposta. Outro desafio que vale a pena enfatizar se relaciona com a estrutura física de algumas instituições de ensino. Muitas escolas não possuem um laboratório de informática ou internet. Uma alternativa seria o uso dos celulares dos próprios alunos para as produções digitais. A maioria deles conta com celular com acesso a rede móvel de dados. Se caso a criação de materiais digitais for inviável, o professor poderá sugerir a produção de materiais manuais. Nesse caso, pode estabelecer uma interdisciplinaridade com conteúdos de arte e os alunos podem desenvolver desenhos livres.

De acordo com Carvalho (2013), é dever do professor, como integrante mais experiente do grupo, conduzir o aluno da linguagem cotidiana para a linguagem científica, considerando as especificidades das diferentes disciplinas e suas conexões. Na terceira e nessa quarta etapa da sequência de ensino é oferecido aos alunos oportunidades de trabalhos interdisciplinares. Na maior parte da proposta, há a inter-relação com outras disciplinas do currículo e a proposição de discussões na qual os estudantes se posicionam com autonomia. Esses momentos discursivos perduram por toda a atividade, sendo os discursos coletivos mais evidenciados nas etapas 1 e 4.

Também são estes momentos discursivos que identificam fases do ciclo investigativo proposto Pedaste *et.al* (2015) a qual também fundamenta a confecção da sequência de ensino descrita nessa seção. Na etapa 1 é caracterizado o momento de orientação dos trabalhos pelo professor. Ainda é nessa primeira atividade que é apresentada a questão problema e ocorre a contextualização do tema. A questão problema introduz o momento de levantamento de hipóteses evidenciado na etapa 2 da SEI. O levantamento de hipóteses e a exploração da questão problema são o ponto de partida das experimentações, fonte dos dados que são produzidos e interpretados durante a fase de investigação. Durante toda a execução das tarefas os alunos comunicam achados e opiniões, discutem e refletem sobre a temática da água. E, no fim, concluem os trabalhos com a elaboração do relatório final (Figura 26).

Figura 26 - Caracterização dos elementos SEI segundo Ciclo Investigativo proposto por Pedaste *et.al* (2015)



Fonte: adaptado de Scarpa e Campos (2018)

Conforme a caracterização expressa na figura 26 a SEI apresentada nessa seção contempla todas as etapas proposta no Ciclo Investigativo proposto por Pedaste *et.al* (2015). Dependendo da forma como as atividades forem conduzidas pelos professores que as utilizarem, podem ser geradas muitas oportunidades de aprendizagem aos alunos. Para caracterização e discussão dessas oportunidades, será apresentada, na seção seguinte, uma avaliação da proposta por meio da ferramenta Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação - DEEnCI, desenvolvida e validada por Cardoso e Scarpa (2018).

6.3 - Caracterização da sequência de ensino de acordo com a ferramenta de Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação - DEEnCI

Com o intuito de responder ao terceiro objetivo desse trabalho, foi utilizada a ferramenta de Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI) estabelecida por Cardoso e Scarpa (2018). Nessa análise da sequência didática,

foram aplicados os 26 elementos apresentados no Quadro 7 referentes aos 5 temas (Quadro 3) propostos pelas autoras. Os resultados estão apresentados a seguir.

Quadro 7 – Análise da proposta da sequência de ensino de acordo com a ferramenta DEEnCI

Tema	Elemento	Avaliação			
		P	A	NA	
A. Introdução a investigação	A1 - O professor estimula o interesse dos alunos sobre um tópico de investigação?	X			
B. Apoio à investigação dos alunos	B1. Problema/ questão	B1.1 - Há a definição de problema e/ ou questão de investigação?	X		
		B1.2 - O professor envolve os alunos na definição do problema e/ou questão de investigação?		X	
	B2. Hipótese/ previsão	B2.1 - Há a definição de hipótese e/ou previsão para a investigação?	X		
		B2.2 - O professor envolve os alunos na definição de hipótese e/ou previsão?	X		
		B2.3 - O professor envolve os alunos na justificação da hipótese e/ ou previsão definida?	X		
	B3. Planejamento o	B3.1 - Há a definição de procedimentos de investigação?	X		
		B3.2 - O professor envolve os alunos na definição dos procedimentos de investigação?		X	
		B3.3 - Os procedimentos de investigação definidos são apropriados ao problema e/ou questão?	X		
	B4. Coleta de dados	B4.1 - Há a coleta de dados durante a investigação?	X		
		B4.2 - O professor envolve os alunos na coleta dados?	X		
B4.3 - O professor ajuda os alunos a manter notas e registros de dados?		X			
B4.4 - O professor encoraja os alunos a checar os dados?		X			
B4.5 - Os dados coletados permitem o teste da hipótese e/ou previsão?		X			
C. Guia as análises e conclusões	C1- O professor encoraja os alunos a analisar os dados coletados?	X			
	C2 - O professor encoraja os alunos a elaborar conclusões?	X			
	C3- O professor encoraja os alunos a justificar as suas conclusões com base em conhecimentos científicos?	X			
	C4 -O professor encoraja os alunos a verificar se as suas conclusões estão consistentes com os resultados?	X			
	C5 - O professor encoraja os alunos a comparar as suas conclusões com a hipótese e/ou previsão?	X			
	C6 - O professor encoraja os alunos a considerar as suas conclusões em relação ao problema e/ou questão de investigação?	X			
	C7 - O professor encoraja os alunos a refletir sobre a investigação como um todo?	X			
D. Incentivo à comunicação e ao trabalho em grupo	D1 - O professor encoraja os alunos a trabalhar de forma colaborativa em grupo?	X			
	D2 - O professor encoraja os alunos a relatar o seu trabalho?	X			
	D3 - O professor encoraja os alunos a se posicionar frente aos relatos dos colegas sobre a investigação?	X			
E. Estágios futuros à investigação	E1 - O professor encoraja os alunos a aplicar o conhecimento adquirido em novas situações?	X			
	E2 - O professor encoraja os alunos a identificar ou elaborar mais problemas e/ou questões a partir da investigação?	X			

P (presente), A (ausente), NA (Não se aplica). Fonte: adaptado de Cardoso e Scarpa (2018)

A partir de uma primeira observação do quadro 5, é possível detectar que 24 dos 26 elementos estabelecidos na ferramenta DEEnCI foram contemplados durante o desenvolvimento da sequência de ensino que avalia a potabilidade e a toxicidade de amostras de água de diferentes locais da cidade de Itabira. Esse resultado evidencia que a proposta de sequência de ensino elaborada nessa pesquisa vai de encontro às características de ensino investigativo. Tais características são discutidas a seguir a partir das análises dos temas e elementos presentes na ferramenta de análise DEEnCI.

A única categoria que compõe o tema A (O professor estimula o interesse dos alunos sobre um tópico de investigação) pode emergir desde a etapa 1 da sequência de ensino até a etapa 4. Em todas elas, o professor, como mediador, estimula o interesse dos alunos. Isso fica evidente nas atividades de leitura das reportagens propostas, nas atividades experimentais, na análise de dados e na sistematização do conteúdo trabalhado. O professor inicia as atividades já estimulando o interesse dos alunos a partir de publicações que são de um site local que eles próprios acessam frequentemente, para despertar o entusiasmo dos estudantes. Além disso, na etapa 2, eles são envolvidos em atividades experimentais. Em minha experiência docente, percebo o quanto os alunos gostam, se interessam e apreciam atividades laboratoriais. Esse fato se torna um ponto positivo para o sucesso da sequência já que pode despertar a curiosidade e a participação. O contexto da utilização de ferramentas digitais também se caracteriza como uma boa estratégia de envolvimento dos alunos no tópico de investigação, já que eles fazem parte da chamada geração dos “nativos digitais”. Aliar tecnologia digital ao processo de ensino e aprendizagem faz com que os estudantes se envolvam ainda mais com as atividades propostas. Vale ainda destacar que são os próprios estudantes que levam os questionamentos sobre a qualidade da água para as escolas. De certa forma, a experiência vivida por alguns ou por algum familiar também repercute no interesse deles pelo assunto.

O tema B é composto de quatro elementos que se referem ao apoio à investigação dos alunos. Ele compõe-se de 13 subdivisões e, na caracterização dessas, apenas dois elementos (B1.2 e B3.2) foram classificados como ausentes. O elemento B1 agrega as subdivisões B1.1 e B1.2, ambas se relacionam com a primeira etapa da sequência de ensino proposta, quando há definição do problema/questão. Nessa etapa, é apresentado aos alunos a definição do problema e a questão problematizadora. Somente o elemento B1.1 pode ser identificado na proposta, pois há definição de problema e/ou questão de investigação, no entanto a definição dessa questão não envolveu a participação dos alunos.

A definição do problema/questão pelos estudantes exige que o professor estabeleça um maior grau de liberdade intelectual para os alunos. É necessário que eles estejam acostumados a trabalhar com o ensino por investigação para que tenham prudência na escolha do problema/questão (CARVALHO, 2018). A estratégia com maior grau de liberdade intelectual não se aplicou a sequência proposta, porque, na realidade dos alunos para o qual ela foi pensada, o contato com o ensino por investigação ainda é discreto e eles ainda não apresentam a experiência necessária para definição da questão/problema. Além disso, de acordo com Carvalho (2018), um dos pilares para a liberdade intelectual do estudante é a interação professor e aluno. Essa se torna mais difícil uma vez que a grande maioria dos professores de ensino médio trabalha com turmas cheias e com número reduzido de aulas semanais. Nessas circunstâncias, eles acabam tendo poucas oportunidades de conhecerem seus alunos. Ressalto, ainda, que a pandemia da COVID -19 também pode ser considerada um fator dificultador das interações professor e aluno.

A sequência de ensino proposta atende a todas as subdivisões do elemento B2 (Hipótese/previsão). Nela, ocorre a definição de hipóteses pelos alunos, mais especificamente na etapa 2, que são ancoradas pelas suposições estabelecidas sobre os métodos utilizados para avaliação da qualidade da água das amostras na etapa 1. Todas essas hipóteses e/ou previsões são definidas pelos próprios alunos, a partir do conhecimento dos pontos de coleta e de suas características. Essas hipóteses/previsões fundamentam todo o trabalho. A sequência de ensino foi estruturada e pensada de maneira que se torne uma ferramenta de aprendizagem, na qual o professor atue como promotor de interações discursivas e haja de modo a fazer perguntas e questionamentos com referência as informações trazidas pelos próprios alunos.

Durante as discussões, é de extrema importância que o professor se atente ao que os alunos falam. É dessa forma que ele percebe os conhecimentos dos estudantes sobre o assunto da sequência. Muito do conhecimento de mundo que os alunos levam para a escola precisa ser explorado e confrontado. Como provocador, o professor pode estimular que os alunos aprofundem o que foi compartilhado. Um aluno complementando e respeitando a fala do outro pode ser um fio condutor para uma rica discussão sobre a temática da água na cidade de Itabira. De acordo com Sasseron (2015), a promoção de interações discursivas pode colaborar diretamente para que os alunos coloquem a prova seus pensamentos e, conseqüentemente, desenvolvam liberdade e autonomia intelectual.

Quanto ao planejamento, explorado no elemento B3, pode-se considerar que duas

das três subdivisões que o compõem e integram o tema B foram contempladas na sequência de ensino em questão. Atendendo a subdivisão B3.1, houve definição dos procedimentos investigativos na sequência que podem ser caracterizados pelos dois protocolos empregados anteriormente em trabalhos científicos e pela utilização de testes do kit de potabilidade. Na proposta presencial, cada procedimento é desenvolvido pelos alunos. No caso dos resultados já obtidos, os testes foram executados seguindo os mesmos passos que seriam feitos pelos estudantes. Os ensaios da proposta foram determinados pelo professor, por não haver participação dos alunos na determinação desses procedimentos, a subdivisão B3.2 foi classificada como ausente na sequência de ensino elaborada nessa pesquisa.

A impossibilidade de desenvolvimento dos testes com os alunos em decorrência da pandemia da COVID-19 conduziu a realização dos ensaios pela professora autora dessa pesquisa, como já mencionado. A partir dos procedimentos realizados, foi possível responder às determinações da subdivisão B3.3 do elemento B. Os procedimentos de investigação definidos para essa sequência de ensino são apropriados para que se tenha uma resposta ao problema e/ou questão. Tanto as análises realizadas com o kit potabilidade quanto os testes com as sementes de alface são de simples execução e fáceis de serem interpretados pelos alunos. Eles podem apresentar dificuldades com os cálculos do índice de germinação (GI), entretanto, para amenizar essa questão e oferecer um maior suporte, foi proposto um trabalho interdisciplinar com o professor de matemática e apresentadas alternativas para que o professor possa adaptar a sequência a sua realidade.

Ainda de acordo com o tema B, todas as 5 perguntas referentes às subdivisões do elemento B4 também são atendidas na proposta de sequência de ensino sobre potabilidade e toxicidade de amostras de água de diferentes pontos da cidade de Itabira. Importante destacar que no contexto presencial os alunos podem participar diretamente da coleta de dados. Eles são convidados a desenvolverem os testes e são instigados a fazerem anotações, observações, discussões, gerenciarem a melhor maneira de condução dos experimentos, etc. No ensino remoto, os dados já foram coletados e só serão analisados pelos estudantes. Durante o desenvolvimento dos ensaios pelos alunos e/ou análise dos resultados já obtidos, o professor deve percorrer as bancadas ou salas virtuais, orientando-os quanto a importância das anotações de tudo que acharem pertinente quanto ao desenvolvimento dos testes. Ele deve explicar que essas anotações são de extrema importância para a elaboração do relatório de potabilidade. As atividades propostas não se resumem simplesmente ao desenvolvimento de experimentos pelos estudantes. Elas

respodem às hipóteses levantadas quanto a qualidade da água de cada uma das amostras analisadas na etapa 2.

Após os alunos coletarem os dados e fazerem todas as anotações das observações obtidas na etapa 2, os estudantes partem para o tratamento desses dados na etapa 3 da sequência de ensino. Durante esse momento, seja em qualquer uma das propostas de aplicação (presencial, remota ou em contextos em que não seja possível desenvolver os testes), o professor orienta os alunos na organização dos dados e sua representação, incentivando-os na produção de gráficos e tabelas. Ao orientá-los a trabalhar dessa maneira, ele acaba por encorajá-los na análise de dados coletados, atendendo ao elemento C1 do tema C; guia de conclusões e análises. Esse tema apresenta mais 6 elementos além do citado (C2 a C7). Todos também são caracterizadas como presentes na sequência de ensino proposta. A categoria C2 “O professor encoraja os alunos a elaborar conclusões” pode ser identificada quando os alunos, após analisarem os dados, elaboram um relatório de qualidade da água das amostras analisadas em seus grupos de trabalho. Esta categoria é potencializada quando juntos, em uma discussão coletiva, os alunos tomam uma decisão final a respeito dessas amostras.

A análise da cor e dos parâmetros químicos e microbiológicos das amostras obtidos nos testes fundamentam o relatório de conclusão e são confrontados com dados de documentos que estabelecem limites para qualidade e potabilidade da água (Anexo 1). Dessa forma, os alunos são capazes de justificar suas conclusões de acordo com conhecimentos científicos. Quando os estudantes confrontam os dados desses documentos com aqueles obtidos nas análises das amostras caracterizam como presente o elemento C3 da ferramenta de avaliação. Esse elemento ainda é identificado na análise de toxicidade, uma vez que os dados obtidos são julgados de acordo com uma tabela de classificação adaptada do trabalho científico de Belo (2011). O elemento C4 da ferramenta DEEnCI é evidenciado na elaboração do relatório conclusivo, pois, enquanto a proposta é desenvolvida nos grupos isolados, o professor percorre as bancadas ou as salas virtuais para acompanhar a maneira como os alunos estão dispondo os dados por eles obtidos e, se necessário, faz pequenas intervenções que oriente o trabalho.

O quadro de hipóteses levantadas pelos alunos em relação a qualidade da água das amostras na etapa 2 é retomado novamente na etapa 3. Nesse momento, os alunos confrontam essa tabela com os resultados dos testes e verificam se as hipóteses e/ou previsões estabelecidas concordam com os resultados obtidos. As conclusões dos alunos em relação a potabilidade e qualidade da água das amostras são compiladas no relatório

final, que é apresentado por todos os grupos, sem consideração de “respostas” corretas ou erradas. Todos os relatórios produzidos são considerados. Águas tratadas podem apresentar alterações nos parâmetros químicos ou microbiológicos bem como águas que não recebem nenhum tratamento podem ser potáveis. O importante nesse contexto é que os alunos desenvolvam os testes, se envolvam ativamente nas atividades experimentais, executem trabalhos com autonomia, participem das discussões e reflexões em pequenos grupos ou em conjunto com toda a sala. Quando os estudantes trabalham dessa maneira, pressupostos dos elementos C5 e C6 são atendidos.

O desenvolvimento da sequência de ensino proposta nessa pesquisa atende não somente a pressupostos do ensino investigativo. Compreende-se que com o seu desenvolvimento, o processo de promoção da Alfabetização Científica também seja promovido, pois, os alunos podem se envolver em trabalhos que envolvem além da aprendizagem científica o caráter crítico, racional, objetivo e social (SASSERON, 2015). As atividades, além de promoverem a aprendizagem de conteúdos de biologia, levam os estudantes a refletirem sobre os resultados obtidos de maneira que possam aplicar o que aprenderam em sua atuação cidadã. Portanto, pode-se identificar nessa assertiva o elemento C7 do tema C; o professor encoraja os alunos a refletir sobre a investigação como um todo.

No que se refere aos elementos do tema D (Incentivo à comunicação e ao trabalho em grupo), verifica-se que D1 é identificado em todas as etapas da sequência de ensino proposta. Os alunos desenvolvem as tarefas de forma colaborativa, executando todas elas em grupos de 5 pessoas. Os elementos D2 e D3 se encontram presentes nos momentos em que os alunos apresentam os relatórios produzidos nas discussões coletivas finais. Eles também podem ser identificados nas discussões iniciais ou ainda na etapa 4, quando os alunos executam atividades de sistematização do conteúdo aprendido.

Atividades investigativas de ciências como a proposta apresentada nessa pesquisa oferecem aos alunos mais do que o conhecimento sobre ciências da natureza. Os estudantes podem, a partir delas, desenvolver competências cognitivas para resolução de problemas do seu convívio social (SASSERON, 2015). O desenvolvimento da sequência de ensino sobre potabilidade e toxicidade de amostras de água de diferentes pontos da cidade de Itabira atende também aos dois elementos referentes ao tema E (Estágios futuros à investigação). Após a conclusão da proposta, os estudantes poderão aplicar conhecimentos adquiridos na classificação da água potável, desenvolver habilidades críticas para cobrar de autoridades locais na resolução de problemas relacionados ao

abastecimento de água e poluição de corpos d'água da cidade.

Os resultados da avaliação apresentada segundo a ferramenta DEEnCI e fundamentada pelos argumentos apresentados, permitem afirmar que a sequência de ensino investigativa (SEI) “Análise da potabilidade e da toxicidade de amostras de água da cidade de Itabira (MG)” tem muitos dos pressupostos do ensino investigativo. Em vários momentos da proposta também é visível a associação de princípios da abordagem CTS que podem promover a alfabetização científica. Na perspectiva dessa abordagem, procura-se discutir ciência e tecnologia visando suas interações, resultados e impactos sociais (Siqueira *et.al* 2021). Ela faz inferência a interconexão entre explicação científica, planejamento tecnológico e resolução de problemas (SANTOS; MORTIMER, 2000). Seu entendimento pelo professor é essencial para que os alunos tenham autonomia na tomada de decisões. As tarefas da proposta de sequência de ensino tentam envolver os alunos de forma que possam agir de maneira autônoma no desenvolvimento de experimentações, no tratamento e interpretação de dados e no estabelecimento de um parecer decisivo sobre a qualidade da água das amostras.

Segundo Santos e Mortimer (2001), Ciência, Tecnologia e Sociedade caracteriza-se pela tomada de decisões sobre temas objetivos e de importância social. A temática da água na cidade de Itabira é um assunto delicado e de cunho social. As atividades levam os alunos a estabelecerem uma relação entre o fazer científico, o problema social que envolve os moradores da cidade, a reflexão sobre a preservação dos corpos de água e desperdício, além de colocá-los em posição do exercício da cidadania. Os estudantes participam de tarefas que integram conteúdos previstos no currículo de ensino de ciências da natureza e entram em contato com processos tecnológicos de identificação e classificação da qualidade e potabilidade da água. Dessa forma, espera-se que sejam capazes de integrar e relacionar conhecimentos científicos, tecnologia e contexto social de experiências cotidianas.

Na prática, a abordagem CTS constitui a base para compreensão do desenvolvimento do pensamento crítico (SIQUEIRA *et.al* 2021). Na proposta apresentada na seção anterior, além dos conhecimentos de formação científica, o professor também tem oportunidade de trabalhar aspectos ligados a formação pessoal dos alunos, a exemplo, questões de respeito, cidadania e moral (CARVALHO, 2018). O respeito pode ser evidenciado nos momentos de colocações de opiniões e falas durante as discussões e apresentações. A formação cidadã dos estudantes pode ser identificada no envolvimento deles nos problemas de abastecimento de água potável e na importância,

essencialidade e conservação do composto para continuidade da vida no planeta. As questões morais e éticas se relacionam com o fato da atividade tentar proporcionar o resgate de valores pessoais e da sociedade que buscam identificar atitudes e reflexões que podem preservar ou degradar os corpos d'água e o ambiente como um todo.

A avaliação expressa nessa seção, fundamentada pela ferramenta DEEnCI, evidencia que a proposta de atividade de ensino investigativa tenta colocar o aluno em uma posição diferente de expectador. Espera-se que sua aplicação possa trazer resultados positivos para o processo de ensino e aprendizagem, já que ela incorpora premissas do EnCI, da abordagem CTS e da alfabetização científica. A proposta pode ser interpretada como uma ferramenta que tenta conectar os estudantes a processos que buscam envolvê-los em problemas do dia a dia e paralelamente trabalhar esses problemas de uma maneira que os relacione a aprendizagem de científica.

7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, propõe-se que é possível desenvolver uma SEI que envolva os alunos em situações que os colocam em contato não somente com uma atividade experimental, mas em tarefas que simulam passos de uma investigação científica. Através dela, os estudantes podem levantar e testar hipóteses; trabalhar atividades em grupo; produzir e tratar dados; refletir sobre os resultados bem como comunicá-los a comunidade. Apesar de não ter sido aplicada, a proposta incorpora tarefas que levam os estudantes a refletirem sobre problemas cotidianos que abrangem a cidade de Itabira. Seu desenvolvimento implica a promoção do pensamento crítico do aluno frente a temática da água, a reflexão sobre os problemas de preservação e poluição de corpos d'água, além da observação de problemas de abastecimento, classificação e distribuição da água potável.

A realização dos testes indicados na SEI apresentada nesse trabalho permitiram atestar a viabilidade da metodologia de trabalho sugerida para os alunos. O desenvolvimento dos ensaios evidenciaram que a sua simplicidade e facilidade de interpretação dos resultados a torna uma ferramenta que pode ser integrada aos mais diversos contextos. Uma das principais dificuldades que podem ser encontradas pelos professores relaciona-se aos cálculos que envolvem o tratamento dos dados propostos nas experimentações. O espaço físico também pode se tornar outro dificultador, no entanto, são apresentadas adaptações e sugestões que podem amenizar as dificuldades encontradas

pelos professores que optarem pela ferramenta na complementação de suas aulas.

A sequência de ensino investigativo produto dessa pesquisa tem grande potencial para se tornar um instrumento de auxílio a outros profissionais no ensino de biologia. Isso fica bem demarcado pela análise realizada com a ferramenta de diagnóstico de elementos - DEEnCI, que evidenciou no corpo da SEI tanto premissas do EnCI quanto da abordagem CTS. A utilização desta proposta em aulas pode contribuir para a promoção da alfabetização científica. Ainda há de se considerar que o número de trabalhos publicados recentemente (2016 a 2021) que conectam a temática da água e o ambiente escolar sob viés investigativo é pequeno segundo as buscas realizadas. Esse dado revela a importância de novos trabalhos como o proposto serem desenvolvidos, aplicados, reformulados e publicados.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, M. V. O. DOS, **Sequência didática sobre qualidade da água: condições de produção e uso para o ensino profissional em química**. 139 f. Dissertação (Mestrado em educação) UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/31979>>. Acesso em 25 jul. 2020.

AZEVEDO, Maria. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In CARVALHO, Ana Maria. **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática**. Cengage Learning. 2003. 165 p. (19 a 32). Disponível em: <http://moodle.stoa.usp.br/file.php/1129/Ensino_por_investigacao_problematizando_as_atividades_em_sala_de_aula.pdf>. Acesso em: 20 de maio 2020.

BAPTISTA, M. **Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. 2010. Tese de doutorado, Educação (Didáctica das Ciências), Universidade de Lisboa, Instituto de Educação. Disponível Em: <<https://repositorio.ul.pt/handle/10451/1854>>. Acesso em: 20 de maio 2020.

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 4, n. 1, p. 75-108, Taubaté, 2008. Disponível em: <<https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/116>>. Acesso em: 25 mai. 2021.

BAZZO W. A. *et.al.* Refletindo acerca da ciência, tecnologia e sociedade: enfocando o ensino médio. **Revista Iberoamericana de Educación**, nº44, p. 147-165, 2007. Disponível em: <<https://rieoei.org/historico/documentos/rie44a08.htm>>. Acesso em 02 set. 2021.

BELO, S.R.S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. 79 f. **Dissertação (Mestrado em engenharia)**. Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011. Disponível em: <<https://eg.uc.pt/bitstream/10316/20257/1/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20fitotoxicidade%20atrav%C3%AAs%20de%20Lepidium%20sativum%20no%20%C3%A2mbito%20de%20processos%20de%20compostagem.pdf>>. Acesso em 30 nov. 2021.

BORBA, J.B. **Uma breve retrospectiva do ensino de biologia no Brasil**. 30 f. 2013. Dissertação (Monografia de especialização em educação: métodos e técnicas de ensino) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4689/1/MD_EDUMTE_I_2012_1_2.pdf>. Acesso em 10 de agos. de 2020.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. do R. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART10_Vol6_N1.pdf>. Acesso em 10 agos. 2020.

BOWYER, J. Scientific and Technological Literacy: Education for Change. World Conference on Education for All. Thailand, March 5-9, 1990. Disponível em: <<https://eric.ed.gov/?id=ED344758>>. Acesso em: 10 agos. 2020.

BRASIL, **Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde** - RESOLUÇÃO Nº 510, DE 07 DE ABRIL DE 2016. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>>. Acesso em 04 agos. 2020.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio ambiente**. Resolução CONAMA, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2022.

BRASIL. MEC. **Base Nacional Comum Curricular – BNCC – Ensino médio, versão aprovada em dezembro de 2017**. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_em_baixa_site_110518.pdf>. Acesso em: 10 agos. 2020.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde** - Resolução nº 466/2012. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html>. Acesso em: 04 agos. 2020.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental**. Portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/images/pdf/2015/setembro/30/Portaria-MS-n_518_2004.pdf> Acesso: 30 agos. 2020. Acesso em jun. de 2020.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental**. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Editora do Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso: 10 jan. 2022.

CARDOSO M.J.C.; SCARPA D.L. Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 18, n. 3, p. 1025–1059, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4788/3026>>. Acesso em: Jan. 2022.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**. v. 18, n.3, p.765-794, dez. 2018. Disponível em:<<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852/3040>>. Acesso em: 16 abr.

2020.

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.** São Paulo. Editora: Cengage Learning, 2013. 152 p.

CHASSOT A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação.** nº 21, p. 157-158. III Cumbre Iberoamericana de Rectores de Universidades Públicas, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/?lang=pt>>. Acesso em 20 de out. 2021.

DAL-FARRA, R. A. *et. al.* **O consumo da Água: Práticas Educativas no Ensino médio.** In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. Águas de Lindóia. 24 a 27 de novembro de 2015. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/listaresumos.htm>> Acesso em: 09 mar. 2022.

DEBOER, G. E. Perspectivas históricas sobre ensino investigativo nas escolas. **Science & Technology Education Library**, v. 25, 2006. Springer, Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_2> . Acesso em: 30 agos. 2020.

ENEPIO. Disponível em: Anais Enebio | SBEnBio - Associação Brasileira de Ensino de Biologia Acesso em: 12 fev. 2022.

FIGUEIREDO, G. J. A. *et.al.* Abordagem temática qualidade da água para alunos do ensino médio da cidade de Montadas – Paraíba/Brasil. **Congresso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación.** 2014. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/1012157-Abordagem-da-tematica-qualidade-da-agua-para-alunos-do-ensino-medio-da-cidade-de-montadas-paraiba-brasil.html>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

FRANCO, L. G. *et. al.*. Articulações entre práticas investigativas, conceitos científicos e tomada de decisão: estudando o mico-estrela nos anos iniciais do ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências** v.13, n.3, jan. 2018. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID488/v13_n3_a2018.pdf>. Acesso em: 10 agos. 2020.

HAYASHI, M.C.P. I. *et.al.* **Apropriação social da ciência e da tecnologia contribuições para uma agenda.** Campina grande. 2011. Cap. 1. Disponível: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4788/3026>>. Aceso em: abril 2021.

IBGE - População estimada. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/box_popclock.php>. Acesso em: 22 mai. 2021.

IBGE - **Cidades e estados.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/itabira.html>> Acesso 13 jul.2020.

JANZEN et. al. **Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na Superfície da água**. Eng. sanit. ambient. vol.13, n.3, jul/set 2008, p. 278-283. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/zPPsSPBLC33zvQkVPwQGrjc/?lang=pt>>. Acesso em: 06 nov. 2021.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. EdUSP, 2004.

LIMA, M.E.C.C.; JÚNIOR, O.G.A.; BRAGA, S.A.M. **Aprender ciências – um mundo de materiais**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG. 2004. p. 9 - 16.

MANOEL, L de O. *et al* Avaliação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) como parâmetro de poluição na Bacia Hidrográfica do Córrego Caçula – SP. **Forum ambiental**. v.15, n. 04, 2019. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/2202/2044>. Acesso em mar. 2022.

MARTINS V. J. *et. al*. Aprendizagem baseada em projetos (abpr) na construção de conceitos químicos na potabilidade da água. **Revista Prática Docente**. v.1, n.1, p.1-10, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/13>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

MOREIRA L. C. ; SOUZA G. S. DE O Uso de atividades investigativas como estratégia metodológica no ensino de microbiologia: um relato de experiência com estudantes do ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**. v.11, n. 3, 2016. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID320/v11_n3_a2016.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2015.

MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.** Belo Horizonte, v.17, n. especial, p.115-138, nov. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198321172015000400115&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso: 17 mar. 2020.

MUNFORD, D.; LIMA M. E. C. DE C. E Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.** v.9 , n.1 jan.jun. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172007000100089>. Acesso em: 04 agos. 2020

OLIVEIRA, S. G. S. *et. al*. **Alfabetização científica e tratamento de água: uma proposta de ensino de ciências por investigação** *In*: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. Águas de Lindóia. 24 a 27 de novembro de 2015. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/listaresumos.htm>> Acesso em: 09 mar. 2022.

OLIVO, A. de M.; ISHIKI, H. M. Brasil frente à escassez de água. **Colloquium Humanarum**, v. 11, n.3, p.41-48, set/dez 2014. Disponível em: <<https://revistas.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206/1279>>. Acesso em 09 de jun. 2021.

PALEARI M. L., UIEDA W. **Flora e fauna um dossiê ambiental**. São Paulo: Editora:

Unesp, 2004. p. 50 -52.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. Informe regional sobre avaliação 2000 na região da Américas: água potável e saneamento, estado atual e perspectivas. Washington, D C.: Organização Pan-Americana da Saúde, 2001. **ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE. Água e Saúde. Disponível em:** <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/7512/1/Cap1_Brasil_OPAS_historia_3_dimensoes_Nisia_Trindade_Lima.pdf>. Acesso em 09 de jun. 2021.

PANTOJA, A. L.P.; PORTUGAL, I. C. R. **Prática Inovadoras e aprendizagem sobre o tema “água”.** In: Anais do VII ENEBIO – I EREBIO NORTE. 03 a 06 de setembro de 2018. Universidade Federal do Pará. Disponível em: <<https://www.sbenbio.org.br/anais/anais-vii-encontro-nacional-de-ensino-de-biologia-enebio/>> Acesso em: 09 mar. 2022.

PIMENTA T.S. *et. al.* Vivenciando a atividade investigativa na análise da qualidade da água em um grupo de trabalho diferenciado, 2013. Disponível em: <<https://dspaceprod02.grude.ufmg.br/dspace/handle/RDUFG/866>>. Acesso em 30 abr. 2020.

QUÍMICA NOVA NA ESCOLA, Disponível em: QNEsc - (sbq.org.br). Acesso em: 12 fev. 2022.

REBOUÇAS, A. da C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia Análise & Dados**, v. 13, n. especial, p. 341-345, 2003. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Minicurso/pag_341.pdf>. Acesso em: 25 de mai. 2021.

Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBnBIO). **Políticas Públicas Educacionais - Impactos e Propostas ao Ensino de Biologia VI Enebio e VIII Erebio Regional.** v.9 – 2016. Disponível em:< [Revistas | SBEnBio - Associação Brasileira de Ensino de Biologia](#)>. Acesso em: 12 fev. 2022.

RIBEIRO D. N. C.; ALMEIDA A. C. P. C. **A água para o consumo humano: proposta de produto didático com abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente** In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 03 a 06 de julho de 2017. Disponível em:< <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/listaresumos.htm>> Acesso em: 09 mar. 2022.

ROCHA, P. DE A. **O ensino de química na perspectiva CSTA: analisando a qualidade da água de uma lagoa próxima da escola.** 73 f. 2014. Dissertação (Monografia de especialização ENCI) UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-AMMMN3/1/monografia_patricia.pdf>. Acesso em: 25 jul. de 2020.

SAAE. **Água e esgoto de Itabira.** Disponível em:<<https://www.saeaitabira.com.br/index.php/en/agua-esgoto/eta>>. Acesso: Nov. 2021
SABESP. **Qualidade da água tratada** 2021. Disponível em:

<<https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=40#:~:text=Esse%20fator%20n%C3%A3o%20traz%20riscos,%2C0%20a%209%2C5>>. Acesso: 16 abri. 2022.

SANTOS D. A. *et al.* Evolução CTS à CTSA nos Seminários Ibero-americanos. **Indagatio Didactica**, v.8, n. 1, 2016. Disponível em: <<https://proa.ua.pt/index.php/id/article/view/12321/8131>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

SANTOS, W. L. P. DOS; MORTIMER, E. F.. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em educação em ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/1295/129518326002.pdf>>. Acesso em 10 agos. 2020.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/QHLvwCg6RFVtKMJbwTZLYjD/?lang=pt>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

SASSERON L. H., DUSCHL R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/19>>. Acesso em: jan. 2021.

SASSERON L. H.; CARVALHO A. M. P DE. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246>>. Acesso 15 janei. 2021.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Revista Ensaio**, v.17, n.especial, p. 49-67, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: dez. 2020.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N.F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018. Disponível em: h <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000300025> . Acesso em 10 ago. 2020.

SIQUEIRA, G.C.da *et.al.* CTS e CTSA: em busca de uma diferenciação. *Revista tecnologia, sociedade e ambiente*. v. 17, n. 48, jul./set. 2021. Disponível em:<<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/issue/view/640>>. Acesso em: 07 jul. 2022.

SILVA E. L da. *et al.* Aprendizagem Baseada em Problemas Utilizando a Avaliação da Qualidade da Água para o Ensino dos Conceitos de Teoria Ácido-Base e Soluções. **Rev. Virtual Quim**, v. 13, n. 3, p. 812-821, 2021. Disponível em: <<http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v13n3a18.pdf>>. Acesso 20 de jul. 2021.

SILVA F. A. R. E e. O ensino por investigação e as práticas epistêmicas: referencias para

a análise da dinâmica discursiva da disciplina “projetos em bioquímica”. Encontro nacional de Pesquisa em Ciências – **VII Enpec**. Florianópolis. 2009. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/41537962-O-ensino-por-investigacao-e-as-praticas-epistemicas-referencias-para-a-analise-da-dinamica-discursiva-da-disciplina-projetos-em-bioquimica.html>>. Acesso em: 04 set. 2021.

SILVA, I. M. O professor como mediador. **Cadernos de pedagogia Social**, v. 1, 3, p. 117 - 123, 2007. Disponível em: <<https://revistas.ucp.pt/index.php/cpedagogiasocial/article/view/1918>>. Acesso 20 de jul. 2022.

SILVA, A. M. DA **Projeto Lagoa Paulino: O estudo de suas condições ecológicas através de uma abordagem investigativa**. 113 f. silva. Dissertação (Mestrado em ensino de biologia) UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/31730>>. Acesso em 25 jul. 2020.

SILVA, D. N. C; Almeida A, C. P de **Tomada de decisão na Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente: uma análise no ensino por meio do tema a água para consumo humano**. In: XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 25 a 29 de junho de 2019. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/>> Acesso em: 09 mar. 2022.

SILVA, G.P. do N.; MACEDO G. E. L de. **“Gota em gota a água se esgota”:** Análise de uma proposta de ensino com o tema a água. In: Anais do VII ENEBIO – I EREBIO NORTE. 03 a 06 de setembro de 2018. Universidade Federal do Pará. Disponível em: <<https://www.sbenbio.org.br/anais/anais-vii-encontro-nacional-de-ensino-de-biologia-enebio/>> Acesso em: 09 mar. 2022.

SILVA, J. P. *et. al*, **A utilização da robótica Educacional no Ensino de Ciências: uma sequência didática sobre água e lixo**. In: XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 25 a 29 de junho de 2019. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/>> Acesso em: 09 mar. 2022.

SILVA, M. B.; TRIVELATO S. L. Propiciando o engajamento em práticas epistêmicas da cultura científica: uma proposta de atividade investigativa sobre dinâmica populacional. **Revista da SBEnBio**, n. 9, 2016. VI Enebio e VIII Erebio Regional 3. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/331181012_Propiciando_o_engajamento_em_praticas_epistemicas_da_cultura_cientifica_uma_proposta_de_atividade_investigativa_sobre_dinamica_populacional>. Acesso em: 10 de janei. 2021.

SILVA, M.C.S.; Cruz L.G, **O tema Água no Ensino de Ciências à Luz da PHC**. In: XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 25 a 29 de junho de 2019. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/>> Acesso em: 09 mar. 2022.

SILVA, P. S., MORTIMER, E.F. O projeto água em foco como uma proposta de formação no PIBID. v. 34, n.4, p. 240-247, nov. 2012. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_4/10-PIBID-116-12.pdf>. Acesso em 28 jun. 2020.

SILVA, R. L. J da; STRIEDER R. B., **A falta de água no bairro: educação CTS com alunos de 9º ano do Ensino Fundamental**. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 03 a 06 de julho de 2017. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/listaresumos.htm>> Acesso em: 09 mar. 2022.

SPONHOLZ, S., O professor mediador. **Rev. Jur. e Soc. Da Unipar**, v.6, n. 2, p. 205 - 219. Jul/dez, 2003. Disponível: <<https://revistas.unipar.br/index.php/juridica/article/view/1310>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

SOLINO A. P *et. al.* **Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares**. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF. 26 à 30 de janeiro de 2015. Disponível em: <<https://www.cecimig.fae.ufmg.br/images/SolinoFerrazeSasseron2015.pdf>>. Acesso em 30 mai. 2020.

TEIXEIRA. F. M. alfabetização científica: questões para reflexão. **Ciênc. Educ.**, v. 19, n. 4, p. 795-809, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/cvyYXDxFtjVvMQygWwVTzrF/abstract/?lang=pt>>. Acesso em 20 de out. 2021.

TORTORA, Gerard J. *et al.* **Microbiologia**. 10.ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
TUGOZ J. E.; BERTOLINI G. R. F; BRANDALISE. L.T Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Journal of Environmental Management and Sustainability – JEMS, Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, v. 6, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/4716/471655307004.pdf>>. Acesso em: 21 de mai. 2021.

UMPIERRE, A. B. *et.al*, **Motivos e Ações para o Planejamento da Situação de Estudo Água na perspectiva CTS: Um olhar da Teoria e atividade**. In: XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 25 a 29 de junho de 2019. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/>> Acesso em: 09 mar. 2022.

UNESCO - **conferência rio +20 – UNESCO**. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/rio-20/freshwater/>> . Acesso em 30 mai. 2021.

UNICEF. **2,1 bilhões de pessoas não têm acesso a água potável em casa, e mais do dobro de pessoas não tem acesso a saneamento seguro, 2017**. Comunicados de imprensa, 13 jul. 2017. Disponível em: <<https://www.unicef.org/angola/comunicados-de-imprensa/21-bilh%C3%B5es-de-pessoas-n%C3%A3o-t%C3%A3m-acesso-%C3%A1-gua-pot%C3%A1vel-em-casa-e-mais-do-dobro#:~:text=13%20DE%20JULHO%20DE%202017,um%20novo%20relat%C3%B3rio%20divulgado%20pela>> acesso 17 jul. 2020.

VALENTE, T.L.C. *et al.* **Água: conhecer para ensinar.** *In:* X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. Águas de Lindóia. 24 a 27 de novembro de 2015. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/listaresumos.htm>> Acesso em: 09 mar. 2022.

VIANA L. O. *et al.* Fitotoxicidade de efluente da indústria cervejeira em sementes de *Lactuca sativa* L. **Revista Internacional de Ciências**, v. 07, n. 02, p. 265-275, 2017. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/30072>>. Acesso em: 20 de jul. 2021.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias.** 3. ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, Belo Horizonte, MG, 2005.

YAMAGUCHI M. U. qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **O Mundo da Saúde.** v. 37, n. 3, p.312-320, 2013. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/artigos/mundo_saude/qualidade_microbiologica_agua_consumo_humano.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/epec/v13n3/1983-2117-epec-13-03-00067.pdf>>. Acesso em 17 mar. 2020.

APÊNDICE A**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)****(Estudantes de 15 – 17 anos)****Pesquisa em ambiente presencial****(Em atendimento às Resoluções 466/12 – 510/16 do Conselho Nacional de Saúde /
Ministério da Saúde)****Prezado aluno(a),**

Gostaríamos de convidá-lo(a) e obter o seu consentimento para participar como voluntário(a) do projeto de pesquisa “Análise da potabilidade e da toxicidade de amostras de água da cidade de Itabira (MG) por meio de uma sequência didática investigativa”, desenvolvido pela mestrandia Érica Vitória de Souza e seu orientador Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze. Nesta pesquisa, pretendemos desenvolver uma atividade didática em que você terá a oportunidade de se engajar em práticas que contribuirão para construção do conhecimento científico através da análise de amostras de água de nossa cidade. As atividades estarão relacionadas com as aulas de Biologia. O que nos motivou a desenvolver essa pesquisa foram os recorrentes problemas relacionados à oferta de água potável que há anos nossa cidade enfrenta.

Para participar desta pesquisa, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou não. Você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pela pesquisadora que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.

Ao colaborar com o desenvolvimento dessa pesquisa, não será necessário que você realize nenhuma atividade extra relacionada a ela, todas as atividades serão desenvolvidas dentro da escola. As únicas atividades que serão desenvolvidas pelos alunos serão aquelas propostas pela professora como parte da metodologia usual do ensino biologia como o desenvolvimento de experimentos no laboratório, discussões em grupo, elaboração de relatórios e divulgação dos experimentos na feira ou mostra de ciências da escola. Caso você aceite participar deste projeto, os pesquisadores irão apreciar as atividades e os trabalhos escolares que você elaborou bem como observar a participação da turma nesses momentos. Para isso, serão feitos registros em vídeo e áudio das aulas.

Sua participação no projeto não valerá pontos ou nota. Você não será reprovado ou punido pela professora de Biologia caso se recuse a participar da pesquisa. Os possíveis riscos de sua participação nesta pesquisa são mínimos tais como desconfortos em função de algum dano ou quebra dos materiais de laboratório, incômodo com as gravações em áudio/vídeo e insatisfação durante as apresentações na feira de ciências ou mostra de ciências. Para evitar ou amenizar esses possíveis riscos, todas as atividades desenvolvidas serão diretamente acompanhadas e auxiliadas pela professora de Biologia. Se você se sentir insatisfeito ou cansado poderá pausar a atividade para descanso, solicitar que sua atuação

Rubrica dos participantes

Rubrica dos pesquisadores

1

registrada por áudio e vídeo na atividade não seja apreciada pelos pesquisadores ou interromper a participação sem qualquer penalidade.

Seu nome, os trabalhos, as atividades, os áudios e as imagens registradas serão confidenciais. Ninguém terá acesso a esses dados, a não ser os pesquisadores. Se for comprovado algum dano resultante desta pesquisa, você pode requerer indenização. Esse projeto faz parte do mestrado da professora Érica Vitória de Souza. No momento em que ela for divulgar os resultados dos estudos, a imagem, o áudio ou o trabalho de qualquer estudante participante serão descaracterizados por meio de filtros ou efeitos artísticos computacionais de modo que você não possa ser reconhecido(a). É importante salientar que você, irá participar do desenvolvimento de um material didático pedagógico que proporcionará o fortalecimento de ações de pesquisa e ensino de biologia em instituições públicas de Ensino Básico. Portanto, espera-se que estas ações torne o participante mais consciente no uso racional da água e seja protagonista na compreensão do processo de construção do conhecimento científico. Para qualquer outra informação, você poderá a qualquer momento entrar em contato com a pesquisadora ou com o coordenador do projeto nos seguintes endereços eletrônicos e telefones: erica.victoria@yahoo.com.br (31 985540159) e maronezedm@gmail.com (31 3409-7521).

Informamos ainda que os dados coletados na presente pesquisa (cópias das atividades e trabalhos escolares, áudios e vídeos da turma) serão armazenados na sala 151 do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais e ficarão sob a guarda do coordenador do projeto, Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze, por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; Nº510/16 ambas do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos. Essa pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e registrada com o número CAAE 40770820.9.0000.5149. Este documento foi impresso em duas vias originais iguais e uma delas será entregue a você que é o estudante participante da pesquisa.

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade _____, fui informado(a) dos objetivos da presente pesquisa, de modo claro e detalhado e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá alterar a decisão de participar, se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar dessa pesquisa.

Itabira, _____ de _____ de 20 _____.

Assinatura do(a) menor

Assinatura do orientador da pesquisa

Assinatura da pesquisadora corresponsável

Rubrica dos participantes

Rubrica dos pesquisadores

2

COEP- Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG
Pró-Reitoria de Pesquisa
AV. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha
Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901
Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala: 2005
Telefone: (31) 3409-4592 - E-mail: coep@prpq.ufmg.br
Horário de atendimento: 09:00 às 11:00 / 14:00 às 16:00

Mestranda: Prof^a Érica Vitória de Souza Telefone: (31)98554 - 0159) - E-mail:
erica.victoria@yahoo.com.br

Orientador e coordenador: Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze
Universidade Federal de Minas Gerais
Endereço: AV. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha
Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901
Colégio Técnico (COLTEC) / Sala 151
Telefone: (31) 3409-7521 – E-mail: maronezedm@gmail.com

APÊNDICE B**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)****(Responsáveis - Estudantes de 11 a 17 anos)****(Pesquisa em ambiente virtual)****(Em atendimento à Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde /
Ministério da Saúde)****Prezado aluno(a),**

Gostaríamos de convidá-lo(a) e obter o seu consentimento para participar como voluntário(a) do projeto de pesquisa “ANÁLISE DA POTABILIDADE E DA TOXICIDADE DE AMOSTRAS DE ÁGUA DA CIDADE DE ITABIRA (MG) POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA”. Este projeto será conduzido na Escola Estadual Fazenda Betânia (Rua Pássaro Verde, 618, Pedreira, Itabira – MG) pela mestranda Érica Vitória de Souza e seu orientador Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze. Nesta pesquisa, pretendemos desenvolver uma atividade didática, através de ambiente virtual, em que você terá a oportunidade de se envolver em práticas que contribuirão para construção do conhecimento científico através da análise de amostras de água de nossa cidade. As atividades estarão relacionadas com as aulas de Biologia. O que nos motivou a desenvolver essa pesquisa foram os recorrentes problemas relacionados à oferta de água potável que há anos nossa cidade enfrenta.

Seus pais já estão sabendo dessa pesquisa. Você pode conversar com eles antes de decidir se quer participar. Ao colaborar com o desenvolvimento dessa pesquisa, não será necessário que você realize nenhuma atividade extra relacionada a ela, todas as atividades serão desenvolvidas nos horários de aulas remotas. As únicas atividades que serão desenvolvidas pelos alunos serão aquelas propostas no dia a dia da escola como interpretação de experimentos, discussões em grupo e elaboração de relatórios. Caso você aceite participar deste projeto, os pesquisadores irão apreciar as atividades e os trabalhos escolares que você elaborou bem como observar a participação da turma nesses momentos. Para isso, as aulas remotas ministradas pelo *Google Meet* serão gravadas. Para a realização dessas atividades, serão utilizados recursos educacionais digitais, como computadores, smartphones, celulares ou *tablets*.

A sua participação é voluntária e se dará pela realização de atividades propostas que deverão ocorrer de modo remoto em data e horário combinados com a turma. Para participar desta pesquisa, tanto você quanto seus pais ou responsáveis precisarão ter enviado o termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou não. Você poderá solicitar informações e retirar o seu consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. Para isso, basta que você envie um e-mail para erica.victoria@yahoo.com.br (Érica Vitória de Souza / 31 98554-0159) e/ou maronezedm@gmail.com (Daniel Marchetti Maroneze / 31 3409-7521) pedindo as informações e/ou falando que não quer mais participar. Se preferir, você também pode ligar para os telefones informados acima ou falar diretamente nas aulas virtuais que não quer mais participar da pesquisa. A recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pela pesquisadora que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.

Sua participação no projeto não valerá pontos ou nota. Você não será reprovado ou punido pela professora de Biologia caso se recuse a participar da pesquisa. Os possíveis riscos da participação nesta pesquisa são mínimos tais como, incômodo com as gravações das reuniões online (aulas remotas) e insatisfação durante as apresentações e discussões virtuais. Para amenizar ou evitar estes incômodos, você terá total liberdade para manter o microfone e o vídeo desativados durante as aulas virtuais se assim desejar. Você não será obrigado em momento algum a se manifestar por áudio, por escrito no chat da sala virtual ou ligar a câmera. Sem precisar dar qualquer explicação, você também poderá solicitar que sua atuação registrada por áudio e vídeo em alguma aula não seja apreciada pelos pesquisadores.

Para garantir que pessoas desconhecidas não entrem na sala virtual, a professora e pesquisadora irá dar autorização para acesso a sala virtual somente para os seus colegas de turma. Ela também checará frequentemente os participantes durante as aulas e caso alguma pessoa que não foi convidada tenha conseguido entrar na sala, a professora irá bloqueá-la imediatamente. Além disso, o computador em que estiver sendo feitas as gravações das aulas virtuais será mantido com programa antivírus atualizado para impedir o acesso de hackers. Assim que as gravações forem finalizadas, os dados serão transferidos do computador e mantidos protegidos em disco rígido externo (HD) e/ou dispositivo externo USB de memória (pen drive). Após a transferência, esses dados (cópias das atividades e trabalhos escolares, áudios e vídeos da turma) serão apagados da plataforma virtual, de qualquer ambiente compartilhado ou “nuvem”. Os dispositivos externos com os dados permanecerão protegidos na sala 151 do Colégio Técnico da UFMG sob a guarda do coordenador do projeto, Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze, por um período de 5 anos, e após esse tempo os dados serão destruídos.

Seu nome, os trabalhos, as atividades, os áudios e as imagens registradas serão confidenciais. Ninguém terá acesso a esses dados, a não ser os pesquisadores. Se for comprovado algum dano resultante desta pesquisa, você poderá requerer indenização. Esse projeto faz parte do mestrado da professora Érica Vitória de Souza. No momento em que ela for divulgar os resultados dos estudos, a imagem, o áudio ou o trabalho de qualquer estudante participante serão descaracterizados por meio de filtros ou efeitos artísticos computacionais de modo que você não possa ser reconhecido(a). É importante salientar que você irá participar do desenvolvimento de um material didático pedagógico que proporcionará o fortalecimento de ações de pesquisa e ensino de biologia em instituições públicas de Ensino Básico. Portanto, espera-se que estas ações torne o participante mais consciente no uso racional da água e seja protagonista na compreensão do processo de construção do conhecimento científico.

Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções N° 466/12; N°510/16 ambas do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos. Essa pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e registrada com o número CAAE 40770820.9.0000.5149. Informamos que o convite para você participar dessa pesquisa foi enviado individualmente para o seu *e-mail* e que outras pessoas não terão acesso ao seu endereço eletrônico.

O presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi elaborado como formulário eletrônico na plataforma *Google* Formulários. Ao respondê-lo e enviá-lo, este documento preenchido também será encaminhado para o seu próprio *e-mail*. É importante

que você guarde este documento eletrônico em seus arquivos pessoais. Além do seu nome completo, nesse formulário você precisará indicar seu número de identidade, seu *e-mail*, e selecionar o campo indicando que concorda em participar dessa pesquisa. Caso este formulário não seja enviado, entendemos que você não quer participar. Sua vontade será totalmente respeitada mesmo que seus pais tenham autorizado sua participação. Você não será constrangido e sua participação nas reuniões virtuais ou nos trabalhos escolares não serão analisados ou utilizados na pesquisa.

Digite o seu nome completo: _____

Digite o número do seu documento de identidade: _____

Digite seu e-mail: _____

() Declaro que fui informado(a) dos objetivos da presente pesquisa, de modo claro e detalhado e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e o meu responsável poderá alterar a decisão de participar, se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar dessa pesquisa.

Abaixo são apresentados os contatos do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) que aprovou esse projeto e dos pesquisadores que serão responsáveis pelo desenvolvimento do projeto na sua escola.

COEP- Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG

Pró-Reitoria de Pesquisa

AV. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha

Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901

Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala: 2005

Telefone: (31) 3409-4592 - E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Horário de atendimento: 09:00 às 11:00 / 14:00 às 16:00

Mestranda: Prof^a Érica Vitória de Souza Telefone: (31)98554 - 0159) - E-mail: erica.victoria@yahoo.com.br

Orientador e coordenador: Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze

Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: AV. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha

Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901

Colégio Técnico (COLTEC) / Sala 151

Telefone: (31) 3409-7521 – E-mail: maronezedm@gmail.com

APÊNDICE C**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)****Pesquisa em ambiente presencial**

(Responsáveis - Estudantes de 11 a 17 anos)

(Em atendimento à Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde / Ministério da Saúde)

Prezado Responsável/Representante Legal:

Gostaríamos de convidar seu(sua) filho(a) _____ para participar do projeto de pesquisa: “Análise da potabilidade e da toxicidade de amostras de água da cidade de Itabira (MG) por meio de uma sequência didática investigativa”. Este projeto será conduzido na escola onde ele (a) estuda sob os cuidados e responsabilidade da professora Érica Vitória de Souza do Colégio Tiradentes da Polícia Militar de Minas Gerais e mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da Universidade Federal de Minas Gerais (PROFBIO - turma 2020) e de seu orientador e coordenador Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze da Universidade Federal de Minas Gerais (COLTEC/UFMG). As atividades ocorrerão no contexto das aulas de Biologia. Com essa pesquisa, objetiva-se desenvolver uma série de atividades didáticas que ofereça aos alunos a oportunidade de se engajarem em práticas que os conduzam a construção do conhecimento científico através da análise de amostras de água de nossa cidade. A participação de seu(sua) filho(a) é de extrema importância, pois, além de estar promovendo seu aprendizado, ele(a) estará contribuindo para o desenvolvimento de um trabalho que poderá auxiliar outros profissionais da educação no aprimoramento das atividades desenvolvidas em sala de aula na disciplina de Biologia.

Se o Sr.(Sra.) concordar com a participação de seu(sua) filho(a) neste estudo, os pesquisadores irão:

- (I) realizar reproduções de algumas atividades e trabalhos escolares elaborados nas aulas de Biologia;
- (II) registrar essas aulas em gravações de áudio e vídeo, que ficarão sob a custódia dos pesquisadores em local seguro e de acesso restrito (Sala 151 do Colégio Técnico da UFMG);
- (III) analisar esses registros identificando como as atividades podem contribuir para a promoção da aprendizagem de conteúdos relacionados à Biologia.

Será assegurado que apenas esses pesquisadores terão acesso a esses registros e que eles serão destruídos, impreterivelmente, depois de decorrido o período de 5 anos. Para que a privacidade de seu(sua) filho(a) seja preservada, os nomes não serão revelados em nenhuma etapa do projeto e apenas os pesquisadores terão informações que possam identificá-lo(la) como participante. Quando ocorrer a divulgação dos resultados, nem mesmo a escola na qual seu(sua) filho(a) estuda será diretamente identificada. Fotos ou gravações com os participantes só serão utilizadas para fins científicos e de divulgação em congressos, eventos/trabalhos acadêmicos, livros e artigos após serem descaracterizadas por filtros ou efeitos artísticos computacionais que impossibilite o

Rubrica dos participantes

Rubrica dos pesquisadores

1

reconhecimento dos estudantes e mediante autorização do uso de imagens assinada por eles e pais/representante legal.

Ao colaborar com o desenvolvimento dessa pesquisa, não será necessário que seu filho(a) realize nenhuma atividade extra relacionada a ela. A participação também não implicará em qualquer tipo de despesa ou remuneração para os estudantes ou pais/responsáveis. As únicas atividades que serão desenvolvidas pelos alunos serão àquelas propostas pela professora como parte da metodologia usual do ensino biologia. Dentre estas atividades didáticas estão o desenvolvimento de experimentos simples no laboratório da escola que envolvem observação e caracterização das amostras de água, acompanhamento do desenvolvimento de sementes de hortaliças, discussões em grupo, elaboração de relatórios e participação em atividades de divulgação dos experimentos como feira ou mostra de ciências da escola. Consideramos que os possíveis riscos aos estudantes devido a participação nas atividades deste projeto nas quais ocorrerão a coleta de dados de pesquisa são mínimos, tais como desconfortos em função de algum dano ou quebra dos materiais de laboratório, incômodo com as gravações em áudio/vídeo e insatisfação durante as apresentações em feiras ou mostras de ciências. Para evitar ou amenizar esses possíveis riscos, todas as atividades desenvolvidas serão diretamente acompanhadas e auxiliadas pela professora regente que garantirá o cumprimento das normas de biossegurança no laboratório da escola. Estudantes que se sentirem insatisfeitos ou cansados durante as apresentações também poderão pausar a atividade para descanso, solicitar que sua atuação na atividade não seja apreciada pelos pesquisadores ou interromper a participação sem qualquer penalidade.

Ressaltamos que participação de seu(sua) filho(a) é voluntária. Ele(a) terá total liberdade para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem que seja exigida apresentação de justificativas, sem qualquer possibilidade de constrangimento ou sem que o mesmo seja punido por parte da professora ou da escola onde ele(a) estuda. O(a) senhor(a), como responsável pelo estudante, também poderá retirar o seu consentimento a qualquer momento e interromper a participação do seu filho(a) na pesquisa sem que seja dada qualquer explicação. Se for comprovado algum dano resultante desta pesquisa, você pode requerer indenização. Os resultados estarão à sua disposição quando a pesquisa for concluída. Para qualquer outra informação, você poderá entrar em contato, a qualquer momento, com a pesquisadora ou com o coordenador do projeto nos seguintes endereços eletrônicos e telefones: erica.victoria@yahoo.com.br (31 98554-0159) e maronezedm@gmail.com (31 3409-7521).

Os pesquisadores tratarão os dados de seu(sua) filho(a) com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; Resolução 510/16 ambas do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos. Tais registros e dados obtidos não serão destinados para quaisquer outros propósitos. Essa pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e registrada com o número CAAE 40770820.9.0000.5149. Este documento foi impresso em duas vias originais de igual teor e forma e uma delas será entregue aos pais/responsáveis do(a) estudante participante da pesquisa. Consentimento Pós-Informação

Rubrica dos participantes

Rubrica dos pesquisadores

2

Eu, _____,
 portador(a) do documento de Identidade _____,
 autorizo a participação do meu(minha) filho(a). Declaro também que fui informado(a)
 dos objetivos da presente pesquisa, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas
 dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e poderei
 modificar a decisão de consentir a participação do meu(a) filho(a), se assim o desejar.

Itabira, _____ de _____ de 20_____.

 Assinatura do (a) responsável

 Assinatura do orientador da pesquisa

 Assinatura da pesquisadora corresponsável

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá
 consultar:

COEP- Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG

Pró-Reitoria de Pesquisa

AV. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha

Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901

Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala: 2005

Telefone: (31) 3409-4592 - E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Horário de atendimento: 09:00 às 11:00 / 14:00 às 16:00

Mestranda: Prof^a Érica Vitória de Souza

Telefone: (31 985540159) - E-mail: erica.victoria@yahoo.com.br

Orientador e coordenador: Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze

Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: AV. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha

Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901

Colégio Técnico (COLTEC) / Sala 151

Telefone: (31) 3409-7521 – E-mail: maronezedm@gmail.com

Rubrica dos participantes

Rubrica dos pesquisadores

3

APÊNDICE D**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

(Responsáveis - Estudantes de 11 a 17 anos)

(Pesquisa em ambiente virtual)

(Em atendimento à Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde / Ministério da Saúde)

Prezado Responsável/Representante Legal:

Gostaríamos de convidar seu(sua) filho(a) para participar do projeto de pesquisa: “ANÁLISE DA POTABILIDADE E DA TOXICIDADE DE AMOSTRAS DE ÁGUA DA CIDADE DE ITABIRA (MG) POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA”. Este projeto será conduzido na Escola Estadual Fazenda Betânia (Rua Pássaro Verde, 618, Pedreira, Itabira – MG) sob os cuidados e responsabilidade da professora Érica Vitória de Souza, mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da Universidade Federal de Minas Gerais (PROFBIO - turma 2020) e de seu orientador e coordenador Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze da Universidade Federal de Minas Gerais (COLTEC/UFMG).

As atividades ocorrerão no contexto das aulas remotas de Biologia. Com essa pesquisa, objetiva-se desenvolver uma série de atividades didáticas que ofereça aos alunos a oportunidade de se engajarem em práticas que os conduzam a construção do conhecimento científico através da análise de amostras de água de nossa cidade. A participação de seu(sua) filho(a) é de extrema importância, pois, além de estar promovendo seu aprendizado, ele(a) estará contribuindo para o desenvolvimento de um trabalho que poderá auxiliar outros profissionais da educação no aprimoramento das atividades desenvolvidas em sala de aula na disciplina de Biologia.

Se o Sr.(Sra.) concordar com a participação de seu(sua) filho(a) neste estudo, os pesquisadores irão:

- (I) realizar reproduções de algumas atividades e trabalhos escolares elaborados nas aulas remotas de Biologia;
- (II) registrar gravações de áudio e vídeo das reuniões *online* (aulas remotas) que ficarão sob a custódia dos pesquisadores em local seguro e de acesso restrito (Sala 151 do Colégio Técnico da UFMG);
- (III) analisar esses registros identificando como as atividades podem contribuir para a promoção da aprendizagem de conteúdos relacionados à Biologia.

Será assegurado que apenas esses pesquisadores terão acesso a esses registros e que eles serão destruídos, impreterivelmente, depois de decorrido o período de 5 anos. Para que a privacidade de seu(sua) filho(a) seja preservada, os nomes não serão revelados em nenhuma etapa do projeto e apenas os pesquisadores terão informações que possam identificá-lo(la) como participante. Quando ocorrer a divulgação dos resultados, nem mesmo a escola na qual seu(sua) filho(a) estuda será diretamente identificada. Fotos ou gravações com os participantes só serão utilizadas para fins científicos e de divulgação em congressos, eventos/trabalhos acadêmicos, livros e artigos após serem descaracterizadas por filtros ou efeitos artísticos computacionais que impossibilite o reconhecimento dos estudantes e mediante autorização do uso de imagens por eles e por vocês, pais/representante legal.

Ao colaborar com o desenvolvimento dessa pesquisa, não será necessário que seu filho(a) realize nenhuma atividade extra relacionada a ela. As únicas atividades que serão desenvolvidas pelos alunos serão aquelas propostas pela professora como parte da metodologia usual do ensino biologia como interpretação de experimentos, discussões em grupo e elaboração de relatórios, pelo ambiente virtual. Os possíveis riscos da participação nesta pesquisa são mínimos tais como, incômodo com as gravações das reuniões online (aulas remotas) e insatisfação durante as apresentações e discussões virtuais. Para amenizar ou evitar os incômodos anteriormente destacados, o estudante participante terá total liberdade para manter o microfone e o vídeo desativados durante as reuniões virtuais se assim desejar. Ele não será constrangido em momento algum a se manifestar por áudio, por escrito no *chat* da sala virtual ou ligar a câmera. Sem necessidade de fornecer qualquer explicação, o estudante participante também poderá indicar para os pesquisadores a qualquer tempo que sua participação, áudio, vídeo, escrita ou imagem em determinada reunião ou aula virtual não seja incorporada a pesquisa.

Como a pesquisa será em ambiente virtual e por meios eletrônicos, também existem riscos decorrentes das limitações das tecnologias utilizadas tais como tentativas de acesso por pessoas não convidadas à sala de reunião virtual ou mesmo de acesso às informações declaradas virtualmente, registros de áudio e vídeos gravados. Para assegurar a confidencialidade das informações e minimizar estes riscos de violação dos dados, o acesso dos participantes à sala de reunião virtual só ocorrerá após autorização eletrônica da professora. Ela também checará frequentemente os participantes da sala e caso alguma pessoa não convidada tenha conseguido o acesso ela será bloqueada imediatamente. Além disso, o computador da professora e pesquisadora que estiver operando as gravações das reuniões virtuais será mantido com programa antivírus atualizado de modo a impedir o acesso malicioso de terceiros ao computador e às gravações. Assim que as gravações forem finalizadas, os dados serão transferidos do computador e mantidos protegidos em disco rígido externo (HD) e/ou dispositivo externo USB de memória (pen drive). Após a transferência, esses dados serão apagados da plataforma virtual, ambiente compartilhado ou “nuvem”. Estes dispositivos externos permanecerão protegidos na sala 151 do Colégio Técnico da UFMG.

Os pesquisadores tratarão os dados de seu(sua) filho(a) com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; Resolução 510/16 ambas do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos. Tais registros e dados obtidos não serão destinados para quaisquer outros propósitos. Essa pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e registrada com o número CAAE 40770820.9.0000.5149. Informamos, ainda, que o convite para essa pesquisa foi enviado individualmente para o seu *e-mail* e que outras pessoas não terão acesso ao seu endereço eletrônico.

O presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi elaborado como formulário eletrônico na plataforma Google Formulários. Ao respondê-lo e enviá-lo, este documento preenchido também será encaminhado para o seu próprio *e-mail*. É importante que você guarde este documento eletrônico em seus arquivos pessoais. Além do seu nome completo, nesse formulário você precisará indicar seu número de identidade, seu *e-mail*, o nome de seu filho e selecionar o campo indicando que está de acordo com a participação de seu filho no projeto. Somente após o recebimento deste termo de consentimento, entraremos em contato com seu filho convidando-o para participar da pesquisa e

solicitando que ele também manifeste sua concordância. Você tem o direito de não responder este formulário se assim desejar. Caso este formulário não seja enviado, entendemos que você não autorizou a participação de seu filho ou menor sob sua responsabilidade na pesquisa. Seu posicionamento será totalmente respeitado sem qualquer possibilidade de constrangimento ao estudante. Neste caso, a participação dele nas reuniões virtuais ou nos trabalhos escolares não serão analisados ou utilizados na pesquisa.

Mesmo enviando o formulário atestando sua concordância, você poderá, a qualquer momento, solicitar novas informações bem como retirar o seu consentimento e interromper a participação do seu filho(a) na pesquisa sem que seja dada qualquer explicação. Ressaltamos que participação de seu(sua) filho(a) é voluntária. Ele(a) também terá total liberdade para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem que seja exigida apresentação de justificativas, sem qualquer possibilidade de constrangimento ou sem que o mesmo seja punido por parte da professora ou da escola onde ele(a) estuda. Para isso, basta que ele/a e/ou o/a senhor(a) envie uma mensagem eletrônica solicitando as novas informações ou indicando a interrupção da participação para os seguintes e-mails erica.victoria@yahoo.com.br (Érica Vitória de Souza / 31 98554-0159) e/ou maronezedm@gmail.com (Daniel Marchetti Maroneze / 31 3409-7521). Assim que recebermos sua notificação, você receberá a resposta com as informações solicitadas e/ou com a confirmação que a participação de seu filho no projeto foi interrompida. Se preferir, o contato também poderá ser feito pelos telefones informados acima. O/A seu/sua filho/a também poderá indicar que não quer mais participar da pesquisa durante as próprias reuniões virtuais. Se for comprovado algum dano resultante desta pesquisa, você pode requerer indenização.

Nome completo do/a pai/mãe ou responsável legal: _____

Documento de identidade do/a pai/mãe ou responsável legal: _____

E-mail do/a pai/mãe ou responsável legal para contato: _____

Nome completo do seu/sua filho(a) ou do/a estudante sob sua responsabilidade:

() Autorizo que o meu/minha filho/a ou o/a estudante menor de idade sob minha responsabilidade legal destacado/a acima poderá participar da pesquisa e que fui informado(a) dos objetivos da presente pesquisa de maneira clara e detalhada. Esclareci minhas dúvidas e sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e/ou modificar a decisão de consentir a participação do/a meu/minha filho/a e/ou do/a estudante menor de idade sob minha responsabilidade legal.

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP- Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG

Pró-Reitoria de Pesquisa

AV. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha

Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901

Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala: 2005

Telefone: (31) 3409-4592 - E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Horário de atendimento: 09:00 às 11:00 / 14:00 às 16:00

Mestranda: Prof^a Érica Vitória de Souza

Telefone: (31 985540159) - E-mail: erica.victoria@yahoo.com.br

Orientador e coordenador: Prof. Dr. Daniel Marchetti Maroneze

Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: AV. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha

Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901

Colégio Técnico (COLTEC) / Sala 151

Telefone: (31) 3409-7521 – E-mail: maronezedm@gmail.com

APÊNDICE E**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE IMAGEM E SOM DE VOZ PARA FINS DE PESQUISA
(Pesquisa em ambiente virtual)**

Nome do estudante:

RG do estudante:

Estudante menor de idade, estudante da Escola Estadual Fazenda Betânia. Localizada na Rua Pássaro Verde, 618, Pedreira, Itabira - MG - MG

Depois de conhecer as finalidades e especificidades do projeto de pesquisa “Análise da potabilidade e da toxicidade de amostras de água da cidade de Itabira (MG) por meio de uma sequência didática investigativa” indicadas no Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE) autorizo os pesquisadores Érica Vitória de Souza e Daniel Marchetti Maroneze a realizarem a gravação e a utilização de minha imagem e voz que só poderão ser utilizadas para fins científicos e de divulgação em congressos, eventos/trabalhos acadêmicos, livros e artigos. Fui informado pelos pesquisadores que todas as imagens utilizadas para estes fins científicos e de divulgação serão previamente descaracterizadas por meio de filtros e/ou efeitos artísticos computacionais de modo a impedir a identificação e resguardar a privacidade dos estudantes participantes e que o som da minha voz não será divulgado em nenhum meio de comunicação. A autorização para utilização de imagem e som de voz para fins de pesquisa científica é concedida a título gratuito. Esse formulário de autorização de imagem e som de voz foi enviado individualmente por *e-mail* e outros participantes não terão acesso ao seu endereço eletrônico. Ao preencher e enviar este formulário, este documento eletrônico também será encaminhado para seu e-mail. Tenho ciência também de que a guarda e demais procedimentos de segurança com relação às imagens e sons de voz são de responsabilidade do(a) pesquisador(a) responsável.

() Autorizo, livre e espontaneamente nos termos acima descritos, o uso da minha imagem e som de voz para fins de pesquisa. Estou ciente que meus pais ou responsáveis legais também precisarão autorizar esse uso.

APÊNDICE F**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE IMAGEM E SOM DE VOZ PARA FINS DE PESQUISA
(Pesquisa em ambiente virtual)**

Nome do aluno:

RG do aluno:

Estudante menor de idade, estudante da na Escola Estadual Fazenda Betânia. Localizada na Rua Pássaro Verde, 618, Pedreira, Itabira - MG - MG, juntamente com meu representante legal:

Nome do representante legal:

CPF do representante legal:

RG do representante legal:

Depois de conhecer as finalidades e especificidades do projeto de pesquisa “Análise da potabilidade e da toxicidade de amostras de água da cidade de Itabira (MG) por meio de uma sequência didática investigativa” indicadas no Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) autorizo os pesquisadores Érica Vitória de Souza e Daniel Marchetti Maroneze a realizarem a gravação e a utilização da imagem e voz de meu filho ou estudante menor que está sob minha responsabilidade legal. A imagem e voz só poderão ser utilizadas para fins científicos e de divulgação em congressos, eventos/trabalhos acadêmicos, livros e artigos. Fui informado pelos pesquisadores que todas as imagens utilizadas para estes fins científicos e de divulgação serão previamente descaracterizadas por meio de filtros e/ou efeitos artísticos computacionais de modo a impedir a identificação e resguardar a privacidade dos estudantes participantes e que o som da voz não será divulgado em nenhum meio de comunicação. A autorização para utilização de imagem e som de voz para fins de pesquisa científica é concedida a título gratuito. Esse formulário de autorização de imagem e som de voz foi enviado individualmente por *e-mail* e outros participantes não terão acesso ao seu endereço eletrônico. Ao preencher e enviar este formulário, este documento eletrônico também será encaminhado para seu e-mail. Tenho ciência também de que a guarda e demais procedimentos de segurança com relação às imagens e sons de voz são de responsabilidade do(a) pesquisador(a) responsável.

() Autorizo, livre e espontaneamente nos termos acima descritos, o uso da imagem e som de voz do meu filho ou estudante menor que está sob minha responsabilidade legal para fins de pesquisa. Estou ciente que o estudante também precisará autorizar esse uso.

APÊNDICE G

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE IMAGEM E
SOM DE VOZ PARA FINS DE PESQUISA
(Pesquisa em ambiente presencial)**

Eu, _____, RG: _____, estudante menor de idade da Escola Estadual Fazenda Betânia - MG, juntamente com meu representante legal, _____, CPF: _____, RG: _____, depois de conhecermos as finalidades e especificidades do projeto de pesquisa “Análise da potabilidade e da toxicidade de amostras de água da cidade de Itabira (MG) por meio de uma sequência didática investigativa” indicadas no Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE) e no Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) autorizamos os pesquisadores Érica Vitória de Souza e Daniel Marchetti Maroneze a realizarem a gravação e a utilização de minha imagem e voz que só poderão ser utilizadas para fins científicos e de divulgação em congressos, eventos/trabalhos acadêmicos, livros e artigos. Fomos informados pelos pesquisadores que todas as imagens utilizadas para estes fins científicos e de divulgação serão previamente descaracterizadas por meio de filtros e/ou efeitos artísticos computacionais de modo a impedir a identificação e resguardar a privacidade dos estudantes participantes e que o som da minha voz não será divulgado em nenhum meio de comunicação. A autorização para utilização de imagem e som de voz para fins de pesquisa científica é concedida a título gratuito. Este documento foi impresso em duas vias originais de igual teor e forma; uma delas será entregue aos pais/responsáveis do(a) estudante participante da pesquisa e a outra ficará sob tutela dos pesquisadores. Tenho ciência também de que a guarda e demais procedimentos de segurança com relação às imagens e sons de voz são de responsabilidade do(a) pesquisador(a) responsável.

Deste modo, declaro que autorizo, livre e espontaneamente, o uso para fins de pesquisa, nos termos acima descritos, da minha imagem e som de voz.

Itabira, _____ de _____ 20_____.

Assinatura do(a) menor

Assinatura do (a) responsável

Assinatura do orientador da pesquisa

Assinatura da pesquisadora corresponsável

ANEXO 1

Classificação de Valor Máximo Permitido (VPM) dos compostos analisados na SEI apresentada na seção de resultados de acordo com a Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021 - Ministério da Saúde e a Resolução 357/05(2) do CONAMA.

ÁGUAS NATURAIS		
Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021 – Ministério da Saúde		
Físicos	Unidade	Teores máximos permitidos (VPM) para consumo humano
Aspecto	-	Límpido
Cor	uH	15
Odor	-	Nenhum
pH	-	Entre 6 – 9,5
Químicos	Unidade	Abastecimento público
Amônia	mg/L	1,2
Nitrito	mg/L	1,0
Nitrato	mg/L	10
Microbiológicos	Unidade	Abastecimento público
E. coli	-	Ausente
Coliformes	-	Ausente
Teores recomendados pelo CONAMA Resolução 357/05(2) para organismos aquáticos de água doce		
Composto	Unidade	Valores recomendados
Oxigênio dissolvido	mg/L	> 5
Fosfato total	mg/L	Até 0,1 (rios-lóticos) e até 0,030 (lagos lênticos)

Fonte: adaptada de ALFAKIT.