

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA -
CAMPUS AVANÇADO GOVERNADOR VALADARES
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA VIDA - ICV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE
NACIONAL**

Welton da Silva Arruda

Ensino por investigação científica no ensino médio: A qualidade da água

Governador Valadares

2019

Welton da Silva Arruda

Ensino por investigação científica no ensino médio: A qualidade da água

Dissertação apresentada ao programa nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO) da Universidade Federal de Minas Gerais, polo Universidade Federal de Juiz de Fora – Campus Avançado Governador Valadares, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia. Área de concentração: Ensino de biologia.

Orientadora Prof.^a Dr.^a Fernanda Souza de Oliveira Assis

Governador Valadares, __ de _____ de 2019.

Governador Valadares

2019

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Arruda, Welton da Silva.

Ensino por investigação científica no ensino médio : A qualidade da água / Welton da Silva Arruda. -- 2019.

150 f.

Orientador: Fernanda Souza de Oliveira Assis

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Avançado de Governador Valadares, Instituto de Ciências da Vida - ICV. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional, 2019.

1. Ensino de Biologia. 2. SEI. 3. Alfabetização Científica. 4. Qualidade da Água. 5. Microbiologia. I. Assis, Fernanda Souza de Oliveira, orient. II. Título.

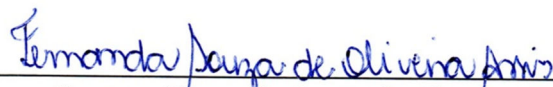
WELTON DA SILVA ARRUDA

“ENSINO POR INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO MÉDIO:
A QUALIDADE DA ÁGUA”

Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo PROFBIO - Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - da Universidade Federal de Juiz de Fora - campus Governador Valadares.

Aprovada em 12/07/2019.

BANCA EXAMINADORA



Doutora Fernanda Souza de Oliveira Assis (Orientadora)
Universidade Federal de Juiz de Fora – campus Governador Valadares



Doutor(a) Marcelo Nagem Valério de Oliveira
Universidade Federal de Juiz de Fora – campus Governador Valadares



Doutor(a) Renata Bernardes Faria Campos
Universidade Vale do Rio Doce

Doutor(a) Paulo Henrique Ribeiro
Instituto Terra

Doutor(a) Maria Gabriela Parenti Bicalho
Universidade Federal de Juiz de Fora – campus Governador Valadares

Dedico esta obra ao pequeno Gael que chegou junto a este trabalho e transmitiu alegria, amor e força até sua conclusão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha maravilhosa esposa Bruna, por ter sido compreensiva e companheira durante os meus estudos e aos meus pais Adair e Margarida que sempre apoiaram meus projetos.

Agradeço à minha orientadora, Dra Fernanda Souza de Oliveira Assis pela paciência e dedicação a mim e ao nosso trabalho, mesmo quando as circunstâncias foram complexas.

Ao professor Dr Marcelo Nagem, por ser prestativo e atencioso em todos os momentos.

Agradeço ao PROFBIO por depositar em mim a confiança e os recursos.

À turma 2017 PROFBIO, da UFJF-GV que nos momentos difíceis, onde as coisas pareciam não fluir, fez com que me sentisse abraçado e me deu força.

Agradeço aos meus mentores intelectuais, Sergio Martins dos Santos e Lourival Demuner por me apoiarem e me aconselharem quando eu mais precisava e ao meu grande conselheiro e irmão, Ronaldo Quintino.

Ao corpo docente, pedagogos e gestores da EEEFM José Damasceno Filho que formaram uma força motriz para que este trabalho pudesse acontecer.

Agradeço ao governo do estado do Espírito Santo por permitir a realização desta pesquisa e ao governo municipal de Baixo Guandu que gentilmente se prontificou em fornecer dados para a pesquisa e disponibilizou ainda um ônibus para deslocamento dos alunos.

Aos discentes que vivem situações socioculturais complexas e representam o futuro do nosso país, sem os quais, não estaria aqui dissertando.

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

Ainda que desejem bons professores para seus filhos, poucos pais desejam que seus filhos sejam professores. Isso nos mostra o reconhecimento que o trabalho de educar é duro, difícil e necessário.

Paulo Freire

RESUMO

Este trabalho foi construído visando atender às necessidades contínuas na educação, de metodologias que melhorem o processo de ensino aprendizagem através de um maior envolvimento dos discentes. Dessa forma, foi realizada uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) em uma sala do primeiro ano do ensino médio regular, na cidade de Baixo Guandu, Espírito Santo. Nesse âmbito, a qualidade da água foi problematizada e debatida em nove etapas de ensino investigativo, em uma perspectiva de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Baseado no ensino por investigação, os discentes foram levados a atuarem como cientistas, fazendo observações, problematizando, levantando questões científicas e hipóteses, além de organizarem seus próprios experimentos e realizarem seus testes. Nessa proposta, o professor atuou como mediador do conhecimento e o aluno foi o protagonista do seu próprio aprendizado. Ao realizarem seus próprios experimentos, os alunos saíram a campo, coletaram amostras em uma nascente e nos rios que banham sua cidade, o Rio Doce e o Rio Guandu, além de coletarem também a água tratada pela companhia municipal de abastecimento. Realizaram as análises das amostras, testando também a técnica dos Tubos Múltiplos em busca de coliformes totais e termotolerantes. Por fim, os discentes divulgaram seu trabalho para a comunidade escolar e avaliaram a metodologia, apontando pontos positivos, negativos e dando sugestões para melhorar a metodologia. Como consequência disso, foram constatados os indícios da Alfabetização Científica (AC) entre os discentes que após a SEI demonstraram a compreensão de termos e técnicas típicas da ciência além de um bom entendimento sobre o fazer ciência, em seus processos, métodos, equipamentos, além de suas implicações sociais, culturais e ambientais.

Palavras-chave: Alfabetização Científica, Ensino de Biologia, Ensino por Investigação, Microbiologia, SEI, Qualidade da Água.

ABSTRACT

This document was built to meet the continuing needs in education, methodologies that improve the process of teaching and learning through greater involvement of students. Thus, a Sequence of Investigative Teaching (SIT) was conducted in a room of the First Grade, in the city of Baixo Guandu, Espírito Santo. In this context, water quality was problematized and debated in nine stages of investigative teaching, from the perspective of Science, Technology, Society and Environment. Based on teaching by investigation, students were led to act as scientists, making observations, problematizing, raising scientific questions and hypotheses, besides organizing their own experiments and conducting their tests. In this proposal, the teacher acted as a mediator of knowledge and the student was the protagonist of his own learning. In carrying out their own experiments, the students went out to the field, collected samples from a spring and the rivers that flow through their city, the Rio Doce and the Rio Guandu, and also collected water treated by the municipal water supply company. They performed the analysis of the samples, also testing the Multiple Tube technique for total and thermotolerant coliforms. Finally, the students disseminated their experience to the school community and evaluated the methodology, pointing out positive and negative points and making suggestions to improve the methodology. As a result, evidence of Scientific Literacy (SL) was found among students who after SIT demonstrated understanding of typical science terms and techniques as well as a good understanding of doing science, its processes, methods, equipment, and its social, cultural and environmental implications.

Keywords: Scientific Literacy, Biology Teaching, Investigation Teaching, Microbiology, SIT, Water Quality.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 01 - Organograma sobre pontos importantes do ensino por investigação..... | 25 |
| Figura 02 - Professor orienta pais de discentes sobre a pesquisa e solicita a assinatura do TCLE..... | 40 |
| Figura 03 - Registro fotográfico da estufa bacteriológica em construção e após ser concluída..... | 41 |
| Figura 04 - Discentes respondem ao questionário de sondagem inicial..... | 51 |
| Figura 05 - Alunos debatem reportagem sobre epidemia de diarreia em aldeias indígenas..... | 52 |
| Figura 06 - Alunos bebem água oferecida pelo professor e problematizam suas características..... | 53 |
| Figura 07 - Alunos debatem e elaboram perguntas científicas em grupo..... | 60 |
| Figura 08 - Slide exibido para orientação aos alunos sobre a construção de hipóteses..... | 69 |
| Figura 09 - Alunos refletem sobre a montagem de seus experimentos em grupo..... | 73 |
| Figura 10 - Debate sobre a construção das hipóteses nos grupo e cronograma... | 77 |
| Figura 11 - Professores debatem normas de segurança para saída a campo e embarcam com os discentes..... | 79 |
| Figura 12 - Discentes sobem até a nascente, juntamente com os professores e o proprietário do terreno..... | 79 |
| Figura 13 - Alunos coletam água na nascente..... | 80 |
| Figura 14 - Alunos recebem um lanche em meio às coletas de amostras..... | 81 |
| Figura 15 - Coletas de amostras de água são realizadas pelos discentes no Rio Guandu e Rio Doce..... | 81 |
| Figura 16 - Registro fotográfico feito pelos discentes sobre alterações causadas pelo homem na margem do Rio Doce..... | 82 |
| Figura 17 - Registro fotográfico feito pelos discentes de uma ETA desativada na margem do Rio Doce..... | 83 |
| Figura 18 - Alunos do grupo D recolhem amostras de água em torneira da escola..... | 83 |

| | |
|---|-----|
| Figura 19 - Pontos de coleta de análises na região de Baixo Guandu – ES..... | 84 |
| Figura 20 – Professor organiza as bancadas para receber os discentes..... | 84 |
| Figura 21 - Discentes recebem EPIs do professor e se paramentam para aula prática..... | 85 |
| Figura 22 - Alunos verificam as características das amostras e realizam anotações..... | 85 |
| Figura 23 - Alunos analisam amostras ao MO..... | 86 |
| Figura 24 - Alunos do grupo B realizam suas metodologias de análise..... | 86 |
| Figura 25 - Professor ensina alunos a utilizar as micropipetas e pipetas de vidro com pera..... | 88 |
| Figura 26 - Professor mostra como será feita a inserção de amostras nos tubos de ensaio..... | 88 |
| Figura 27 - Discentes pipetam suas amostras sob orientação do professor..... | 89 |
| Figura 28 - Discentes inserem suas estantes de tubos de ensaio na estufa bacteriológica..... | 89 |
| Figura 29 - Alunos e professor verificam a presença de gás e turbidez nos tubos e tomam nota dos dados..... | 90 |
| Figura 30 - Alunos realizam a repicagem de amostras positivas segundo a técnica dos TM..... | 91 |
| Figura 31 - Alunos observam as diferentes colorações em amostras positivas do caldo VB..... | 91 |
| Figura 32 - Alunos verificam e constataam a ausência de gás e turbidez nos tubos contendo caldo EC..... | 94 |
| Figura 33 - Imagens dos diários de bordo com parte da análise dos dados dos grupos A, C e D respectivamente..... | 95 |
| Figura 34 - Alunos elaboram cartazes e apresentam sua avaliação participativa sobre a SEI..... | 108 |
| Figura 35 - Alunos apresentam o projeto e seus resultados para a escola..... | 109 |
| Figura 36 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 1..... | 113 |
| Figura 37 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 2..... | 113 |
| Figura 38 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final | |

| | |
|---|-----|
| da questão 3..... | 114 |
| Figura 39 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 4..... | 115 |
| Figura 40 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 5..... | 115 |
| Figura 41 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 6..... | 116 |
| Figura 42 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 7..... | 117 |
| Figura 43 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 8..... | 117 |
| Figura 44 - Gráfico comparativo entre os totais de respostas do questionário de sondagem inicial e final..... | 118 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 01 - Quadro contendo os diferentes níveis de influência do professor que antagonizam com os diferentes níveis de auto direcionamento dos alunos... | 23 |
| Quadro 02 - Aspectos visados em uma aula CTS onde se evidenciam as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade..... | 29 |
| Quadro 03 - Percurso metodológico da sequência didática por investigação científica..... | 41 |
| Quadro 04 - Etapas do método dos TM..... | 44 |
| Quadro 05 - Classificações para as respostas aos questionários de sondagem..... | 47 |
| Quadro 06 - Diálogo estabelecido sobre a epidemia de diarreia nas aldeias Maxakali. | 52 |
| Quadro 07 - Recortes de diálogo estabelecido sobre características da água..... | 54 |
| Quadro 08 - Recorte de diálogo onde alunos aceitam a água da nascente como potável..... | 54 |
| Quadro 09 - Recorte de diálogo onde alunos debatem métodos populares de descontaminação da água..... | 55 |
| Quadro 10: Recorte de diálogo onde aluna demonstra sua relutância em consumir a água do Rio Doce..... | 55 |
| Quadro 11 - Recorte de diálogo onde os alunos debatem o desastre da Samarco. | 56 |
| Quadro 12 - Dados sobre lançamento e tratamento de esgotos em Aimorés-MG, Baixo Guandu –ES e Itueta – MG..... | 64 |
| Quadro 13 - Recorte de diálogo onde os alunos debatem o destino dos esgotos urbanos..... | 65 |
| Quadro 14 - Recorte de diálogo onde os alunos compreendem parte da elaboração de uma pergunta científica..... | 60 |
| Quadro 15 - Recorte de diálogo onde ocorre um debate a respeito dos parâmetros para elaboração de perguntas científicas..... | 61 |
| Quadro 16 - Parâmetros para elaboração das perguntas..... | 63 |
| Quadro 17 - Problemas não testáveis apresentados pelos grupos..... | 64 |
| Quadro 18 - Problemas testáveis descartados..... | 64 |
| Quadro 19: Problemas de pesquisa propostos pelos grupos e ajustados pelo | 65 |

| | |
|---|-----|
| professor..... | |
| Quadro 20 - Pergunta científica e hipótese levantada pelo grupo A..... | 69 |
| Quadro 21 - Pergunta científica e hipótese levantada pelo grupo B..... | 70 |
| Quadro 22 - Hipótese levantada pelo grupo B..... | 71 |
| Quadro 23: Pergunta científica e hipótese levantada pelo grupo C..... | 71 |
| Quadro 24 - Pergunta científica e hipótese levantada pelo grupo D..... | 72 |
| Quadro 25 Recorte de diálogo sobre elaboração do plano de trabalho do grupo B..... | 74 |
| Quadro 26 - Recorte de diálogo sobre elaboração do plano de trabalho do grupo C..... | 74 |
| Quadro 27 - Recorte de diálogo sobre elaboração do plano de trabalho do grupo D..... | 75 |
| Quadro 28 - Recorte de diálogo, refletindo sobre o mundo bacteriano e a contaminação..... | 75 |
| Quadro 29 - Arranjos experimentais propostos pelos discentes..... | 76 |
| Quadro 30 - Recorte de diálogo sobre a possibilidade de contaminação no Rio Doce..... | 82 |
| Quadro 31 - Recorte de diálogo sobre os meios de cultura..... | 87 |
| Quadro 32: Recorte de debate sobre os coliformes termotolerantes..... | 93 |
| Quadro 33 - Recorte de dados descritos pelo grupo B..... | 96 |
| Quadro 34 - Recortes de relatórios finais do grupo A..... | 97 |
| Quadro 35 - Recortes de relatórios finais do grupo B..... | 98 |
| Quadro 36 - Recorte da introdução do relatório final do grupo B..... | 99 |
| Quadro 37 - Recortes de relatórios finais do grupo C..... | 99 |
| Quadro 38 - Recortes de relatórios finais do grupo D..... | 100 |
| Quadro 39 - Trecho retirado do relatório final do grupo D..... | 101 |
| Quadro 40 - Recortes de aula de sistematização de conhecimentos..... | 103 |
| Quadro 41 - Recortes da aula abordando técnicas e tecnologias..... | 104 |
| Quadro 42 - Recorte da aula com descrição de técnica de semeadura..... | 104 |
| Quadro 43 - Recorte da aula onde discentes apontam causas antrópicas dos problemas constatados..... | 105 |
| Quadro 44 - Alunos propõem intervenções para melhoria da qualidade da água.. | 106 |
| Quadro 45 - Recorte de aula de sistematização do conhecimento onde discente cita desastre da Samarco..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| Quadro 46 - Questionário inicial em uma amostra de 3 alunos por questão..... | 110 |
| Quadro 47 - Algumas respostas de discentes ao questionário final..... | 112 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 01 - Resultados dos testes para coliformes totais após a cultura em Caldo VB.. | 92 |
| Tabela 02 - NMP de coliformes por 100 mL de amostra..... | 93 |
| Tabela 03 - Soma total do questionário inicial e final..... | 110 |

LISTA DE SIGLAS

- AC – Alfabetização Científica.
- CBEE – Currículo Básico da Escola Estadual do Espírito Santo.
- CEP – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.
- CEP/UFJF – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Juiz de Fora.
- COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais.
- CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade.
- CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.
- CVRD – Companhia Vale do Rio Doce.
- EC – *Escherichia coli*.
- EEEFM – Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio.
- EEPE – *Principios y práctica de la enseñanza de ecología em el pátio de la escuela*.
- EPIs – Equipamentos de Proteção Individual.
- ES – Espírito Santo.
- ETA – Estação de Tratamento de Água.
- ETE – Estação de Tratamento de Esgoto.
- EUA – Estados Unidos da América.
- FUNASA – Fundação Nacional da Saúde.
- IBECC – Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas.
- LST – Lauril Sulfato.
- MEC – Ministério da Educação.
- MG – Minas Gerais.
- MO – Microscópio Óptico.
- NRC – *National Research Concl.*
- NMP – Número Mais Provável.
- ONU – Organização das Nações Unidas.
- PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais.
- PROUNI – Programa Universidade para Todos.
- SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto.

SEI – Sequência de Ensino Investigativo.

TALE – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

TC – Trabalho de Campo.

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

TL – Trabalho Laboratorial.

TM – Tubos Múltiplos.

UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora

UFJF-GV – Universidade Federal de Juiz de Fora Campus Avançado Governador Valadares.

VB – Verde Brilhante Bile 2%.

ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 19 |
| 1.1 Depoimento..... | 19 |
| 1.2 O Ensino Por Investigação Científica..... | 20 |
| 1.3 A Alfabetização Científica em uma Perspectiva Ciência Tecnologia e Sociedade ou Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS/CTSA)..... | 26 |
| 1.4 A Água | 31 |
| 1.4.1 A Crise Hídrica em Foco..... | 31 |
| 1.4.2 Rio Doce: História e Importância..... | 32 |
| 1.4.3 O Rio Guandu e sua Importância Regional..... | 34 |
| 1.5 O Tema Água e os Micro-organismos no Currículo do Ensino Básico..... | 34 |
| 1.6 O Mundo Microbiológico no Ambiente Aquático..... | 35 |
| 2. OBJETIVOS..... | 38 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 38 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 38 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 39 |
| 3.1. Local de Desenvolvimento do Projeto..... | 39 |
| 3.2 Os Sujeitos da Pesquisa..... | 40 |
| 3.3 A Intervenção Metodológica: A prática por Investigação Científica..... | 41 |
| 3.4 Os Limites da Pesquisa..... | 46 |
| 3.5 Categorias da Pesquisa..... | 46 |
| 3.6 Coleta e Análise de Dados..... | 48 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 49 |
| 4.1 Etapa 1: Apresentação do Projeto e Aplicação dos Questionários..... | 49 |
| 4.2 Etapa 2: Problematização e Elaboração dos Problemas Científicos..... | 51 |
| 4.2.1 Problematizando a Qualidade da Água..... | 52 |
| 4.2.2 Elaborando Perguntas Científicas..... | 59 |
| 4.3 Etapa 3: Levantamento de Hipóteses..... | 68 |
| 4.4 Etapa 4: Elaborando o Plano Trabalho..... | 73 |
| 4.4.1 Confeccionando metodologias..... | 73 |
| 4.4.2 Apresentação do Método dos Tubos Múltiplos (TM) e elaboração do | |

| | |
|--|------------|
| cronograma..... | 76 |
| 4.5 Etapa 5: Montagem do Arranjo Experimental: Saída a Campo e Coleta de Dados..... | 78 |
| 4.5.1 Saída a campo..... | 78 |
| 4.5.2 Atividades práticas no laboratório..... | 93 |
| 4.6 Etapa 6: Análise dos Dados..... | 94 |
| 4.7 Etapa 7: Elaboração dos Relatórios Finais..... | 96 |
| 4.8 Etapa 8: Sistematização dos Conhecimentos Elaborados..... | 102 |
| 4.9 Etapa 9: Avaliação Participativa da Metodologia..... | 107 |
| 4.10 Análise dos Questionários..... | 109 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 119 |
| REFERÊNCIAS..... | 121 |
| APÊNDICES | 127 |
| ANEXOS..... | 135 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Depoimento

Nasci e cresci na cidade de Aimorés-MG, onde já trabalhei em diversas profissões, desde serralheiro até frentista de posto de combustíveis, mas sempre me virando enquanto não conseguia alcançar meu sonho, me tornar biólogo. Esse sonho, porém, só veio com a criação do Programa Universidade para Todos (PROUNI), que custeou minha faculdade de Licenciatura em Ciências Biológicas em uma universidade local e me trouxe novas perspectivas, fazendo de mim o primeiro de minha grande família a concluir um curso superior.

Logo que me formei, queria trabalhar em qualquer área da biologia, todas as áreas dentro da biologia são lindas, e foi onde a educação entrou. Trabalhar com diversos temas da biologia e das ciências e ainda participar da construção de conhecimentos, habilidades e competências, é um desafio enorme, quanto mais diante de todos os problemas da educação brasileira. E não é apenas isso, ao se entrar na educação, logo fica claro o seu caráter libertador, como diz o patrono Paulo Freire. Descobrir que a educação pode mudar tanto a vida das pessoas mexe com a gente, torna nosso trabalho uma missão, ora, às vezes, uma missão de resgate.

E acredito que essa missão estabeleça uma ideia convergente entre os educadores: a busca por se especializar, melhorar seu trabalho atingindo mais alunos, com uma qualidade maior no processo de ensino-aprendizagem e ainda, trazendo como consequência melhoras salariais e a possibilidade da abertura de novas oportunidades ao profissional da educação. Logo, uma mensagem no *whatsapp* com o edital do PROFBIO significou uma grande oportunidade para mim, sem precedentes. Realizar um mestrado profissional em uma das melhores universidades do país, a Universidade Federal de Juiz de Fora – Campus Governador Valadares (UFJF-GV) foi mais uma motivação que acabou culminando em minha entrada no programa.

Desde a minha entrada no programa de mestrado profissional eu já sabia sobre qual tema gostaria de pesquisar: a água. Isso porque a cidade de Aimorés-MG, onde moro, e a cidade de Baixo Guandu-ES, onde está a escola em que trabalho, ambas localizadas em uma região com uma grande hidrelétrica, se encontram na região do Médio Rio Doce, uma das regiões do Rio Doce que foram fortemente atingidas pelos rejeitos da Samarco, no crime ambiental tecnológico que ocorreu no dia 05 de Novembro de 2015. Tanto a Samarco quanto

a hidrelétrica impactaram profundamente o meio ambiente e a vida da população local o que fez transbordar minha motivação com o tema. Essa motivação fez com que eu mesmo conduzisse os trabalhos com os alunos na minha escola, testemunhando suas descobertas e desafios durante a pesquisa.

De forma geral, o PROFBIO representou para mim, a mais intensa experiência de aprendizagem, pois, desde a primeira aula muitos conceitos e preconceitos caíram por terra. Foram-nos apresentados conhecimentos de fronteira, do limite do que o homem pôde estudar sobre a vida e o que se relaciona a ela, desde o *big bang* expansivo até a bioquímica energética. De fato, os professores fizeram jus à nobreza de suas cátedras, pois demonstraram dedicação e domínio em todas as aulas. Vale destacar ainda, minha orientadora Dr^a Fernanda Oliveira que, mesmo diante de cenários complexos, se desdobrou para elaborarmos nosso trabalho juntos, com dedicação e paciência. Também o Dr Marcelo Nagem, que trouxe uma bagagem científica imensa e uma humanidade e gentileza excepcional.

Por fim, as vivências e experiências no PROFBIO, trouxeram algo muito além dos conhecimentos, trouxeram o companheirismo e dedicação de uma turma extraordinária, ao qual remaram todos juntos o barco e não deixaram ninguém se afogar no caminho.

1.2 O Ensino Por Investigação Científica

Um dos grandes problemas que a educação brasileira enfrenta esta relacionado ao ensino baseado na simples transferência de conteúdos de forma desinteressante e descontextualizada, o que traz sérias dificuldades de aprendizado aos discentes. Nesse contexto, Ronca (1994, p.91) diz:

Na ausência de teorias de ensino, os professores são levados a valerem-se das normas disponíveis no folclore educacional ou basearem-se em exemplos do dia-a-dia ou, ainda, tentar descobrir técnicas de ensino através de tentativas de ensaio e erro.

Nesse contexto, há a necessidade de métodos que levistem o interesse dos alunos, conduzindo-os a uma busca ativa por seu próprio aprendizado, apresentando o processo de ensino-aprendizagem contextualizado com os estudantes e assim, formando cidadãos críticos e preparados para a vida em sociedade. E é nessa perspectiva que o ensino por investigação aparece como uma forte e atraente alternativa de ensino.

Bybee (2000) aponta que Charles W. Eliot, que presidiu Harvard entre 1869 e 1895, tenha feito referência ao uso de laboratórios nas práticas escolares, corroborado por Thomas

Huxley, um conceituado médico e biólogo evolucionista inglês, que defendia o ensino de ciências com o uso de práticas (apud RODRIGUES e BORGES, 2008).

Segundo *National Research Council* – NRC (2008), o Ensino por Investigação Científica tem origem norte americana, concebido em meio a fortes críticas ao modelo de ensino diretivo, em que os estudantes são levados a aprender uma grande gama de conhecimentos. Assim, em meio a uma conjuntura histórica favorável a novas mudanças, no início do século XX um dos críticos, o progressista John Dewey, acreditava que a ciência seria também uma forma de aprender e não apenas a disposição de conteúdos para serem assimilados. Ele lançou a ideia que se tornaria base para a política de ensino dos EUA (BARROW, 2006).

Assim, o Ensino por Investigação Científica passou por diversas etapas de melhorias, principalmente diante da guerra fria, quando se tornou parte do currículo de várias disciplinas como a Biologia, baseando-se em experimentos com etapas básicas do método científico (BARROW, 2006). Isso se deu devido à necessidade do incentivo à formação de novos cientistas visando principalmente o desenvolvimento tecnológico e a defesa nacional norte americana. Também, passou a receber outras designações, como o termo “Alfabetização Científica”, que ampliou mais a sua abrangência. Segundo DEBOER (2006) (apud CLEMENT, CUSTÓDIO e FILHO, 2015, p. 113):

“[...] incluía uma compreensão do conteúdo da ciência pelo seu valor cultural, disciplinar e intelectual e para sua aplicação no dia-a-dia para auxiliar na tomada de decisão e resolução de problemas”.

Nos anos de 1950 e 1960, ocorreu grande escassez de matéria prima industrializada no Brasil, durante o período da segunda guerra mundial. Havia então uma demanda de desenvolvimento tecnológico no país (ANDRADE, 2011). Para tanto, diversas obras dos EUA e da Inglaterra foram traduzidas para serem utilizadas em uma reforma curricular que trouxesse como base, o Ensino por Investigação no Brasil. A meta era o desenvolvimento científico-tecnológico do país. No entanto, havia um grande caminho para a implantação do modelo estadunidense.

Esse método, de fato, foi utilizado em projetos do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) e promovido pelo ministério da educação que, segundo Andrade (2011), adquiriu kits de química e os distribuiu na educação básica. Em seguida, foi promovido um projeto intitulado “Iniciação Científica”, que produziu e distribuiu kits de biologia, física e química, que contavam com manuais anexos. Nesse contexto, o IBECC

desenvolvia materiais diversos para o ensino de ciências com apoio de capital estrangeiro e foram estruturados com base, segundo Barra e Lorenz (1986), na conceituação das Ciências como um processo intimamente investigativo e não apenas pela organização de conhecimentos previamente elaborados.

O ensino por investigação científica é pautado no ensino de ciências através de métodos semelhantes aos usados pelos cientistas, em laboratórios. Sendo assim, os discentes são levados a seguirem etapas equivalentes às do método científico. Segundo Guisasola *et al.* (2007), o professor conduz a prática do ensino por investigação, promovendo a formulação de hipóteses e fomentando a discussão passo-a-passo no decorrer da metodologia sempre fazendo com que os alunos reconheçam as reais razões dos procedimentos. Dessa forma, o professor deve ainda dosar a tarefa de acordo com as dificuldades e facilidades dos discentes.

Vale ressaltar que o caráter social, cultural e político da ciência são pressupostos indissociáveis ao ensino de ciências, de forma que essa perspectiva venha a auxiliar na formação cidadã e ética dos alunos (ARROYO, 1988). Nesse âmbito, o ensino de ciência deve se desvincular da vertente unicamente tecnicista e buscar a preparação do aluno para o futuro.

Trivelato e Tonidandel (2015) argumentam que o na construção de afirmações, o senso comum deve ser claramente distinto do conhecimento científico durante o uso do método de investigação científica. Para tanto, seria necessário o professor obter explicação e um modelo teórico para validar seus dados, tornando-os demonstração da conclusão para os discentes.

Na perspectiva do ensino por investigação, os estudantes demonstram seus conhecimentos prévios sobre o assunto, problematizam e são levados a levantar hipóteses assim como, a testá-las experimentalmente e por fim, a validá-las ou não, discutindo seus resultados (JÚNIOR E COELHO, 2013). Para Lewin e Lomascólo (1998) essas atividades de encarar trabalhos de laboratório como atividades de pesquisa legítima, levam o estudante à motivação, ao desejo de experimentação e à curiosidade, conduzindo-o a fortes mudanças conceituais e de atitude.

Segundo Hodson (1992) no ensino por investigação, há um maior aprendizado e desenvolvimento de conceitos quando os estudantes realizam investigações científicas feitas aquelas realizadas por cientistas em laboratórios. Júnior e Coelho (2013) e Azevedo (2004), por sua vez, definem que nesse processo o professor deixa de ter o papel clássico de atuar como detentor do conhecimento, passando a atuar como um mediador do conhecimento científico. Nesse contexto, o aluno é quem protagoniza e detém seu próprio aprendizado, buscando no professor apenas o balizamento dos conteúdos a serem aprendidos.

Munford e Lima (2007) enfatizam que diversos níveis de “abertura” das atividades de ensino por investigação podem ser aplicados, atribuindo ao professor a tarefa de direcionar aos alunos tal grau de abertura. Essa “abertura” seria o nível de autonomia do aluno na atividade, podendo ele ser responsável por todas as etapas do método científico (Problematização; levantamento de hipóteses; elaboração do arranjo experimental; coleta de dados; análise dos dados; conclusões) ou, de outra forma, receber um maior direcionamento do professor.

Munford e Lima (2007) argumentam que no ensino por investigação o nível de interferência do professor é diferente de acordo com a conjuntura no momento da proposta. O tempo gasto, o perfil dos alunos, os recursos disponíveis são alguns dos fatores que podem fazer com que o docente influa mais ou menos no processo de ensino-aprendizagem através do ensino por investigação.

O *National Research Council- NRC* (2000), propõe o uso de diferentes níveis de organização da atividade investigativa, conforme demonstrado no Quadro 01.

Quadro 01 - Quadro contendo os diferentes níveis de influência do professor que antagonizam com os diferentes níveis de auto direcionamento dos alunos.

| Característica Essencial | Variações | | | |
|---|--|--|---|--|
| 1. Aprendizes engajam-se com perguntas de orientação científica | Aprendizes propõem uma questão | Aprendizes selecionam questão entre questões previamente propostas, colocam novas questões | Aprendizes delimitam melhor e tornam mais clara a questão fornecida pelo professor, ou por materiais ou outras fontes | Aprendizes engajam-se com questões fornecidas pelo professor, materiais ou outras fontes |
| 2. Aprendizes dão prioridade às evidências ao responderem às questões | Aprendizes determinam quais seriam as evidências e realizam coletas de dados | Aprendizes são direcionados na coleta de certos dados | Aprendizes recebem dados e têm de analisá-los | Aprendizes recebem dados e instruções de como analisá-los |
| 3. Aprendizes formulam explicações a partir de evidências | Aprendizes formulam explicações após sumarizarem as evidências | Aprendizes são guiados no processo de formulação de explicações a partir de evidências | Aprendizes recebem possíveis formas de utilizar evidências para formular explicações | Aprendizes recebem evidências |
| 4. Aprendizes avaliam suas explicações à luz de explicações alternativas e conectam suas explicações ao | Aprendizes examinam independentemente outros recursos e estabelecem as relações com as explicações | Aprendizes são direcionados para áreas ou fontes de conhecimento científico | Aprendizes são informados acerca de possíveis conexões | |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| conhecimento científico | | | | |
| 5. Aprendizes comunicam e justificam explicações | Aprendizes constroem argumentos razoáveis e lógicos para comunicar explicações | Aprendizes são treinados no desenvolvimento da comunicação | Aprendizes recebem diretrizes para tornar sua comunicação mais precisa | Aprendizes recebem instruções passo a passo e procedimentos para se comunicarem |
| Mais----- Nível de Auto-direcionamento dos Aprendizes ----- Menos Menos----- Nível de direcionamento do professor ou de material ----- Mais | | | | |

Fonte: *National Research Council* (2000) traduzido por Munford e Lima (2007, p. 100, 101).

Munford e Lima (2007) relatam que um dos desafios do método, tanto para professor quanto para os discentes, é selecionar dentre as perguntas comuns, quais seriam questões testáveis. Sendo assim, segundo parâmetros curriculares norte-americanos, as questões devem ser centradas no mundo natural, relacionadas a conceitos científicos e levar a investigações empíricas, com coleta e uso de dados para explicar fenômenos. Há ainda uma ênfase na utilização do termo “Como?” ao invés de “Porquê?”, uma vez que o desejo é de que não se chegue a conclusões definitivas.

Para Zompero e Laburú (2016) há de se encontrar uma certa dificuldade nos dias de hoje, em termos práticos, de se realizar a problematização com os próprios alunos, uma vez que as turmas são muito grandes. Assim, aconselha-se que o problema seja realizado pelo professor.

Nesse âmbito, Munford e Lima (2007) advogam que a maior parte das questões levantadas naturalmente por estudantes em sala de aula não possuem cunho científico, obrigando muitas vezes o professor a influenciar fortemente na elaboração da questão ou até mesmo a entregar uma questão pré-formulada para que seja investigada pelos discentes. Isso ocorre principalmente devido a inexperiência da turma ao se trabalhar com investigação científica.

Outro ponto importante apontado pelo NRC (2000), é que o método da investigação científica visa o aprendizado do estudante através da coleta de dados e de sua própria observação. Assim, de forma empírica, o aluno aprende ciências, já que normalmente seu aprendizado está focado na autoridade do professor ou na plausibilidade, ou seja, apenas porque obedece uma sequência lógica.

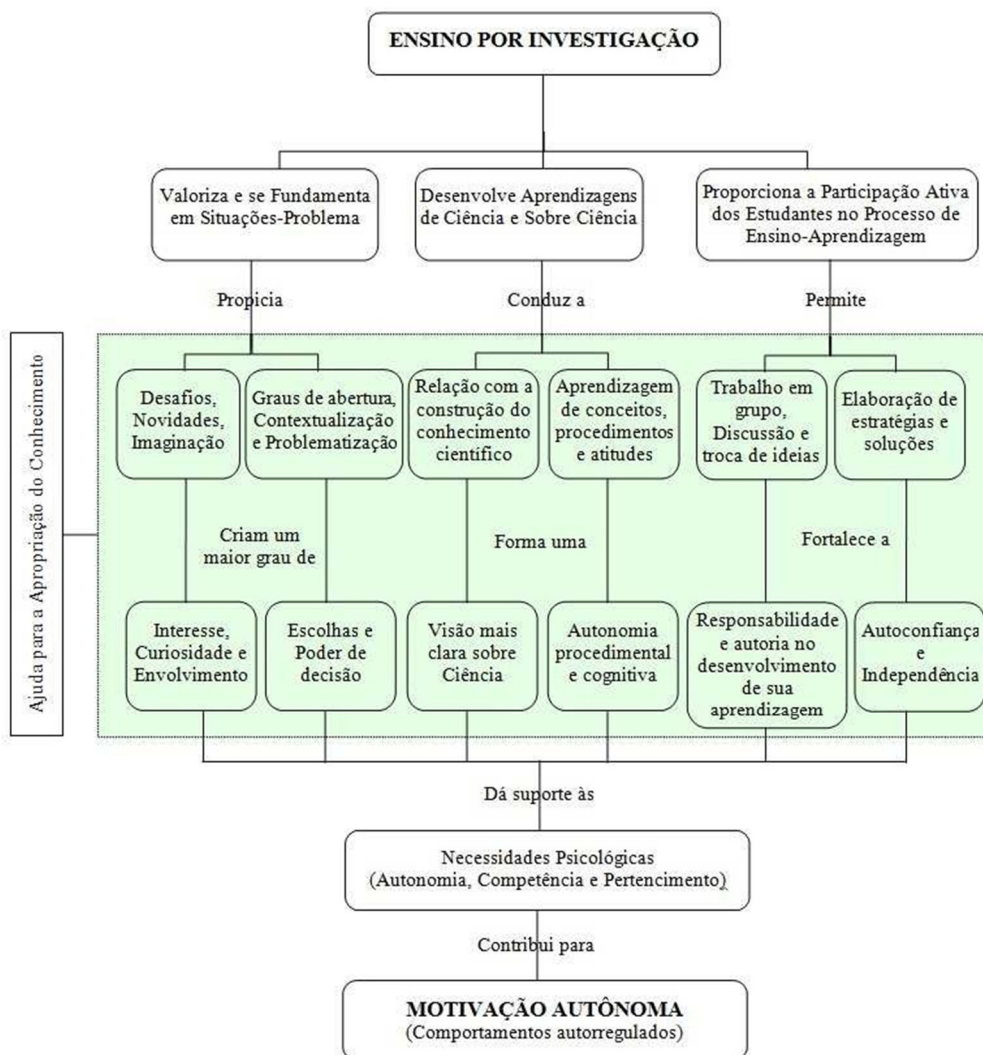
Sasseron e Carvalho (2011, p. 73) relatam que:

É necessário, pois, ao nosso ver, desenvolver atividades que, em sala de aula, permitam as argumentações entre alunos e professor em diferentes momentos da investigação e do trabalho envolvido. Assim, as discussões devem propiciar que os alunos levantem hipóteses, construam argumentos

para dar credibilidade a tais hipóteses, justifiquem suas afirmações e busquem reunir argumentos capazes de conferir consistência a uma explicação para o tema sobre o qual se investiga.

Clement et. al. (2015) estabelecem os pontos importantes da metodologia, que pode ser visualizada na Figura 01.

Figura 01 - Organograma sobre pontos importantes do ensino por investigação.



Fonte: Clement et al. (2015)

Azevedo (2004) elenca também as vantagens do uso do ensino por investigação. Na primeira, despertar o interesse dos alunos, uma vez que a partir da participação do aluno nas atividades de investigação científica, os conhecimentos prévios e os gerados na atividade podem servir de base para o conhecimento, estimulando discussões e a curiosidade. Ressalta-se aqui, que não é esperada uma autonomia total dos alunos para atingir os objetivos da

atividade, subentendendo-se que o professor suprirá as lacunas operacionais do método. Em segundo, o aluno desenvolve habilidades de resolver problemas, como parte integrante da metodologia, estimulando ainda suas capacidades de raciocínio, plasticidade, esperteza e iniciativa. Destaque ainda para aprendizados que vão além dos conceitos, como “as atitudes, os valores e as normas, que favorecem a aprendizagem.” (AZEVEDO, 2004).

Dessa forma, ficam claros os pontos importantes e as principais características do método de ensino por investigação científica, que culmina em autonomia, competência, pertencimento por parte dos discentes, e colaborando ainda para sua motivação autônoma.

Nesse âmbito, metodologias de ensino que transformem o cotidiano escolar em momentos interessantes e participativos são extremamente urgentes na educação pública brasileira, que vem tentando inserir há algum tempo em seu contexto, o ensino investigativo (ANDRADE, 2011). Através do ensino investigativo, os alunos são levados a investigar fenômenos, agindo como cientistas profissionais. Segundo Scarpa, Sasseron e Silva (2017), o aluno no ensino investigativo é levado a resolver problemas através de ações e atitudes de forma prática, e que além dessa resolução de problemas, os alunos precisam compreender como se deu a resolução desse problema e o que foi utilizado na resolução do problema.

É nesse sentido que o ensino por investigação traz para a sala de aula, o protagonismo dos discentes, tornando-os responsáveis pelos seus conhecimentos. Eles são levados à compreensão da ciência de forma detalhada e lógica, compreendendo os processos e como se dá a produção de conhecimento científico, além de passar a ter, na prática, criticidade para modificar o seu ambiente através dos conhecimentos adquiridos.

1.3 A Alfabetização Científica em uma Perspectiva Ciência Tecnologia e Sociedade ou Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS/CTSA)

Segundo Sasseron e Carvalho (2011) várias denominações são dadas para o ensino de ciências por meio do uso dos conhecimentos científicos, o ensino por investigação. Devido às variações do uso dos termos em línguas estrangeiras tem-se os termos “Alfabetização Científica” (BRANDI e GURGEL, 2002, AULER e DELIZOICOV, 2001, LORENZETTI e DELIZOICOV, 2001, CHASSOT, 2000), “Letramento Científico” (BRANDI e GURGEL, 2002, AULER e DELIZOICOV, 2001, LORENZETTI e DELIZOICOV, 2001, CHASSOT, 2000) e ainda “Enculturação Científica” (CARVALHO e TINOCO, 2006, MORTIMER e MACHADO, 1996).

A abrangência do termo Alfabetização Científica (AC) é um tanto ampla e complexa, porém, é disposta de forma sutil por Sasseron e Carvalho (2008, p. 335, 336):

Assim sendo, emerge a necessidade de um ensino de Ciências capaz de fornecer aos alunos não somente noções e conceitos científicos, mas também é importante e preciso que os alunos possam “fazer ciência”, sendo defrontados com problemas autênticos nos quais a investigação seja condição para resolvê-los.

E é nessa perspectiva que Sasseron (2014) advoga que o ensino por investigação científica não objetiva a formação de cientistas mirins, mas sim a compreensão do conhecimento científico por meio de habilidades intelectuais similares a práticas científicas, aos quais pode ser chamado de Alfabetização Científica (AC) (SASSERON, 2014).

Neste trabalho a sequência didática com cunho investigativo será denominada Sequência de Ensino Investigativo (SEI). Nessa perspectiva, em uma SEI o professor precisa programar sua aula para apresentar investigação de forma clara e consistente, de acordo com Sasseron (2015, p. 59): “Ao trabalhar na implementação de SEI, o professor precisa garantir que tanto a atividade experimental quanto a leitura de textos, por exemplo, sejam igualmente investigativas, ou seja, tenham por trás um problema claro que precise ser resolvido.”.

Como parte integrada a SEI, a Alfabetização Científica aparece como um grande objetivo no processo investigativo uma vez que visa a construção do fazer científico de modo ampliado. Como propõe as autoras Sasseron e Carvalho (2008), este trabalho utiliza o termo Alfabetização Científica, que se baseia no conceito de alfabetização de Paulo Freire (1980, p. 111 apud SASSERON e CARVALHO, 2008, p. 334):

A alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. (...) Implica numa autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto.

Com base nisso, o alfabetizado cientificamente precisa compreender o mundo que o rodeia de forma crítica e consciente, além de desenvolver a capacidade de pensar com encadeamento lógico e de forma consciente (SASSERON e CARVALHO, 2008).

Nesse âmbito, a AC pode ser considerada como um processo de enculturação científica, onde se busca, além de todas as culturas trazidas pelos discentes, introduzir a cultura científica em uma forma nova de vislumbrar o mundo que rodeia os estudantes. Assim, o alfabetizado cientificamente deverá ainda, alterar o ambiente à sua volta e a si, fazendo uso de conhecimentos e práticas científicas (SASSERON e MACHADO, 2017). Sobre isso, Sasseron (2015, p. 55) propõe:

A partir dessas ideias acerca do trabalho científico, podemos conceber a cultura científica como o conjunto de ações e de comportamentos envolvidos na atividade de investigação e divulgação de um novo conhecimento sobre o mundo natural.

A AC é estruturada sob 3 eixos distintos (SASSERON e CARVALHO, 2008). Os dois primeiros eixos estruturantes da alfabetização científica estabelecem a compreensão de termos, técnicas e conhecimentos básicos científicos que conduzam o alfabetizado a compreender situações simples do dia-a-dia além de se referir a compreensão da natureza da ciência e dos preceitos éticos envolvidos no processo de fazer ciência (SASSERON e CARVALHO, 2008). Por fim, o terceiro eixo estruturante ao qual, de acordo com Sasseron e Carvalho (2008, p. 335):

[...] compreende o *entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente* e perpassa pelo reconhecimento de que quase todo fato da vida de alguém tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciências e tecnologias. Neste sentido, mostra-se fundamental de ser trabalhado quando temos em mente o desejo de um futuro saudável e sustentável para a sociedade e o planeta.

Outro importante ponto são os indicadores da ocorrência da AC que se alicerçam sobre os três eixos estruturantes. Segundo Sasseron e Carvalho (2008, p. 338):

Estes indicadores são algumas competências próprias das ciências e do fazer científico: competências comuns desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levem ao entendimento dele.

Dessa forma, esses indicadores aqui se fazem categorias para a verificação dos indícios da AC, e baseando-se em Sasseron e Carvalho (2008), são descritas como:

A **seriação de informações**, que parte da criação de um aparato base para ações e que não necessita de uma ordem rígida, mas de uma série de palavras, ideias ou frases para a finalidade pretendida;

A **organização de informações**, que acontece quando se debate sobre a forma de realização de um trabalho e que aparece o momento da procura pela organização para informações, tanto recentes quanto já debatidas. Assim, esse pode ser um indicador, tanto inicial de uma temática, quanto para retomar uma ideia;

A **classificação de informações** acontece quando as informações adquiridas devem ser sistematizadas de forma hierárquica. Projeta-se como o estabelecimento de uma ordem dos itens trabalhados, buscando o estabelecimento de relações entre eles;

O **raciocínio lógico** se apresenta na forma pelas quais ideias são construídas e demonstradas, relacionada à forma de exposição do pensamento nas afirmações e falas durante a aula;

O **raciocínio proporcional**, que relaciona as variáveis demonstradas entre si e apresenta estruturação do raciocínio mostrando interdependência possível entre essas variáveis nas falas e afirmações feitas durante a aula;

O **levantamento de hipóteses** aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema. Este levantamento de hipóteses pode surgir tanto da forma de uma afirmação como sendo uma pergunta;

O **teste de hipóteses** consiste nas etapas em que se põem à prova as suposições anteriormente levantadas. Pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias, quando o teste é feito por meio de atividades de pensamento baseadas em conhecimentos anteriores.

A **justificativa** aparece quando em uma afirmação qualquer proferida lança mão de uma garantia para o que é proposto; isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando mais segura.

O indicador da **previsão** é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos.

A **explicação** surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação sucede uma justificativa para o problema, mas é possível encontrar explicações que não se recebem estas garantias. Mostram-se, pois, explicações ainda em fase de construção que certamente receberão maior autenticidade ao longo das discussões.

Outra abordagem importante aparece no terceiro eixo estruturante proposto por Sasseron e Carvalho (2008) e aponta a importância do processo de AC em atender a uma perspectiva Ciência Tecnologia e Sociedade ou Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS/CTSA). Baseado nisso, Santos e Schnetzler (2003, p. 65 apud CHRISPINO, 2017) estabelecem aspectos visados em uma aula CTS/CTSA e que podem ser verificados no Quadro 02.

Quadro 02 - Aspectos visados em uma aula CTS onde se evidenciam as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.

| Aspectos CTS | Esclarecimentos |
|-----------------------------|--|
| 1- Natureza da ciência. | 1 - Ciência é uma busca de um tipo de conhecimento dentro de uma perspectiva social. |
| 2 - Natureza da Tecnologia. | 2 - Tecnologia envolve o uso do conhecimento científico e de outros conhecimentos para resolver problemas práticos. A humanidade sempre teve tecnologia. |

| | |
|---|--|
| 3 - Natureza da Sociedade. | 3 - A sociedade é uma instituição humana na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas... |
| 4 - Efeito da Ciência sobre a Tecnologia. | 4 - A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas. |
| 5 - Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade. | 5 - A tecnologia disponível a um grupo humano influencia grandemente o estilo de vida do grupo. |
| 6 - Efeito da Sociedade sobre a Ciência. | 6 - Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica. |
| 7 - Efeito da Ciência sobre a Sociedade. | 7 - Os desenvolvimentos de teorias científicas podem influenciar o pensamento das pessoas e as soluções de problemas. |
| 8 - Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia. | 8 - Pressões dos órgãos públicos e de empresas privadas podem influenciar a direção da solução do problema e, em consequência, promover mudanças tecnológicas. |
| 9 - Efeito da Tecnologia sobre a Ciência. | 9 - A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos. |

Fonte: Santos e Schnetzler (2003, p. 65 apud CHRISPINO, 2017, p. 72).

O movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade emergiu no contexto em que os problemas ambientais se agravaram muito e que a ciência ou a natureza da ciência e sua influência na sociedade se tornaram temas centrais de debates (SANTOS, 2007). Mesmo agregando as questões ambientais implicitamente, o movimento CTS passou a ser denominado Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) visando uma maior aplicação das relações estabelecidas ao meio ambiente que poderia ser subutilizado (SANTOS, 2007).

Nessa perspectiva, segundo Santos e Vasconcelos (2008, p. 3, apud SANTOS, 2017, p. 22, 23):

Como os problemas ambientais são causados pelo esgotamento que as atividades humanas vêm causando a natureza alguns autores passaram a incorporar ao enfoque CTS as questões ambientais passando a utilizar a sigla CTSA. A questão ambiental é uma preocupação cada vez mais presente em toda a sociedade e é uma realidade com a qual o ser humano precisa aprender a conviver. Isso implica na necessidade de um ensino voltado para essa temática, que venha contribuir para a formação de sujeitos críticos que busquem a preservação da vida do planeta e melhores condições sociais para a existência humana.

Dessa forma, o contexto CTS/CTSA traz consigo a reflexão sobre valores culturais, sociais e históricos da ciência e da tecnologia como construções humanas, além de buscar reflexões sobre os avanços da ciência e da tecnologia tanto de forma positiva, quanto negativa (CHRISPINO, 2017). Vale ressaltar aqui, que de acordo com Diegues (1996), a preservação da vida natural (meio ambiente) não pode ocorrer de forma isolada do homem, uma vez que estão arraigadas nesse ambiente natural diversas atividades antrópicas tradicionais. Assim, as relações CTS/CTSA são ainda reconhecidas como importantes para os valores humanos e dessa forma, descritos por Chrispino (2017, p. 6):

[...] a ciência e a tecnologia são vistos como projetos complexos em que os valores culturais, políticos e econômicos nos ajudam a configurar os processos tecnocientíficos os quais, por sua vez, afetam os valores mesmos e a sociedade que os mantém.

Por fim, para se introduzir os alunos no processo de enculturação científica é imprescindível que sejam realizadas ações que considerem as relações CTS/CTSA em qualquer sequência de ensino investigativa (CARVALHO, 2011).

1.4 A Água

1.4.1 A Crise Hídrica em Foco

A água doce da Terra não chega a três por cento do total de água no planeta, sendo que, de toda essa água doce, apenas um quarto está disponível para o uso humano, fato agravado pela distribuição extremamente irregular. No Brasil, a maior parte da água doce está no norte do país onde há menor concentração de pessoas (REBOLÇAS, 2003). Além disso, toneladas de esgoto e lixo são lançadas nos leitos de rios, córregos e oceanos, tornando, muitas vezes, essa água difícil de ser tratada, ou mesmo impossível de chegar até as torneiras das casas. Segundo a ONG TrataBrasil (2015) apenas 44,92% dos esgotos sanitários do Brasil recebem tratamento adequado e a universalização da água e do esgoto apresentam um custo de 302 bilhões de reais diante do *déficit* sanitário, ou seja, esse é o custo para levar água tratada e realizar o tratamento dos esgotos de toda a população brasileira. Essa situação é também muito grave do ponto de vista ambiental, pois a poluição da água dos rios, mares, oceanos, lagos e córregos prejudica a vida e a reprodução de diversos seres vivos, influenciando negativamente nos ecossistemas, aquáticos ou não.

É devido a essa importância do tema água e das mais diversas consequências de seu mau uso que foram instituídas políticas diversas de preservação e conscientização, a exemplo do Dia Mundial da Água. Este foi criado pelas Organizações das Nações Unidas (ONU) em 1993 através da resolução A/RES/47/193 e foi instituído como dia para comemorar e refletir sobre a importância e preservação da água em nível global. Todo esse esforço, no entanto, está longe de alcançar os resultados necessários para efetiva conservação desse recurso, quanto mais em tempos recentes, onde meio ambiente e as ciências vem sofrendo fortes ataques e tentativas de relativização, tanto por parte de setores ruralistas radicais, quanto de alas políticas extremadas.

1.4.2 Rio Doce: História e Importância

Há na atualidade uma forte crise hídrica no mundo, marcada pela falta de água em algumas regiões que antes recebiam o recurso abundantemente. Ocorre ainda que grande parte dos corpos d'água do Brasil recebem dejetos de origem residencial ou industrial sem qualquer tratamento. A Bacia Hidrográfica do Rio Doce é uma importante fonte de água localizada na região sudeste do país, com alta concentração populacional e que vem sofrendo com o assoreamento, a falta de água e a poluição. Este é também o principal rio que abastece a cidade de Baixo Guandu-ES (SANTOS, 2017) e região, local onde está situada a escola de realização deste trabalho.

A Bacia do Rio Doce é uma das mais importantes de Minas Gerais, onde fica 86% de sua extensão territorial e uma das principais bacias hidrográficas do Espírito Santo, onde fica a porção restante de 14% de sua área total. A bacia foi invadida pelos portugueses em 1501, e durante o chamado Período do Ouro, entre os séculos XVII e XVIII, ocorreram muitas atividades de mineração nas margens e no interior do Rio Doce, de onde foram retiradas grandes quantidades de ouro e pedras preciosas. No entanto, os minerais, até então desconhecidos pelos mineiros, e demais detritos retirados nas atividades mineradoras, eram lançados nas águas do rio, o que provocou a primeira grande poluição no mesmo. Por volta dos anos de 1700 e 1701, ocorreu uma grande fome na região em decorrência da mobilização demográfica movida pela corrida do ouro. Um grande número de pessoas se acumulou ao longo do Rio Doce para atividades de mineração, o que levou a falta de alimentos e à dispersão de grupos pelo interior das matas formando as primeiras ocupações nas margens do rio (HORA et. al., 2012).

Contudo, a grande exploração econômica só veio a partir do século XX, em especial com a inauguração da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) em 1910, com suas estradas sacramentando uma cultura econômica centrada na extração de madeira e plantio de café até a inauguração das empresas Belgo Mineira, Acesita e Usiminas quando passou a ter grande importância a extração de minerais, principalmente na região de Itabira-MG. Todas essas atividades e a adoção da pecuária aceleraram o desmatamento das margens dos rios da Bacia do Rio Doce, causando um processo de assoreamento rápido, devido à grande retirada da cobertura vegetal (HORA et. al., 2012).

Devido a essas atividades de mineração e a intensa ocupação e urbanização histórica e atual, a Bacia do Rio Doce passou por profundas mudanças com lançamento de grandes

volumes de esgoto urbano e industrial em suas águas, além do assoreamento e da poluição oriunda das atividades de mineração (HORA et al., 2012).

Assim, nos tempos atuais, onde a mineração mecanizou-se e foram potencializadas suas capacidades de extração, a legislação ambiental e a consciência ecológica proporcionalmente deram um salto e passaram a ser vistas com muito mais importância pela sociedade. Fato esse que, no entanto, não impediu que uma série de fatores levasse ao maior desastre ambiental-tecnológico já sofrido por um rio brasileiro, o desastre de Mariana, Minas Gerais, em decorrência de atividades de mineração.

Em cinco de novembro de dois mil e quinze, devido a um problema estrutural, cerca de sessenta milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração foram liberados, matando dezoito pessoas, deixando um desaparecido e contaminando gravemente as águas do Rio Doce. A mineração pertencia à Samarco, empresa controlada pela companhia Vale e pela anglo-australiana BHP Billiton. Diversos metais estavam presentes nos rejeitos, o que levou ao desabastecimento de água às populações ribeirinhas, centenas de milhares de pessoas, e levando ainda a morte de muitos peixes e animais. Estima-se que várias espécies ameaçadas de extinção, algumas endêmicas, possam ter sido extintas com o desastre (LACAZ *et al.*, 2017).

Assim, segundo Lacaz, *et al.* (2017) o tempo necessário para a recuperação da bacia hidrográfica do Rio Doce pode levar décadas, ocorrendo que as dimensões do desastre são tão grandes que torna difícil calcular a devida recuperação. Como consequência disso, além dos agravos ambientais e sociais citados, terras indígenas foram atingidas, os Krenak de Minas Gerais, os Tupiniquins e Guaranis do Espírito Santo, demonstrando o impacto causado pelo desastre, que atingiu dimensões imensuráveis e que permeia diferentes esferas culturais, econômicas e turísticas ao longo da bacia hidrográfica.

Além dessas atividades de mineração que ocorreram ao longo dos últimos séculos e que se agravaram no século XIX, a intensa ocupação e urbanização histórica e atual da Bacia do Rio Doce, houve profundas mudanças com lançamento de grandes volumes de esgoto urbano e industrial em suas águas, além do assoreamento e da poluição oriunda das atividades de mineração (HORA et al., 2012).

A contaminação do rio por esgotos urbanos e industriais (efluentes) tem como consequência a ameaça à saúde das pessoas, atingidas de maneira mais silenciosa, já que não se tem um foco social ou midiático tão grande nos casos de diarreias infecciosas, quanto em mortos por desastres. Assim, em um estudo realizado por Guedes *et al.* (2015) sobre o risco de adoecimento por exposição às águas do Rio Doce na região de Tumiritinga-MG, é citada a

relação de poluição e assoreamento do rio, devido às atividades industriais, mineradoras e agropecuárias, porém, é enfatizado o fato de que o lançamento de esgotos sanitários na calha do rio é um dos principais fatores relacionados à degradação da qualidade da água com dados indicados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). No mesmo trabalho, são citadas atividades de monitoramento realizadas pelo Ministério da Saúde, em que foram encontrados coliformes fecais, totais dentre as amostras retiradas na porção mineira do Rio Doce, e ainda, estabelece uma relação entre coliformes e fenóis (33%) referenciando a alta concentração de contaminação por dejetos humanos nas águas do Rio Doce.

1.4.3 O Rio Guandu e sua Importância Regional

Mesmo pequeno, com menor volume de água e uma extensão de cerca de 160 km, o Rio Guandu é um dos principais afluentes do Rio Doce em sua porção capixaba. Ele nasce em Afonso Cláudio e percorre seu caminho pelo interior capixaba até a cidade de Baixo Guandu, onde deságua no Rio Doce. O Rio Guandu abastece grande quantidade de ribeirinhos além de realizar a drenagem de uma área de aproximadamente 2.145 km² (SILVA et al., 2013).

A cidade de Baixo Guandu utilizou as águas do Rio Guandu durante o pico de poluição e turbidez causado pelo desastre da Samarco (FAVARO, 2015), sendo crucial no período, ao evitar o desabastecimento da cidade. Com isso, o Rio Guandu pode ser notado como importante manancial regional, além de ser base ecológica e econômica (agricultura), também aparece como uma fonte alternativa de captação de água em momentos de emergência.

1.5 O Tema Água e os Micro-organismos no Currículo do Ensino Básico

O Currículo Básico da Escola Estadual do Espírito Santo (CBEE, 2009) é o mais importante documento norteador da educação básica no estado do Espírito Santo e constitui-se assim como documento estruturante para este trabalho. De acordo com o documento, a água é trabalhada no ensino fundamental I (Do primeiro ao quarto ano) e no ensino fundamental II (Do quinto ao nono ano), por suas propriedades físico-químicas, as doenças transmitidas pela água, dentro do conteúdo 'Ecologia', no âmbito do estudo dos sistemas do corpo humano e ainda, as transformações químicas e físicas envolvendo a água, assim como sua constituição química.

De igual forma, no primeiro ano do ensino médio também é abordado o tema água dentro do conteúdo “ecologia” (CBEE, 2009). Nesse âmbito o tema água aparece também nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) que foram parâmetros estabelecidos pelo governo federal buscando uma padronização do ensino ao qual, destes se baseou o CBEE do estado do Espírito Santo. E é nessa perspectiva que a o ensino sobre a água é abordado em seus mais amplos aspectos dentre os quais, os voltados ao ambiente natural e ao funcionamento do organismo de acordo com o PCN (1997, p. 37):

as relações entre água e seres vivos, que por si só merecem vários capítulos das Ciências Naturais, posto que repor a água é condição para diferentes processos metabólicos (funcionamento bioquímico dos organismos), para processos de reprodução (em plantas, animais e outros seres vivos que dependem da disponibilidade de água para a reprodução), para a determinação do hábitat e do nicho ecológico, no caso de seres vivos aquáticos;

Também é abordado o mundo microbiológico para implementação na disciplina de ciências no ensino fundamental, como organismos patógenos, decompositores e poluentes da água (PCN, 1997). O tema também é descrito no currículo, junto às classificações dos seres vivos, como vírus, bactérias e fungos no sétimo ano do ensino fundamental II (CBEE, 2009).

1.6 O Mundo Microbiológico no Ambiente Aquático

A água é um recurso de tal importância que permeia diversos setores da sociedade, dentre eles o setor econômico e de saúde pública. Stukel et. al. (1990) propõem que a presença de agentes infecciosos levados pela água no meio rural é alta, principalmente devido ao manejo inadequado e a presença de animais próximos às fontes de captação. Situações como essas podem levar doenças, o que pode trazer danos à saúde dos seres humanos e, ainda, levar a prejuízos econômicos através do adoecimento de animais.

Assim, segundo Siqueira et. al. (2010, pag 63-66):

Esse fato [presença de contaminação na água] ainda chama a atenção para a necessidade de monitoramento da qualidade microbiológica das águas empregadas na produção de refeições, pois estas mesmas, se não estão em conformidade com a legislação vigente, poderão levar a surtos de toxinfecção alimentar aos comensais.

Essa preocupação em relação à contaminação microbiológica da água deve sempre ser combatida com ações e políticas que busquem a minimização do problema, seja com melhorias das condições sanitárias, seja através da conscientização das populações. É sabido que as condições sanitárias são muito negligenciadas pelo poder político e entre os fatores

envolvidos nesse problema, estão os altos custos inerentes a implementação de obras de saneamento básico. Segundo Carlos (2015), no Brasil, há mais escolas conectadas a internet do que com sistema de coleta de esgotos. Isso ilustra o direcionamento de recursos e vontade política para outros fins estranhos ao saneamento básico no país.

O Manual Prático de Análise da Água (FUNASA, 2013, p. 9) estabelece que o objetivo do exame microbiológico da água é fornecer subsídio a respeito da sua potabilidade, isto é, ausência de risco de ingestão de micro-organismos causadores de doenças, geralmente provenientes da contaminação pelas fezes humanas e outros animais de sangue quente.

Dentre esses organismos, os do grupo Coliforme são os principais indicadores biológicos de contaminação na água. Isso porque, é inviável e demorado realizar a detecção de todos os tipos de organismos patógenos na água, assim, a presença do grupo coliforme traz a indicação da possível presença de bactérias nocivas à saúde humana na água. Assim, o grupo dos coliformes totais é formado por *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, mas podem haver outros tipos de bactérias. Já o os coliformes fecais ou termotolerantes tem como representante principal, a *Escherichia coli*. Sua presença demonstra maior precisão em se concluir que houve contaminação fecal na água (FUNASA, 2013).

Nesse âmbito o manual ressalta que a água potável não deve conter micro-organismos patogênicos e deve ainda estar livre de bactérias indicadoras de contaminação por fezes, como a *Escherichia coli* (FUNASA, 2013).

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL) estabelece que nos padrões de potabilidade da água para consumo humano, a bactéria *Escherichia coli* deve estar ausente em 100 mL de amostra, na saída da estação de tratamento. Porém, admite a possibilidade da presença de coliformes totais em uma amostra por mês, para sistemas de até vinte mil habitantes e em 5% das amostras mensais, para sistemas acima de vinte mil habitantes.

Dessa forma, a discussão sobre o Tema Água é de extrema importância nos dias atuais, uma vez que a falta ou a má qualidade da água se tornaram um problema recorrente e expansivo a toda a sociedade. É imprescindível fomentar a discussão sobre este tema incorporando, ainda, as questões socioambientais inerentes a esse valioso recurso. A hipótese deste trabalho é de que o uso de práticas pedagógicas que permitam o protagonismo dos alunos na construção do conhecimento possibilite um maior interesse e conhecimento sobre este tema.

A avaliação da qualidade microbiológica da água junto aos alunos do Ensino Médio pode permitir um caminho integrador do tema água ao universo microbiológico. Espera-se

que os alunos, na prática, utilizem os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula sobre a água, a análise de qualidade da água, o universo microbiológico e, dessa forma, que junto a estes conhecimentos básicos, possam ainda desenvolver uma visão crítica da importância de se cuidar dessa substância vital.

A informação e o conhecimento são grandes armas no combate à poluição e ao desperdício da água, e um momento muito oportuno para a inserção desses conhecimentos é durante o período escolar, na educação básica. Nesse âmbito, a inserção do tema “Água” por meio do Ensino por Investigação pode se tornar uma importante ferramenta para a formação dos alunos frente aos grandes problemas ambientais da atualidade sendo a poluição e a falta da água, apenas alguns desses.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar a inserção do Tema: “Água – qualidade, análise microbiológica e importância” no conteúdo de Biologia para estudantes do 1º ano do ensino médio por meio do ensino por investigação.

2.2 Objetivos Específicos

- 1) Coletar dados sobre o volume de dejetos lançados no Rio Doce nas cidades de Baixo Guandu-ES, Aimorés-MG, Resplendor-MG e Itueta-MG para serem utilizados como dados complementares no desenvolvimento da prática pedagógica;
- 2) Promover atividades investigativas sobre a qualidade da água em um contexto local, por meio do método de ensino por investigação, com elaboração de um problema científico, levantamento de hipóteses, elaboração de plano de trabalho, montagem do arranjo experimental, análise dos dados e conclusão;
- 3) Avaliar o uso da prática pedagógica proposta, por meio da aplicação de um questionário sobre o tema “Água: qualidade, análise microbiológica e importância” antes e após o desenvolvimento da prática.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O tema água foi inserido no conteúdo programático dos alunos do 1º ano do ensino médio, sendo trabalhado no âmbito de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI). A SEI possuiu grande envergadura sociocultural, promovendo o fazer ciência como um meio de construção e intervenção no ambiente e voltado aos problemas locais, diferente do ensino tradicional, com conteúdos prontos. Nesse âmbito, o trabalho apresentou natureza majoritariamente qualitativa, sendo também desenvolvido um levantamento quantitativo dos questionários de sondagem aplicados antes e após a SEI. Foi utilizado o formato estudo de caso e foram realizadas práticas voltadas para o ensino investigativo, em que os sujeitos da pesquisa foram levados a realizarem procedimentos científicos e testar hipóteses, reconhecendo e direcionando ainda os conhecimentos construídos como forma de modificar a sociedade e o ambiente onde os sujeitos da pesquisa estão inseridos.

3.1. Local de Desenvolvimento do Projeto

Este trabalho foi desenvolvido na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio José Damasceno Filho (EEEFM José Damasceno Filho), localizada na Rua Quintino Bocaiuva, número 442, Bairro Sapucaia na cidade de Baixo Guandu, interior do estado do Espírito Santo, Apesar de a agricultura ser a principal fonte de renda da cidade, a escola encontra-se em meio totalmente urbano. Foi realizado um pedido de autorização para a realização deste trabalho à Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo que através de sua secretaria de ensino médio, concedeu a autorização por e-mail para a realização do projeto nas dependências da escola estadual (ANEXO A).

A escola se localiza no ambiente urbano do município, porém recebe alguns alunos vindos da zona rural. Estes representam uma pequena parcela do corpo discente, que recebe também alunos de classes sociais variadas dos entornos da escola e de regiões mais distantes. Isso se dá pelo fato da escola ser a única que oferece ensino médio regular e em horário normal na cidade.

A SEI não se limitou a parte interna da escola, pois ocorreu uma saída a campo para coleta de amostras. Nesta saída a campo foram visitados uma nascente a cerca de cinco quilômetros e meio de Baixo Guandu; o Rio Guandu, na região próxima à nascente ao qual seria retirada uma das amostras; e o Rio Doce, no bairro Santo Antônio do Rio Doce, a cerca de dois quilômetros da escola.

3.2 Os Sujeitos da Pesquisa

Foi solicitada autorização para a realização da pesquisa junto ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Juiz de Fora (CEP/UFJF) atendendo à Resolução CNS 466/12 de 2012 (BRASIL, 2012) por lidar com seres humanos. A pesquisa foi autorizada na data de oito de março de dois mil e dezenove como consta no termo consubstanciado do CEP, cujo parecer de aprovação possui o número 3.186.393 (ANEXO B).

Participaram da pesquisa os discentes da turma 1V01, da EEEFM José Damasceno Filho, do turno vespertino no total de 25 alunos, entre 15 e 17 anos de idade. Devido ao fato de serem todos menores de idade e visando atender aos preceitos éticos, todos assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (APÊNDICE A) e seus pais ou responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE B).

A assinatura dos termos TALE e TCLE se deram em duas reuniões na data de vinte de março de 2019 (Figura 02), quando primeiramente os discentes e, em seguida, pais ou responsáveis, foram convidados pelo professor pesquisador para tomarem ciência da realização do projeto sobre a qualidade da água, das etapas envolvidas no método de ensino por investigação científica ao qual a classe seria submetida. Na reunião foram esclarecidos os riscos e os benefícios do trabalho, bem como da importância do mesmo. Além disso, foi descrito o que seria feito para minimizar quaisquer riscos, conforme descrito no TCLE.

Figura 02 - Professor orienta pais de discentes sobre a pesquisa e solicita a assinatura do TCLE.



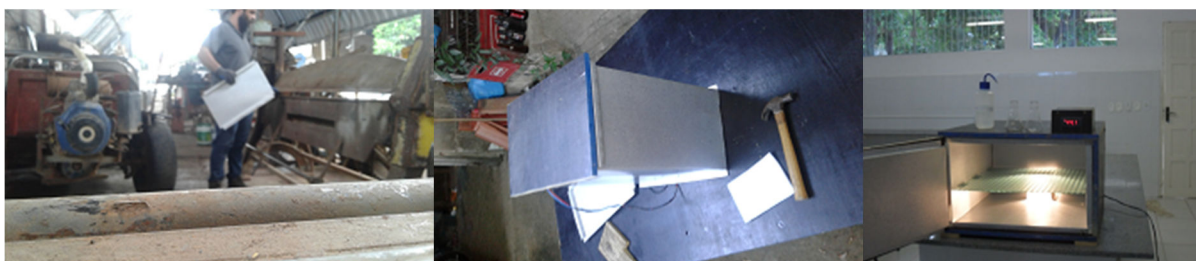
Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019)

3.3 A Intervenção Metodológica: A prática por Investigação Científica

A SEI ocorreu fundamentada em Sasseron e Carvalho (2008) e foi vinculada ao ensino com base em princípios socioculturais abrangendo o movimento CTS/CTSA (CHRISPINO, 2017). O formato da SEI foi inspirado no ‘Laboratório Aberto’ proposto por Azevedo (2004) “Uma atividade de laboratório aberto busca, como as outras atividades de ensino por investigação, a solução de uma questão, que no caso será respondida por uma experiência.”. Também foram utilizadas proposições da *National Research Council* (NRC), (2000, apud Munford e Lima, 2007) sobre o tema “Água”, com enfoque na qualidade e análise da água para consumo humano.

De forma preliminar e de acordo com a necessidade da pesquisa, o professor construiu uma estufa bacteriológica que aparelhou o laboratório durante a prática e que, após a metodologia aplicada, passou a fazer parte dos equipamentos laboratoriais da escola. A estufa foi feita a partir de um termostato digital, lâmpada incandescente de 60W, MDF, chapas de aço zincado, vidro, arrebites pop, fios elétricos e parafusos. Na Figura 03 pode-se observar a estufa em processo de produção e após ser concluída.

Figura 03 - Registro fotográfico da estufa bacteriológica em construção e após ser concluída.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Baseando-se nos diversos níveis de autodeterminação dos alunos, proposto pela NRC (2000 apud MUNFORD E LIMA, 2007), buscou-se trabalhar com o mais alto nível de autodeterminação conforme apresentado no Quadro 01. A SEI teve duração de 14 horas/aula e seguiu o seguinte panorama, conforme demonstrado no Quadro 03.

Quadro 03 - Percurso metodológico da sequência didática por investigação científica.

| Etapas | Data/Tempo | Estratégias Coleta Dados | Registros |
|---|---------------------------|--|---|
| Etapa 01: -Aplicação do questionário de sondagem inicial. -Apresentação da | 25/03/2019 1 hora/aula | -Aula dialogada; -Apresentação do projeto; -Preenchimento dos questionários. | Registros escritos; Questionários; fotografias. |

| | | | |
|---|----------------------------|--|--|
| sequência didática; -Entrega de textos. | | | |
| Etapa 02: - Problematização e elaboração do problema científico. | 27/03/2019 1 hora/aula | -Aula dialogada com data show; -Leitura e debate sobre reportagem com epidemia de diarreia nos Maxakali (BALBINO, 2018); -Debate dos dados sobre lançamento de esgoto não tratado nas cidades de Aimorés-MG (Anexo D), Baixo Guandu – ES, (Anexo E) e Itueta-MG (Anexo F) e Resplendor-MG (Anexo G). -Debate sobre água potável (dinâmica da garrafa d'água); -Divisão de grupos; -Formulação do problema científico. | Gravação em áudio; fotografias; registros escritos. |
| Etapa 03: Levantamento de hipóteses. | 01/04/2019 1 hora/aula | -Aula dialogada com data show; -Revisão dos problemas científicos; -Elaboração de hipóteses; -Solicitação de pesquisa e reflexão dos métodos de análise da água (extraclasse). | Registros escritos; fotografia; gravação em áudio. |
| Etapa 04: Elaboração do plano do trabalho. | 03/04/2019 2 horas/aula | -Aula dialogada com data show; -Criação de cronograma; -Elaboração de experimentos; -Apresentação do método dos tubos múltiplos (TM). | Registros escritos; fotografia; gravação em áudio. |
| Etapa 05: Montagem do Arranjo experimental: saída a campo e coleta de dados. | 08/04/2019 5 horas/aula | -Aula dialogada; -Saída para coleta de amostras no Rio Doce, Rio Guandu, na nascente e torneira; -Realização das análises elaboradas pelos grupos; -Fotografia de ações antrópicas no Rio Doce; -Realização das análises propostas (Tubos Múltiplos); -Registro de dados. | Registros escritos; fotografia; gravação em áudio. |
| Etapa 06: Análise dos dados. | 10/04/2019 1 hora aula | -Aula dialogada; -Organização dos dados coletados; -Organização inicial dos relatórios. | Registros escritos; fotografia; gravação em áudio. |
| Etapa 07: Elaboração dos Relatórios finais Elaboração do banner (Conclusão). | 15/04/2019 1 hora/aula | -Aula dialogada; -Correções nos relatórios feitos extraclasse; -Elaboração do banner pelos discentes. | Registros escritos; fotografia; gravação em áudio; banner. |
| Etapa 08: Sistematização do conhecimento. | 17/04/2019 1 hora/aula | -Aula dialogada; -Contextualização da metodologia, CTS/CTSA; -Debate sobre as partes da metodologia e o aprendizado. | Registros escritos; fotografia; gravação em áudio. |
| Etapa 09: Avaliação da metodologia e aplicação do questionário de sondagem final. | 22/04/2019 1 hora/aula | -Aula dialogada; -Avaliação da metodologia pelos discentes através de dinâmica participativa; -Questionário de sondagem final. | Registros escritos; fotografia; gravação em áudio; questionário. |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor baseado no quadro de Santos (2017).

Etapa 01: Na primeira etapa da SEI, os alunos foram convidados a responderem um Questionário de Sondagem (APÊNDICE C) como forma de se avaliar o conhecimento prévio que os mesmos possuíam sobre o assunto tema da sequência por Investigação Científica (Água: Qualidade, Análise microbiológica e importância). Este mesmo questionário foi aplicado no final da sequência didática e serviu como instrumento de avaliação qualitativa da construção do conhecimento pelos alunos a respeito do tema. Após a aplicação do questionário, foi apresentada para os alunos de forma expositiva, como seria desenvolvido o método científico utilizado na SEI. Por fim, foi distribuída uma reportagem sobre uma epidemia de diarreia que acometeu os índios Maxakali (ANEXO C) para leitura extraclasse.

Etapa 02: Esta etapa iniciou-se com uma aula dialogada utilizando o data show como recurso, onde foram lembradas as etapas do método científico e situado onde estariam os alunos no atual momento, a elaboração do problema científico. Posteriormente, foram realizadas algumas atividades com o objetivo de problematizar o Tema Água, no contexto da sua qualidade para consumo humano. A primeira atividade consistiu na leitura e debate da reportagem sobre a epidemia de diarreia nos índios Makaxali (BALBINO, 2018), entregue para os alunos na etapa 01. Em seguida, foram repassados para os alunos dados sobre o tratamento de esgoto nas cidades da região. Para esta atividade, houve previamente um levantamento de dados sobre tratamento de esgotos nas cidades de Aimorés-MG (ANEXO D), Baixo Guandu-ES (ANEXO E) e Itueta-MG (ANEXO F) e Resplendor-MG cidades que despejam seus dejetos na calha do Rio Doce ou em algum de seus afluentes. Junto às prefeituras dessas cidades foram protocolados requerimentos específicos solicitando dados sobre o volume de esgoto gerado na cidade, volume de esgoto tratado, não tratado e se havia projeto de criação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Na cidade de Resplendor, entretanto, foi negado o fornecimento de dados (ANEXO G). Esses dados foram levantados pelo professor e serviram como subsídio na aplicação da SEI proposta.

Também foi realizada uma dinâmica voltada para a qualidade da água consumida no município, em que através da distribuição da água do bebedouro levantou-se a discussão sobre as variáveis que atuavam sobre a água e a possibilidade de ela estar contaminada, mesmo apresentando características organolépticas que indicam o contrário.

Por fim, foram elaborados os problemas de pesquisa baseados nos parâmetros estabelecidos por Arango *et al.* (2009). Essa tarefa foi realizada em grupos, definidos nesta etapa e que seguiram por todo o decorrer do projeto.

Etapa 03: Nesta etapa os alunos foram levados a revisarem as perguntas científicas elaboradas na Etapa 02 e a alçar hipóteses ligadas à elas. Através da aula dialogada e com

auxílio do data show, foi debatido que as hipóteses seriam suposições dos discentes sobre o tema, as repostas ao qual esperavam baseando-se em seus conhecimentos prévios sobre o assunto. Assim, foram elaboradas as hipóteses e aos grupos foi pedida uma reflexão e pesquisas sobre o método ao qual usariam para testar se suas hipóteses estavam corretas.

Etapa 04: Os grupos foram então conduzidos à elaboração do plano de trabalho que corresponde a esta etapa. Baseando-se em suas hipóteses, o professor, auxiliado pelo data show, levou os discentes a refletirem sobre eventuais formas de comprovar ou refutar suas hipóteses através de testes práticos. Assim, cada grupo elaborou seu experimento e ajudou na elaboração do cronograma dos testes.

Foi apresentada aos discentes nessa etapa a técnica dos Tubos Múltiplos (TM) (APÊNDICE D), utilizada por universidades e por companhias de abastecimento para verificação da presença de coliformes na água. A técnica se baseia no Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2013) e segue as etapas que aparecem de forma resumida no Quadro 04.

Quadro 04 - Etapas do método dos TM.

| |
|--|
| <p>Teste Presuntivo: O primeiro teste para detecção de coliformes totais que utiliza o meio de cultura caldo Lauril Sulfato (LST), onde é detectada a presença preliminar de coliformes totais. Após inserir alíquotas de 10 ml, 1ml e 0,1 ml da amostra em cada série de 3 tubos, incubar em estufa bacteriológica a 35°C por 24 horas. Nesse tempo deve-se verificar a produção de gás e após 48 horas devem-se verificar novamente os tubos negativos.</p> |
| <p>Teste Confirmativo: Tomar os tubos positivos do teste presuntivo, 24h e 48h e através de um/a alça de sementeira, repicar com uma ou duas alçadas flambadas, nas mesmas quantidades de tubos contendo Caldo Verde Brilhante (VB) e verificar depois 24h e após 48h incubados em estufa bacteriológica a 35°C a presença de gás.</p> |
| <p>Teste de Termotolerantes: Tomar os tubos positivos no teste confirmatório e repicar com uma ou duas alçadas flambadas em tubos contendo o caldo <i>Escherichia coli</i> (EC). A repicagem deve ser feita em todos tubos positivos e aguardar 24h o aparecimento de gás, incubando a 44,5°C na estufa bacteriológica.</p> |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor baseado em FUNASA (2013) e Blodgett (2010).

Etapa 05: A etapa em questão se dividiu em 2 momentos: A coleta de amostras em campo e a análise das amostras no laboratório escolar.

No primeiro momento, os alunos foram levados a realizar as coletas de amostras de acordo com o experimento programado. Dessa forma, os alunos foram levados aos pontos de coleta de água: a nascente, o Rio Guandu, o Rio Doce e por fim, na torneira da própria escola de onde retiraram amostras de água tratada.

Durante a coleta de amostras no Rio Doce, por ser em um ambiente mais urbanizado, os alunos perceberam muitas ações do homem e houve então um pedido do professor para que os discentes registrassem as ações antrópicas por foto e enviassem por e-mail.

No segundo momento, as amostras foram levadas ao laboratório e foram realizados alguns experimentos propostos pelos alunos, bem como o teste dos tubos múltiplos. Os alunos realizaram observações visuais, microscópicas e registraram os dados.

Etapa 06: Foram realizadas a organização, debate e análise dos dados obtidos na etapa de montagem do arranjo experimental. Assim os alunos foram levados dialogicamente, a perceber a importância dos dados coletados, refletindo sobre cada um deles e a forma com a qual influenciam na resposta ao seu problema. Também foi realizada a orientação inicial dos relatórios finais.

Etapa 07: Foram então elaborados, extraclasse, os relatórios finais com as conclusões do estudo realizado pelos discentes. Os relatórios apresentaram introdução, desenvolvimento, com as etapas do trabalho de cada grupo, e por fim a conclusão dos estudos onde deveriam ser abordadas se as hipóteses estavam corretas ou se foram refutadas. Na aula foram feitas sugestões de ajustes conceituais nos relatórios, uma vez que haviam sido feitos fora da escola pelos grupos.

Considerando a divulgação como parte imprescindível da ciência, os discentes propuseram que fosse divulgado o trabalho realizado e o professor sugeriu a elaboração de um banner para expor os trabalhos para toda a comunidade escolar. Assim, os discentes elaboraram o *layout* e redigiram textos que deveriam ser expostos no banner com as etapas do trabalho e as conclusões de cada grupo.

Etapa 08: Nessa etapa os discentes foram levados à sistematização do conhecimento, que visa organizar o que os discentes fizeram de forma coletiva e trazer assimilação de toda a produção gerada pelos grupos e ainda uma contextualização em perspectiva CTS/CTSA. O trabalho com movimento CTS/CTSA visa trazer a tona a forte interação entre os conhecimentos científicos com a tecnologia e a influência e impactos dessas interações para a sociedade e o ambiente, sejam eles positivos ou negativos, ao passo que, de acordo com Lopes e Cerezo (1996, apud SANTOS, 2008): “Assim, uma proposta curricular de CTS pode ser vista como uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos.”.

Dessa forma, o professor atuou de maneira muito importante, questionando sobre as etapas investigativas realizadas, sobre o objetivo de cada uma delas e ainda, sobre os detalhes do que foi realizado.

Etapa 09: Foi realizada uma dinâmica participativa em que os alunos usaram uma cartolina e responderam nessa cartolina “Que bom”, onde o aluno descreveu o que achou de

bom nas atividades realizadas, “Que pena”, onde o aluno expôs o que deixou a desejar nas atividades e “Que tal?”, onde por fim os alunos descrevem o que poderia ser feito para melhorar as atividades propostas e que poderá ser utilizado para as próximas atividades. Cada grupo de alunos então mostrou seu cartaz para os demais e realizou uma breve explicação sobre suas críticas, sugestões e elogios, dialogando com o professor e os demais discentes sobre seus pontos de vista.

Também nessa última etapa foram respondidos os questionários de sondagem final e ainda e gerada uma sugestão de apresentação do trabalho dos discentes para toda a escola.

3.4 Os Limites da Pesquisa

Com natureza majoritariamente qualitativa, a pesquisa se limitou em investigar os aspectos pedagógicos da aplicação da SEI e que passou por reflexões e debates em sala de aula, saída a campo para coletas e aulas de laboratório teórico/práticas no âmbito da disciplina de biologia e que abrangeu a qualidade da água na região de Baixo Guandu – ES bem como seus parâmetros microbiológicos e físico-químicos relacionados à água, sob o tema: “A Qualidade da Água”. O projeto ocorreu em uma turma de primeiro ano regular do Ensino Médio no turno vespertino de uma Escola Estadual de Baixo Guandu, Espírito Santo. As bases desse trabalho se fundamentam no método de ensino denominado ensino por investigação científica e no movimento CTSA.

3.5 Categorias da Pesquisa

As categorias que nortearam a SEI são apresentadas por Sasseron e Carvalho (2008) como indícios da Alfabetização Científica (AC). Nesse âmbito também se buscou relacionar a ciência às ações humanas, culturais, sociais e ambientais dentro de uma perspectiva CTS/CTSA, com base em Santos e Schnetzler (2003, p. 65 apud CHRISPINO, 2017).

O questionário de sondagem (APÊNDICE C) foi um importante instrumento utilizado na pesquisa. Este foi aplicado antes e após o término da metodologia e foi classificado baseado em Vasconcelos *et al.* (2008) em Satisfatório, Parcialmente Satisfatório e Insatisfatório e os dados tabulados e utilizados na construção de gráficos com auxílio do programa Microsoft Excel 2010.

Assim, as respostas às questões do questionário tiveram essa classificação fundamentada no Currículo Básico da Escola Estadual do Espírito Santo (CBEE), publicado

para servir de base comum no estado a partir de dois mil e nove (CBEE, 2009). Também fazem parte dessa análise os Parâmetros Curriculares Nacionais, que são documentos norteadores do ensino fundamental, anos iniciais, publicados pelo então Ministério da Educação e do Desporto, através da Secretaria de Ensino Fundamental em mil novecentos e noventa e sete. (PCN, 1997) e ainda do PCN do Ensino Médio, debatido e lançado no ano dois mil pelo MEC. (PCN, 2000). Essas classificações foram estabelecidas como segue no Quadro 05.

Quadro 05 - Classificações para as respostas aos questionários de sondagem.

| Questões | Insatisfatório | Parcialmente Satisfatório | Satisfatório |
|--|---|--|---|
| 1: O que é água? | Conhecimento não sistematizado ou incoerente com as teorias cientificamente reconhecidas. | Fórmula química: H ₂ O ou estado físico líquido, sólido e gasoso ou essencial para a vida. | Formada por H ₂ O; estados físicos sólido, líquido e gasoso; essencial para a vida. |
| 2: Porque precisamos beber água e quais suas funções no organismo? | Conhecimento não sistematizado ou incoerente com as teorias cientificamente reconhecidas. | Hidratação ou eliminação de substâncias ou solvente ou constituição do organismo ou evitar doenças. | Hidratação; eliminação de substâncias; solvente; constituição do organismo, evitar doenças, transporte de substâncias. |
| 3: A água pode ser consumida com segurança, desde que esteja sem odor, sem gosto e sem cor (água cristalina)? | Conhecimento não sistematizado ou incoerente com as teorias cientificamente reconhecidas. | Respostas “não” sem justificativas. | Não pode conter contaminação com micro-organismos ou substâncias nocivas; Sim, se for tratada. |
| 4: O que são coliformes fecais e qual sua importância? | Conhecimento não sistematizado ou incoerente com as teorias cientificamente reconhecidas. | São bactérias ou são bactérias do intestino humano ou São bactérias que vivem nos animais ou indicam contaminação | São bactérias que vivem no intestino humano ou de animais de sangue quente e indicam contaminação. |
| 5: Todos os micro-organismos são nocivos à saúde? Explique. | Conhecimento não sistematizado ou incoerente com as teorias cientificamente reconhecidas. | Resposta apenas “não”. | Não. Há maioria dos micro-organismos não fazem mal e apenas uma minoria causa as doenças conhecidas. |
| 6: O que você sabe sobre o Rio Doce? Onde nasce, onde é sua foz, qual sua importância? | Conhecimento não sistematizado ou incoerente com as teorias cientificamente reconhecidas. | É um importante rio da região ou é importante para a vida local ou nasce em Minas Gerais ou nasce na Serra da Mantiqueira ou deságua em Regência, Linhares – ES ou deságua em | É um importante rio da região, um dos mais importantes em Minas Gerais e no Espírito Santo, seu principal afluente, o Rio Piranga, nasce na Serra da Mantiqueira -MG e no município de Rio Doce -MG |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | Linhares ou deságua em Regência ou nasce em Minas e Deságua em Regência ou Sofreu recentemente um desastre, causado pela empresa Samarco, em Mariana – MG. | se transforma em Rio Doce. Tem sua foz em Regência, Município de Linhares, Espírito Santo. Sofreu recentemente um desastre, causado pela empresa Samarco, em Mariana – MG. |
| 7: O Rio Doce possui águas preservadas e sem contaminação? Explique. | Conhecimento não sistematizado ou incoerente com as teorias cientificamente reconhecidas. | Resposta apenas “não”. | Não, pois são lançados no Rio Doce esgotos das casas, agrotóxicos de lavouras, lixo humano, fezes de animais, rejeitos de mineração (Desastre da Samarco), |
| 8: Há algo que possamos fazer para melhorar e conservar nossos cursos d’água? Fale sobre isso. | Conhecimento não sistematizado ou incoerente com as teorias cientificamente reconhecidas. | Responder apenas sim ou propostas vagas. | Citar ao menos uma ação: Melhora de políticas públicas; fiscalização; ações de conscientização; proteção de nascentes... |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

3.6 Coleta e Análise de Dados

Buscando atender aos objetivos do trabalho, foram utilizadas diversas modalidades de coleta de dados. Foram coletadas imagens das etapas do trabalho através de aparelhos de celular ou máquina fotográfica digital. Também foi utilizada como forma de coleta de dados, a gravação de áudios através de um gravador de voz.

Registros escritos em relatórios e nos diários de bordo também foram métodos utilizados na obtenção de dados, que além dos fins didáticos também demonstraram a participação dos alunos com finalidades avaliativas. O diário de bordo foi utilizado como meio de coleta de dados juntamente com a observação.

De forma geral, foi utilizada então a observação, a fotografia, os diários de bordo e relatórios elaborados pelos alunos, os questionários de sondagem e as gravações de áudio para coleta de dados e que visavam à investigação da prática aplicada. Ressalta-se ainda que essas gravações em áudio visaram o registro da fala dos alunos com total fidelidade.

Como citado, os dados foram então classificados de acordo com as categorias extraídas da alfabetização científica de Sasseron e Carvalho (2008) e ainda buscou-se indícios da ocorrência de relações CTS/CTSA de acordo com Santos e Schnetzler (2003, p. 65 apud CHRISPINO, 2017, p. 72).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados são relatados buscando-se seguir a cronologia do trabalho, porém, em algumas partes, ocorre avanço ou atraso na descrição que visa unicamente manter os limites de cada etapa bem definidos, para melhorar o entendimento da proposta.

Neste trabalho foram utilizadas diversas formas de coleta de dados, como anotações, relatórios e a observação. Esta última se faz um instrumento valioso para a coleta de dados trazendo vantagens importantes sobre as demais, aos quais, baseado em Ludke e André (2013, p. 30 apud ASSUNÇÃO, 2018, p. 63) destacam que:

[...] a observação possibilita um contato pessoal e estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisado, o que apresenta uma série de vantagens. Em primeiro lugar, a experiência direta é sem dúvida o melhor teste de verificação da ocorrência de determinado fenômeno.

Nessa perspectiva, a observação pode se dar em diversas formas. Contudo, neste trabalho utilizou-se o formato do “Observador como participante”, que pode conferir alguns destaques importantes que segundo Ludke e André (2013, p. 30 apud ASSUNÇÃO, 2018, p. 63):

[...] um papel em que a identidade do pesquisador e os objetivos de estudo são revelados ao grupo pesquisado desde o início. Nessa posição, o pesquisador pode ter acesso a uma gama variada de informações, até mesmo confidenciais, pedindo a cooperação do grupo. Contudo, terá em geral que aceitar o controle do grupo sobre o que será ou não tornado público pela pesquisa.

Reafirmando o atendimento aos preceitos éticos firmados junto ao CEP/UFJF e constantes no parecer substanciado (ANEXO B), foram preservadas as identidades dos alunos que em fotos na pesquisa aparecem com seus rostos cobertos e em diálogos, relatórios ou diários de bordo onde constem seus nomes, foram aqui substituídos por pseudônimos totalmente aleatórios e diferentes do primeiro ou do segundo nome de alunos da turma.

4.1 Etapa 1: Apresentação do Projeto e Aplicação dos Questionários

Essa foi a primeira etapa do trabalho e que possuía três objetivos principais: Em primeiro, dar ciência aos estudantes sobre a metodologia ao qual trabalharíamos de uma forma geral, em segundo, para que respondessem ao questionário de sondagem inicial e em terceiro, que recebessem um texto para leitura (ANEXO C) e que seria debatido na próxima etapa do trabalho.

Alguns discentes estavam bastante animados com a iminência do início do projeto enquanto outros pareciam apreensivos. Desde já, foram conduzidos ao laboratório para ambientarem-se com o local que possui estrutura, vidrarias e reagentes limitados, o que, no entanto, não impediu em momento algum a realização da Sequência de Ensino Investigativa (SEI).

Após falar sobre o projeto, foi bastante clara a percepção de que os alunos ficaram apreensivos, talvez por medo de ser cansativo ou mesmo de não conseguirem atingir seus objetivos na sequência didática. Dentre esses objetivos transmitidos pelo professor, o protagonismo dos alunos. Essa ideia do próprio aluno ser o principal ator na construção de seus conhecimentos é algo muito diferente do ensino tradicional, todavia, crucial em SEIs que segundo Carvalho (2011, p. 257).

A participação ativa do estudante. É a base de todas as teorias construtivistas que dão fundamentação às SEIs. Quer no construtivismo piagetiano, mas principalmente, nas propostas sócio-interacionistas, a ideia central é que o indivíduo, o aluno, é o construtor de seu próprio conhecimento.

As etapas do método científico seguidas pelos discentes foram sistematicamente relembradas ao longo do trabalho para que os alunos não se perdessem no método e acabassem por conceber o processo de ensino por investigação científica de forma fragmentada ou limitada o que poderia conduzir a uma simples manipulação de equipamentos ou apenas a observações, por exemplo. Isso, de fato, prejudicaria os objetivos do trabalho já que, de acordo com Azevedo (2006, p. 21):

Para que uma atividade possa ser considerada como atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação e observação, ela deve conter também características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica.

Em outro momento dessa etapa ocorreu o questionário de sondagem inicial, como observado na Figura 04. Os alunos responderam ao questionário (APÊNDICE C) que continha oito perguntas abertas e que serviu para a verificação do conhecimento prévio dos discentes. As respostas, como já citado, foram classificadas em três categorias baseado em Vasconcelos, Amaral e Steiner (2008) em Satisfatório, Pouco Satisfatório e Insatisfatório e podem ser consultadas no Quadro 05.

Figura 04 - Discentes respondem ao questionário de sondagem inicial.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Os resultados alcançados através do questionário serão mais bem debatidos e comparados no tópico 4.10, onde foram analisadas as respostas mais relevantes além da quantificação dos questionários de sondagem inicial e final.

4.2 Etapa 2: Problematização e Elaboração dos Problemas Científicos

Essa etapa do trabalho consistiu em uma das mais importantes, pois, visou apresentar uma perspectiva crítica aos estudantes, trabalhando com a problematização de temas que giravam em torno da água, principalmente em conceito regional. Segundo Sasseron e Machado (2017, p. 27):

Olhando dessa forma para a sala de aula, problematizar consiste em abordar questões reconhecidamente conflitantes da vida e do meio do estudante; investigar, para entender melhor a situação e desencadear uma análise crítica e reflexiva para que ele perceba a necessidade de mudanças.

Logo, para realizar as atividades investigativas procurou-se fomentar o debate sem fornecer respostas prontas, dando ao aluno a voz e a ação, extraindo dos discentes um olhar mais desafiador frente as questões que o cercam. Para isso, os discentes buscaram os conhecimentos prévios e, em seguida, através da construção do seu trabalho, testando hipóteses ou realizando suas próprias pesquisas, adquiriram novos conhecimentos de forma avessa ao método tradicional. Pensando nisso, Ausubel (1978, apud PRIGOL e GIANNOTTI, 2008, p. 1) pondera:

[...] existem dois extremos em termos de aprendizagem. Por um lado temos a aprendizagem mecânica (popularmente conhecida no Brasil como “decoreba”) sendo esta a que o estudante memoriza conceitos desconectados e desprovidos de grande significado. No outro extremo há a aprendizagem significativa, quando novos conhecimentos (conceitos) são interligados a

conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, de uma maneira substantiva e não arbitrária.

4.2.1 Problematizando a Qualidade da Água

Em um primeiro momento os alunos receberam seus diários de bordo e foram então levados a retomar a reportagem aos qual o professor havia lhes dado na aula anterior para que efetuassem a leitura extraclasse. O texto foi uma reportagem do Estado de Minas intitulada “Aldeias indígenas sofrem com surto de diarreia no Vale do Mucuri” (BALBINO, 2018) (ANEXO C) sobre a epidemia de diarreia na tribo indígena, onde se deu início a um processo de discussão do tema conduzido pelo professor, porém, totalmente intelectualizado pelos discentes que demonstraram suas interpretações do texto (Figura 05).

Figura 05 - Alunos debatem reportagem sobre epidemia de diarreia em aldeias indígenas.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Assim, o professor pergunta sobre a reportagem, questionando o que os alunos viram de interessante e o que havia de relação com o projeto ao qual os alunos participavam. Os diálogos estão dispostos no Quadro 06.

Quadro 06 - Diálogo estabelecido sobre a epidemia de diarreia nas aldeias Maxakali.

| | |
|--|--|
| <p>Maurício: Eles beberam a água e deu diarreia nos índios lá. Mariana: É que lá eles não têm tratamento da água. Miguel: Não tem médico.</p> | <p>Miguel: 82! Wanderson: Não, 70! E alguns alunos começaram a dizer números aleatórios, 45, 70, mais de 60, 1000. O professor</p> |
|--|--|

| | |
|--|--|
| <p>O professor confirma as informações com a turma repetindo as frases e depois pergunta se houve alguma morte no episódio.</p> <p>Turma em coro: Morreu! Duas crianças</p> <p>O professor novamente confirma as informações com a turma e segue perguntando:</p> <p>Professor: Quantas pessoas foram internadas lá?</p> <p>Miguel: 82!</p> | <p>interrompe a fala dos alunos, percebendo que tudo havia se transformado em uma brincadeira. E assim o professor pergunta aos alunos quais seriam as conclusões que eles podiam chegar através da leitura da reportagem.</p> <p>Larissa: Não sei!</p> <p>Miguel: Se não tiver médico todo mundo morre!</p> <p>Valéria: Não! Que tem que ter água tratada.</p> <p>João: tem que ter tratamento.</p> |
|--|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os colegas da turma concordaram com Valéria e João reafirmando suas posições em relação à necessidade de água tratada para todos, o que mostra que os estudantes conseguiram estabelecer uma boa relação entre a epidemia de diarreia nos índios Maxakali e as condições propícias à proliferação e disseminação de micro-organismos, trazidas pela água sem tratamento.

Essa etapa não visava apenas problematizar o surto de doenças nos indígenas mas também, homogeneizar os conhecimentos dos discentes sobre o assunto, tanto com relação aos diferentes saberes, quanto voltado aos alunos que não leram o texto ou leram parcialmente e que, ao fim, estavam a par do teor contido na reportagem.

Atingidos os objetivos da abordagem anterior, foi oferecido aos alunos água, vinda de um litro descartável que havia sido abastecido no bebedouro da escola e isso foi comunicado aos discentes. A partir daí a problematização girou em torno das características organolépticas e microbiológicas da água que é bebida pelos discentes e pela comunidade guanduense. A Figura 06 demonstra esta etapa da problematização.

Figura 06 - Alunos bebem água oferecida pelo professor e problematizam suas características.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

O professor questionou os alunos sobre a qualidade da água e suas características. Em seguida, levantou-se o debate a respeito da pureza da água e aspectos relacionados a esse conceito. Os diálogos podem ser observados no Quadro 07.

Quadro 07 - Recortes de diálogo estabelecido sobre características da água.

| | |
|--|---|
| <p>Professor: Vocês estão aí, tomando uma água. Uma água retirada de um bebedouro. Ela é transparente ou ela tem cor?</p> <p>Miguel: Tem, cinza!</p> <p>Maurício: É transparente.</p> <p>Professor: Alguém viu outra cor na água aí? Os alunos apenas murmuraram “não”. Talvez devido à resposta ter parecido um tanto quanto óbvia.</p> <p>Professor: Alguém sentiu algum cheiro na água?</p> <p>Diana: De repente se você pegar na torneira vai sentir gosto de cloro.</p> <p>Professor: Gosto de cloro? Por que tem gosto de cloro? A turma ecoou em coro “Por causa do SAAE” e “Por causa do tratamento”.</p> <p>Professor: Por causa de tratamento não é.</p> <p>Professor: Está água é pura então?</p> <p>Turma em coro: Éh!</p> <p>Professor: O que é uma água pura?</p> | <p>João: É água mineral</p> <p>Vanessa: É quando ela vem da fonte e não precisa ser [fala interrompida]</p> <p>Danilo: É que vem direto da fonte e não precisa ser tratada.</p> <p>Professor: Mas só tem água aí?</p> <p>Vanderlei: Não!</p> <p>Professor: Será que se eu tirar direto da fonte, só vai ter água lá?</p> <p>Vanderlei: Não, vai ter líquido.</p> <p>Vanessa: Bactérias.</p> <p>Danilo: Vai ter micro-organismos.</p> <p>Professor: A gente pode falar que essa água é potável?</p> <p>Vanessa: Sim</p> <p>Vários alunos responderam que sim.</p> <p>Vanessa: É que pode beber.</p> <p>Danilo: Que pode ser consumida.</p> <p>Alunos em coro: É uma água boa para o consumo.</p> |
|--|---|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Nessa parte da aula apresentada no Quadro 07, pode-se perceber que os discentes conhecem pelo menos uma etapa do tratamento de água, a cloração. Outra constatação é em relação à potabilidade da água. Os discentes sabem que há micro-organismos na água, e se inclinam a pensar que a água do rio é muito poluída, o que não é uma inverdade, porém, concebem isso de forma contínua e imutável, como se não houvesse o que fazer. Por outro lado, creem que a água da nascente seria uma água totalmente limpa e potável, uma espécie de referência de água para consumo humano, como é possível ler ainda no recorte do Quadro 08.

Quadro 08 - Recorte de diálogo onde alunos aceitam a água da nascente como potável.

| | |
|--|---|
| <p>Professor: Ela sempre foi cristalina igual ela está aí?</p> <p>Alunos em coro: Não!</p> <p>Maurício: Lá na nascente dela ela é cristalina.</p> | <p>Professor: Será que a água de poço, a água de cacimba, a água de nascente, ela é, com certeza própria para consumo?</p> <p>Danilo: Claro que sim</p> |
|--|---|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Logo, houve o engajamento sobre questões a respeito das pessoas do interior, de locais onde não há água tratada. Os alunos acabam retomando práticas da cultura popular como a fervura, ou outras mais elaboradas que, provavelmente, tenham aprendido na escola, o filtro caseiro (Quadro 09). Chassot (2008) apud Assunção (2018, p. 78) assegura que os conhecimentos populares devem ser considerados no ambiente escolar e que os conhecimentos populares devem ser considerados em união aos conhecimentos escolares, mediado pelo saber acadêmico do professor.

Quadro 09 - Recorte de diálogo onde alunos debatem métodos populares de descontaminação da água.

| | |
|--|--|
| <p>Armindo: Eles pegavam as panelas antigamente e fervia.</p> <p>Professor: Pegavam a panela e ferviam?</p> <p>Armindo: É!</p> <p>Maurício: E tem aquele negócio também que a gente faz. Coloca pedra, areia.</p> <p>Professor: Joga areia e pedra e faz um filtro?</p> | <p>Alunos em coro: Isso!</p> <p>Professor: Pessoal, mas então para que serve a fervura?</p> <p>Rodolfo: Pra matar micro-organismos.</p> <p>Professor: Para que se colocava pra ferver a água da nascente?</p> <p>Diana: Ela está ao ar livre.</p> |
|--|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em seguida o professor questionou os alunos sobre a origem da água que estão bebendo e os alunos divergiram muito. Isso porque quando aconteceu o desastre da Samarco, a captação municipal que originalmente era realizada no Rio Doce, passou imediatamente a ser realizada no Rio Guandu e a população, à época preocupada, foi informada do assunto. Ocorre que a qualidade e vazão do Rio Guandu tornam mais oneroso o tratamento que foi, algum tempo após a tragédia, transferido de volta ao Rio Doce. Essa informação foi fornecida aos alunos que continuaram a problematizar o tema.

Algumas vezes os alunos se depararam com situações difíceis de resolver e que afetam sua vida e saúde. O recorte presente no Quadro 10 mostra o desfecho de um diálogo após a informação de que a água que bebiam era do Rio Doce.

Quadro 10: Recorte de diálogo onde aluna demonstra sua relutância em consumir a água do Rio Doce.

| |
|---|
| <p>Professor: Se a água está limpa assim então, quer dizer que ela está boa para consumo?</p> <p>Rachel: Não tem outra escolha.</p> |
|---|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A aluna Rachel demonstra uma situação de fragilidade social ao qual vive grande parte dos alunos (Quadro 10). De um modo geral, os discentes e a comunidade têm seus receios de que a água do Rio Doce pode não ser muito confiável, devido ao desastre da Samarco. Porém,

grande parte da população guanduense não goza de outras fontes de água ou mesmo de recursos financeiros para utilização de água mineral engarrafada. Esse fato é de grande importância na sequência investigativa, pois o aluno passa a enxergar que problemas relacionados a sua vida, estão sendo discutidos na escola. Baseado nisso, Auler (2007) apud Santos (2017, p. 154-155) cita:

(..) abordagem de temas ou situações problemas defrontadas pela comunidade local, isto é trazem o “mundo da vida” para o “mundo da escola”, impulsiona a curiosidade epistemológica e o comprometimento dos discentes na resolução de problema de natureza sociocientífica, potencializando a aprendizagem e a construção de uma cultura de participação.

Outro ponto importante abordado pelos alunos foi em relação à contaminação do rio. Nesse ponto foi debatido sobre a contaminação dos rios, Rio Doce e Rio Guandu. Os alunos acreditam que os rios estejam contaminados e ao abordar as tragédias ocorridas o professor procurou uma abordagem mais crítica da parte dos estudantes, que acabam por conceber conclusões simplistas sobre o assunto. No entanto, o professor buscou uma problematização mais aprofundada sobre o tema que é obtida ao fim do diálogo constante no Quadro 11.

Quadro 11 - Recorte de diálogo onde os alunos debatem o desastre da Samarco.

| | |
|---|--|
| <p>Professor: O rio será que tem bactéria? Contaminação? Enfaticamente os alunos respondem: “Sim”, “Claro”. Professor: Será que o Rio Guandu tem contaminação? Alunos em coro: “Tem”; “lógico”. Professor: E o Rio Doce? Alunos em coro: Também! Professor: No Rio doce, nós temos até os desastres que aconteceram recentemente não é? Quais foram os desastres que o Rio Doce sofreu? Armindo: Desastre de Mariana; Professor: Mariana foi um desastre que aconteceu a mais ou menos 3 anos atrás não é isso? O que aconteceu? O que foi jogado no rio? Danilo: Rejeito de minério. Professor: Pois é. Qual o nome da empresa? Alunos em coro: Samarco! Professor: E o outro desastre que aconteceu lá no Rio São Francisco? Miguel: Brumadinho! Professor: Qual empresa é?</p> | <p>Danilo: A Vale. Maurício: A Vale! Professor: Gente, porque acontece um desastre desse jeito? Danilo: É que os engenheiros erraram. Professor: Os engenheiros não sabem fazer barragem? Danilo: Saber, sabe, mas fazem o trem errado uai. Professor: Será que é o engenheiro gente, que faz às pressas uma barragem daquele tamanho? Maxsuel: Eu só acho que eles não pensaram que podia acontecer isso tudo. Professor: Mas como é que ela tinha um laudo. Vocês lembram que ela tinha um laudo lá, que permitia que ela funcionasse? Os alunos nesse momento tumultuam dando sugestões um tanto quanto contraditórias, porém, concluem que houve economia na construção da barragem. Professor: Se eles tinham laudo que atestava que a barragem estava segura, eles adquiriam de alguma forma. Como o negócio estourou e tinha laudo pra funcionar? Valciane: Comprando o laudo.</p> |
|---|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A aluna Valciane, ao fim do Quadro 11, realizou uma importante manifestação crítica sobre o desastre de Mariana. Baseado nos conhecimentos que possui sobre o desastre e nas informações debatidas na aula, ao ser questionado junto aos colegas sobre o motivo que levaria ao empreendimento estar funcionando e possuir laudo técnico para isso, ela levanta uma ideia hipotética de que o laudo teria sido comprado. Logo, Jiménez-Alexandre, Bugallo Rodriguez e Duschl (2000, apud SASSERON E CARVALHO, 2008) atribuem como uma operação epistemológica no processo de fazer ciência, definido como causalidade, onde a aluna usou relações de causa e efeito e predição.

Assim, o levantamento de hipóteses é também definido como um indicador de Alfabetização Científica (AC), de acordo com Sasseron e Carvalho (2008, p. 338):

O *levantamento de hipóteses* aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema. Este levantamento de hipóteses pode surgir tanto da forma de uma afirmação como sendo uma pergunta (atitude muito usada entre os cientistas quando se defrontam com um problema).

Por fim, o professor apresentou, através de *slides*, os dados que recolheu junto às prefeituras ou autarquias as quais são responsáveis pelo sistema de água e esgoto nas cidades. As cidades de Aimorés-MG (ANEXO D) e Baixo Guandu – ES (ANEXO E), possuem uma autarquia que realiza o tratamento da água e a destinação dos esgotos chamado de Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). Em Itueta – MG (ANEXO F) o responsável pelos dados era uma empresa de consultoria e em Resplendor, a única cidade que possuía a empresa COPASA gerindo o tratamento de água e a destinação dos esgotos, negou o fornecimento dos dados (ANEXO G).

Os dados buscados eram sobre a quantidade de esgoto produzido e tratado, além de estimativas possíveis de implantação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Todas essas informações foram transmitidas aos discentes através de *slide* exibido através de um quadro de dados (Quadro 12).

Quadro 12 - Dados sobre lançamento e tratamento de esgotos em Aimorés-MG, Baixo Guandu –ES e Itueta – MG.

| Perguntas | Aimorés | Baixo Guandu | Itueta |
|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|
| Esgoto urbano e rural produzido | sede do município é de 2212 m ³ [dia] e nos distritos 663m ³ | 95116m ³ [mês] ou 3170m ³ dia. | 3,4 L/s município se e um distrito. |
| Volume Tratado | 70% | 1% | 100% |
| Projeto instalação/ampliação de ETE | Ampliação para 100% sem data prevista. | Licitado p/ distritos e buscando convênio para a sede. | Não informado |
| Data de início funcionamento ETE | Ano 2000 | Desde 2013 no bairro Rosário II | 24/02/2011 |
| Previsão implantação/ampliação ETE | Sem prazo | 2018/2019 | Não informado |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com base nos dados fornecidos pelas prefeituras e companhias de abastecimento.

O professor apresentou todos os dados aos alunos e chamou atenção para os números da cidade de Itueta. Questionou se os discentes não achavam estranho que a cidade possa tratar 100% de seu esgoto urbano e rural, visto que existem muitas propriedades rurais as quais são muito distantes umas das outras. Os alunos inicialmente aceitaram sem críticas, porém, foram questionados pelo professor e acabaram percebendo que é um dado bastante duvidoso. O professor ainda discute com os alunos a respeito das unidades de medida em metros cúbicos (m³) que aparecem no Quadro 12, levando à observação do valor de conversão de 1 m³ equivalente a 1000 litros.

Nesse momento também há problematização ao redor do lançamento desses esgotos e suas consequências para toda a comunidade apresentados no Quadro 13. Os alunos são levados a perceber que todo o esgoto, tratado ou não, acaba indo para o rio, do qual é retirada a água para abastecimento da cidade.

Quadro 13 - Recorte de diálogo onde os alunos debatem o destino dos esgotos urbanos.

| | |
|--|--|
| Professor: Esse esgoto todo ai [apresentado nos dados do quadro 12], vai pra onde? Não tratado e tratado? | Rodolfo: Vai pro rio! Laura: Não tem nem mais como tomar banho. Professor: É, muita gente toma banho. |
|--|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O trecho de diálogo constante no Quadro 13, apresenta a conclusão do aluno Rodolfo sobre o destino dos esgotos da região e a reação demonstrada pela aluna Laura, a respeito desse lançamento de esgotos no rio onde, possivelmente, ela ou colegas tomariam banho. Mais uma vez temos o tema sendo problematizado da realidade local e debatido por ambiente escolar, agregando curiosidade sobre o tema e melhorando a aprendizagem (AULER, 2007, apud SANTOS, 2017).

O professor então lembrou as etapas do ensino por investigação, aos quais os alunos estavam inseridos, para que eles estivessem totalmente conscientes da metodologia e, dessa forma, pudessem se motivar em cada etapa, cientes de que havia um objetivo a ser alcançado.

4.2.2 Elaborando Perguntas Científicas

Neste momento, o professor esclareceu que a os alunos deveriam se envolver na etapa da elaboração do problema científico e que, a partir da observação e da dúvida, eles seriam levados a levantar um problema científico. Toda a problematização feita até aqui visou a percepção dos discentes sobre, como os problemas relacionados a água influenciam em sua vida. Segundo Carvalho (2011, p. 259):

O conteúdo (o problema) tem que ser significativo para o aluno. Como partimos do pressuposto que o aluno é o construtor de seu conhecimento e este conhecimento é a resposta a uma questão, se essa questão não motivar o aluno e não for significativa para ele, ele não irá construir o conteúdo desejado.

Também foi esclarecido que a próxima etapa seria o levantamento de hipóteses e, em seguida, as hipóteses levantadas seriam testadas através de um experimento onde seriam recolhidos dados que, após analisados, corroborariam ou não para as hipóteses levantadas. Os alunos foram novamente conscientizados de que todas essas etapas são do cotidiano no meio científico e que, portanto, eles seriam “cientistas do futuro”, atuando como cientistas.

O professor também pediu que os discentes se dividissem em 4 grupos e que elessem um representante para o grupo, apenas para que no diário de bordo do representante constassem as conclusões do grupo a cada aula. Assim, após os grupos serem divididos o professor pediu que cada grupo elaborasse 5 perguntas científicas (Figura 07). Uma vez que cada grupo inicialmente contava com 5 participantes, cada um deveria elaborar uma pergunta científica baseado em alguns critérios fornecidos pelo professor por meio do *slide*.

Figura 07 - Alunos debatem e elaboram perguntas científicas em grupo.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Sabe-se que é muito difícil a elaboração de perguntas que sejam científicas, diferente das questões aos quais os discentes estão acostumados em seu dia-a-dia que são do cotidiano. Assim, os critérios adotados para a confecção das perguntas científicas se basearam nos parâmetros propostos por Arango *et al.* (2009, apud SASSERON, SCARPA e SILVA, 2017).

Nessa perspectiva, a pergunta elaborada pelos discentes deveria evitar o uso de “Por que” que gera respostas terminais e procurar utilizar “como”, por exemplo. Que a questão deveria ser simples e direta, comparativa e deveria ser uma questão atraente, ou seja, uma pergunta interessante e, ainda, que a pergunta pudesse ser respondida através de testes. Também foi esclarecido aos discentes que deveriam atender ao tempo possibilitado pelas aulas para realizar os testes e, ainda, aos instrumentos que estavam disponíveis para a realização dos testes.

Assim foi tecido o seguinte diálogo com os alunos a respeito do uso do “por que” nas questões elaboradas e a respeito da necessidade da pergunta ser respondível como consta no Quadro 14:

Quadro 14 - Recorte de diálogo onde os alunos compreendem parte da elaboração de uma pergunta científica.

Arlete: Tem que falar como então? Toda pergunta é “por que” uai.

Professor: Não, não estou falando que é errado usar o “por quê” em suas vidas. Apenas disse que para elaborar as perguntas científicas devemos evitar o seu uso por ser uma resposta terminal e não é isso que a gente busca.

Professor: Então, vocês vão procurar utilizar “como” na pergunta.

Maurício: Nós temos que fazer uma pergunta que a gente vai ter que saber responder?

Professor: Não, olha só, a pergunta vai ter que ser

Professor: Um exemplo, se eu perguntasse “Como o sol é amarelo?” ou “Como o sol pode ser mais amarelo se comparado a uma outra estrela?”. Não teríamos como testar isso. “Como a árvore cresce tão rápido?”, a gente vai demorar anos para monitorar o crescimento de uma árvore.

Professor: Então a sua pergunta tem que ser respondível dentro do tempo e dos instrumentos que a gente tem.

| | |
|---|--|
| <p>respondível. Não quer dizer que você tenha que saber a resposta, até porque, se vocês soubessem, nós não estaríamos fazendo um trabalho científico e realizando experimento. Você precisa fazer uma pergunta e saber que essa pergunta, tem como a gente testar ela.</p> | |
|---|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em seguida, o professor citou como exemplo um problema o qual visasse o monitoramento da qualidade da água do Rio Doce, enfatizando que nesse tipo de problema os testes dessas questões levariam meses, se não anos e que isso tornaria inviável essa temática. Além disso, o professor falou que os instrumentos que seriam utilizados deveriam estar disponíveis e foi dado o exemplo citado pelos alunos do metal pesado presente na água do Rio Doce. O professor falou sobre os equipamentos necessários e o alto valor da análise da água para metais pesados o que inviabiliza totalmente esse tipo de análise.

Contudo, foram evitados exemplos sobre a água para que não houvesse interferência na forma de pensar dos alunos sobre o tema, já que as ideias deveriam partir dos próprios estudantes. O professor utilizou um exemplo baseado em Sasseron *et al.* (2017) sobre polinizadores, mostrando o que seria um problema testável dentro do tempo e dos instrumentos aos quais estavam disponíveis. Também foi debatida a necessidade da questão ser atraente e interessante, além de simples e direta, ou seja, que não fosse longa e com pormenores. Esse diálogo pode ser lido no Quadro 15.

Quadro 15 - Recorte de diálogo onde ocorre um debate a respeito dos parâmetros para elaboração de perguntas científicas.

| | |
|--|--|
| <p>Professor: Por exemplo, quero saber se a abelha vai frequentar mais. Frequentará mais as flores vermelhas? As rosas? As roxas? A pergunta seria “Como os polinizadores frequentam as flores, de acordo com sua cor?” As vermelhas, as rosas ou as roxas?</p> <p>Professor: Tem que ter tempo, tem que ter o instrumento, tem que ser comparativa, ou seja, ideal seria comparar uma coisa com outra e ainda tem que ser sedutora a pergunta.</p> <p>Maurício: Pode fazer um ‘defina’? Para definir alguma coisa?</p> | <p>Professor: Não, o problema deve dar pra testar. Olhem só, vocês vão criar um problema ou mais problemas e desses problemas nós vamos criar hipóteses.</p> <p>Obs: Nesse momento o professor retoma o exemplo de problema relacionado aos polinizadores e sua visita as flores de acordo com suas cores. Ele demonstra que caso a questão fosse essa: “Quais as cores de flores do jardim da escola mais frequentadas por polinizadores?”</p> <p>Professor: O que vocês acham? Que as abelhas frequentam cores mais vivas ou cores mais claras?</p> <p>Miguel: Acho que vão nas cores mais vivas.</p> |
|--|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O que se pode perceber é a grande dificuldade na elaboração da pergunta científica ao qual requer muitas explicações e exemplos dados pelo professor. A exemplo disto, Sasseron *et al.* (2017, p. 20) citam que “Uma das etapas mais difíceis do processo de investigação científica é a elaboração da pergunta. Quando observamos algum fenômeno natural podemos ficar curiosos sobre algum aspecto que não é possível que a ciência, com os meios disponíveis, responda.”.

Assim, o professor enfatizou as questões relacionadas à hipótese através do exemplo dado, onde os alunos dariam suas ‘opiniões’ sobre o assunto e que, na verdade, seriam baseados em conhecimentos que eles já tinham sobre o assunto. Nesse mesmo momento o professor reiterou que o exemplo dado foi sobre as flores e polinizadores, mas que o tema do projeto é “qualidade da água”, como já havia sido comunicado aos discentes.

O professor, baseado ainda no exemplo das flores, supôs que ao sair a campo os alunos constatassem a visita de 30 abelhas na flor vermelha e 40 abelhas na flor branca. Logo, questionou os discentes sobre qual a cor foi mais atraente e os discentes em coro responderam “a flor branca” e o professor diz que a hipótese de que as flores com cores mais vivas seriam as mais chamativas então foi refutada. É esclarecido também que tudo isso deveria ser anotado e que deveriam ser retiradas conclusões, relatando todo o ocorrido e justificando os resultados.

Também foi esclarecido que o deslocamento para fora da escola seria uma possibilidade que os alunos poderiam explorar em seus problemas, mas que eles deveriam tomar cuidado com questões muito amplas ou que envolvam a saída a locais distantes. O professor então cita como exemplo, caso alguém envolvesse em seu problema a nascente do Rio Guandu, que isto seria inviável uma vez que o rio nasce distante de Baixo Guandu a centenas de quilômetros, onde seria impraticável a locomoção da turma até esse ponto.

Assim, foi feito uso de mais um exemplo, foi dado o problema “Como saber se a água é potável ou não”, e explicado que na pergunta acima, a água pode ser qualquer tipo de água, de qualquer rio, da torneira ou da chuva. Então, não há como testar a pergunta. Logo, o professor estabelece que a pergunta deva ser direcionada a um local, um ponto e que, caso seja muito ampla, não seria possível testar, ou caso não seja específica, a pergunta pode não fazer sentido. Somando-se a isso, foi proposto ainda que o problema científico elaborado fosse comparativo, o que também atende aos critérios estabelecidos.

O professor foi muito questionado pelos discentes que queriam respostas prontas. No entanto, o professor falou com a turma que eles estariam acostumados a copiar e que, nesse

momento, seria muito importante que pensassem e refletissem sobre o tema e a tarefa proposta.

Em resumo, as questões deveriam buscar o enquadramento nos parâmetros propostos que constam no Quadro 16:

Quadro 16 - Parâmetros para elaboração das perguntas.

1. Evitar o uso de “Por quê” e utilizar “Como” por exemplo;
2. A pergunta deve ser respondível (tempo e instrumentos);
3. Deve ser comparativa;
4. Deve ser sedutora;
5. Deve ser simples e direta.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor baseado em Arango *et al.* (2009).

Os 4 grupos foram nomeados de Grupo A, Grupo B, Grupo C e Grupo D. O professor esclareceu aos discentes que as letras dadas aos grupos foram aleatórias e não contaram com qualquer critério de escolha. Por fim, o professor pediu que os grupos começassem a elaborar as perguntas científicas. Seriam 5 perguntas sobre o tema ‘qualidade da água’ para cada grupo sendo que cada aluno deveria elaborar ao menos uma questão e que ao fim, o grupo apontaria os problemas escolhidos no diário de bordo representante do grupo.

Assim, os alunos elaboraram suas perguntas científicas e as mesmas foram registradas como solicitado. O professor analisou em um momento extraclasse as questões propostas buscando as que se enquadravam melhor nos parâmetros propostos do ciclo da indagação. Ainda, foram sugeridas alterações aos discentes para melhor compreensão ou organização de suas questões.

Dessa forma, analisando os problemas elaborados pelos discentes à luz da AC e atendendo aos parâmetros citados, de Arango *et al.* (2009), foi feita a escolha de um problema científico por grupo. O professor analisou os problemas e apresentou aos discentes os motivos que levaram à rejeição de alguns problemas e também os motivos que conduziram à escolha do problema de pesquisa de cada grupo.

No Quadro 17 é possível ler alguns dos problemas elaborados e que foram descartados dos grupos, principalmente por não serem testáveis.

Quadro 17 - Problemas não testáveis apresentados pelos grupos.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Fazer uma análise do Rio Doce, estudar Plantas ou experimento com animais. 2. Beber água tratada no SAAE influencia em nosso organismo? 3. Como podemos preservar a água do Rio Doce? 4. Como podemos fazer para ter um tratamento de água melhor? |
|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os problemas apresentados no Quadro 17 apresentam diversos pontos de interesse dos discentes como a curiosidade em lidar com plantas ou animais, conhecer as dependências da Estação de Tratamento de Água (ETA), potencializar o tratamento da água do município ou ainda, lidar com a preservação ecológica do Rio Doce. No entanto, as questões não representaram problemas científicos testáveis, não eram comparativos e alguns sequer eram interessantes. Dessa forma, essas questões foram descartadas juntamente com as demais que traziam problemas estruturais, não testáveis e não sedutoras.

Houve problemas que, no entanto, não trouxeram qualquer déficit em relação à definição de um problema científico ou dentre os parâmetros estipulados, porém, tiveram também de ser descartados. Alguns por representarem problemas de outros grupos, outros, simplesmente por extrapolarem a quantidade de problemas possíveis de serem trabalhados na SEI. Alguns destes seguem listados no Quadro 18.

Quadro 18 - Problemas testáveis descartados.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Podemos usar a água do ar condicionado para o consumo? 2. Como provar que a água da rua é mais potável que a água da caixa? 3. Como podemos testar para poder ver a quantidade de rejeitos que está poluindo a água do rio? 4. Qual planta cresce mais rápido, a que está perto do rio tendo contato com a água de minério ou a outra que não está em contato? |
|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dessa maneira, de maneira destaque, é possível perceber que a questão número 1 (Quadro 18), “Podemos usar a água do ar condicionado para o consumo?”, se deu como uma questão muito interessante. Extremamente sedutora, pois teve como base a utilização ecológica da água do ar condicionado, normalmente jogada fora, para ser aproveitada por seres humanos. Ela traz o aspecto comparativo implícito, já que compara a água do ar condicionado com a água potável, que é a água deliberadamente destinada ao consumo. Sendo assim, a questão poderia se tornar testável com poucos ajustes já que além de tudo, é simples e direta e não utiliza “Por que” em sua formulação.

A questão 1 possui ainda um importante viés CTS/CTSA já que visa o aproveitamento da água que é desperdiçada como subproduto de uma tecnologia utilizada para climatização de ambientes. Assim, o que os alunos buscavam na proposta seria reduzir um problema socioambiental, a falta d'água, através de testes científicos, analisando se a água poderia ser utilizada para consumo humano. Isso, de acordo com Santos e Schenetzler (2003, apud CHRISPINO, 2017) é um aspecto CTS que caracteriza a natureza da ciência uma vez que as construções de conhecimentos da ciência se dão em uma perspectiva social.

Outra questão de destaque no Quadro 18 é a número 4, “Qual planta cresce mais rápido, a que está perto do rio tendo contato com a água de minério ou a outra que não está em contato?”, é bastante interessante também uma vez que faz novamente referência ao desastre da Samarco “água de minério” e mostra que os discentes acreditam que a contaminação pode influenciar os seres vivos das margens do Rio Doce, nesse caso, os vegetais. A questão é comparativa, uma vez que busca verificar a diferença entre os vegetais localizados mais próximos ao rio dos que estão mais distantes da contaminação dos metais. Também é simples e direta e respondível. No entanto, a questão traz um problema que seria isolar as variáveis da vegetação das margens do rio, atribuindo as diferenças apenas ao minério derramado. Ou mesmo, não havia como realizar um “antes e depois” da tragédia da Samarco. Devido a isso a questão 4 também não foi utilizada.

Por fim, as questões apresentadas pelos discentes e que atendiam de uma forma geral aos parâmetros estabelecidos e ainda foram apresentadas com coerência em relação à SEI, precisaram sofrer pequenos ajustes e sendo assim, os problemas apresentados pelos grupos e seus ajustes estão demonstrados no Quadro 19.

Quadro 19: Problemas de pesquisa propostos pelos grupos e ajustados pelo professor.

| Grupo | Problema Proposto | Problema de Pesquisa Final |
|--------------|--|--|
| A | “Qual água é mais potável, a água tratada pelo SAAE [companhia de saneamento do município] ou uma direto da nascente?” | “A água retirada <i>in natura</i> de uma nascente é potável, tanto quanto a água tratada pela companhia de abastecimento?”. |
| B | “Como fazer para saber em quantos graus exatos a água tem que ser fervida para ficar totalmente livre de bactérias?” | “É possível tornar a água do rio potável, efetuando sua fervura durante 5 minutos?” |
| C | “Como saber se o Rio Doce é a melhor opção de consumo de água?” | “Qual rio é menos poluído para ser utilizado na captação de água urbana, o Rio Doce ou o Rio Guandu?” |
| D | “Como saber se a água é bem tratada?” | “É possível que haja contaminação na água tratada pela companhia de tratamento de água municipal?” |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Como pode ser lido no Quadro 19, o grupo A apresentou um problema muito interessante, “Qual água é mais potável, a água tratada pelo SAAE [companhia de saneamento do município] ou uma direto da nascente?”. A questão levantada é muito sedutora, uma vez que ilustra a concepção dos alunos sobre nascentes e, expressa ainda suas hipóteses discutidas no decorrer da aula, de que a água da nascente possui alto grau de pureza.

Outro ponto importante é que a água de nascentes foi amplamente consumida durante os picos de poluição causados pelo desastre da Samarco. Buscando alternativas ao uso da água contaminada do Rio Doce e dos altos preços atingidos pela água mineral no período, boa parcela da população guanduense utilizou ou ainda utiliza água de nascentes para consumo. Além da situação em especial citada, no interior da cidade é comum a utilização de águas de minas ou nascentes sem qualquer tratamento, também se acreditando na pureza extrema dessas águas.

Dessa forma, foram realizadas algumas modificações no problema do grupo A, buscando formalizá-lo e adequá-lo aos objetivos aos quais os discentes desejavam. Assim, foi sugerido ao grupo e aceita a pergunta: “A água retirada *in natura* de uma nascente é potável, tanto quanto a água tratada pela companhia de abastecimento?” (Quadro 19).

Logo, a pergunta científica do grupo A, além de possuir importância social, cultural e de saúde pública, atende também às orientações para a formulação de questões científicas: É uma questão que não utiliza o “por quê”; é uma pergunta respondível ou seja, é testável; é também simples e direta sendo ainda comparativa e sedutora. Implicitamente, traz ainda uma visão CTS/CTSA, pois o resultado do teste dessa pergunta científica causa um efeito da ciência sobre a sociedade, que é influenciar concepções das pessoas através de ideias científicas (SANTOS E SCHENETZLER, 2003 apud CHRISPINO, 2017). Nesse caso, as pessoas que acreditam que a água das nascentes é potável podem ter seu conceito modificado com os resultados obtidos por essa pergunta.

O problema do grupo B se destacou dentre os demais apresentados pelo grupo como intimamente ligado à SEI, “Como fazer para saber em quantos graus exatos a água tem que ser fervida para ficar totalmente livre de bactérias?” (Quadro 19). É um bom problema uma vez que relaciona a possibilidade de descontaminação da água por meio de uma técnica simples de aquecimento.

Entretanto, para que pudesse ser testado o problema, demandaria um tempo muito grande pela necessidade de testar várias temperaturas diferentes e analisar a água a cada temperatura diferente. Além de ser necessária uma grande quantidade de água contaminada para ser testada em parcelas. Somando-se a isso, as perguntas do grupo, no geral, se focaram

no tratamento da água e dessa forma foi sugerida uma mudança que tivesse relação com o tratamento da água. Assim, a sugestão para a questão foi: “É possível tornar a água do rio potável, efetuando sua fervura durante 5 minutos?” (Quadro 19). A sugestão se baseou no que é popularmente difundido, a fervura da água entre 5 e 15 minutos. A pergunta foi apresentada ao grupo e aceita pelos discentes sem alteração.

Obtivemos, assim, uma questão implicitamente comparativa, pois visa comparar a água antes e depois do processo de aquecimento. Foi sugerido pelo professor o tempo de 5 minutos de fervura por ser um tempo popularmente difundido como suficiente para a descontaminação da água sem tratamento. A questão logo era objetiva, simples e direta e ainda muito interessante, pois como os discentes já haviam percebido na reportagem da epidemia de diarreia dos índios Maxakali, o problema poderia resultar em uma maneira simples de evitar doenças em locais onde não há água tratada. A pergunta também se deu em uma perspectiva CTS/CTSA, onde se dão os efeitos da ciência sobre a sociedade, a ciência influencia o pensamento e a solução de problemas na sociedade (SANTOS E SCHENETZLER, 2003 apud CHRISPINO, 2017).

O grupo C apresentou o problema “Como saber se o Rio Doce é a melhor opção de consumo de água” (Quadro 19), que traz um fundamento implícito importante: Ocorre que a cidade coleta água para ser levada à população de dois rios, o Rio Doce e o Rio Guandu e durante o desastre causado pela empresa Samarco, a captação de água foi movida ao Rio Guandu, um rio de menor volume d’água, com maior turbidez e que devido à sua escassez de água, tão logo foi possível, a água voltou a ser captada do Rio Doce, onde o é até os dias de hoje.

Dessa forma, a pergunta científica foi formalizada e levada aos discentes de forma sugestiva, a pergunta foi “Qual rio é menos poluído para ser utilizado na captação de água urbana, o Rio Doce ou o Rio Guandu?” (Quadro 19). A questão foi aceita pelo grupo sem alterações.

Mais uma vez o aspecto CTS/CTSA está presente. Os efeitos buscados com o problema científico visam um efeito da ciência sobre a sociedade (SANTOS e SCHENETZLER, 2003 apud CHRISPINO, 2017), uma vez que o teste do problema científico pode conduzir a sociedade a buscar uma fonte de captação melhor ou, ao menos, conscientizar de que a opção que já se utiliza na captação esta correta, de acordo com os resultados das análises.

Já o grupo D apresentou o problema “Como saber se a água é bem tratada?” (Quadro 19). O problema traz, dessa forma, a curiosidade dos discentes com relação ao tratamento da

água, questionando se o tratamento é bem feito. É uma questão interessante, porém bastante genérica, pois não explica de que água está falando, ou de qual tipo de tratamento se trata. É uma questão simples em parte, mas complexa em seu desenrolar, contudo, que expressou muito bem os anseios e curiosidades dos alunos.

Os discentes do grupo se mostraram preocupados com o tratamento da água, assim, obteve-se uma questão reestruturada “É possível que haja contaminação na água tratada pela companhia de tratamento de água municipal?” (Quadro 19) que foi sugerida aos alunos do grupo e aceita sem alterações.

De uma forma geral, os discentes de todos os grupos aceitaram as sugestões para a formulação das questões e compreenderam os motivos apresentados pelo professor para que fossem excluídos alguns problemas e modificados outros. É importante que os discentes estejam totalmente conscientes dos passos que tomaram durante a metodologia uma vez que o fazer ciência é um dos grandes objetivos da SEI em questão.

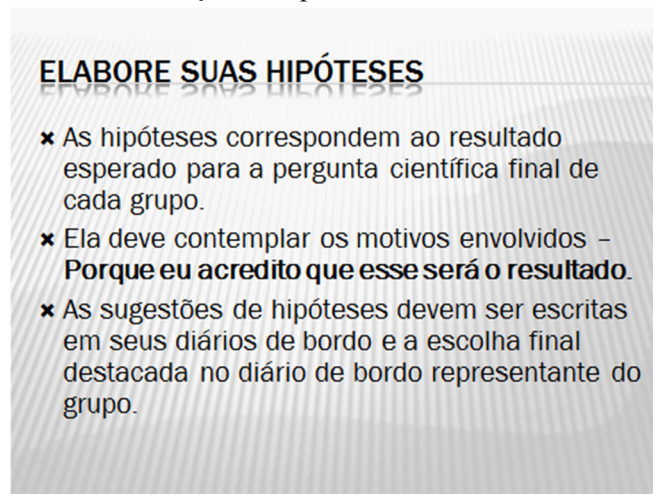
4.3 Etapa 3: Levantamento de Hipóteses

O professor explicou então que as hipóteses seriam as respostas prováveis, até certo ponto justificáveis, ao problema científico de cada grupo. Eles deveriam partir do conhecimento que possuem e lançar mão de suposições sobre os possíveis resultados esperados para seus problemas. Segundo Sasseron e Carvalho (2008, p. 339):

O *levantamento de hipóteses* aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema. Este levantamento de hipóteses pode surgir tanto da forma de uma afirmação como sendo uma pergunta (atitude muito usada entre os cientistas quando se defrontam com um problema).

Dessa forma, foram projetadas em *slide* (Figura 08) as características das hipóteses aos quais os discentes deveriam levantar e foi instruído que anotassem em seus diários de bordo.

Figura 08 - Slide exibido para orientação aos alunos sobre a construção de hipóteses.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Dessa forma, cada grupo ficou responsável pelo levantamento de uma hipótese que deveria ser descrita legivelmente no diário de bordo do representante do grupo. Entretanto, cada participante deveria registrar suas tentativas de elaboração de uma hipótese em seus próprios diários de bordo para avaliação de sua participação nos trabalhos.

Assim, o professor apresentou um exemplo ocorrido durante a escolha dos problemas científicos. Ao se debater sobre a comparação entre o Rio Doce e o Rio Guandu, um aluno disse que o Rio Guandu seria o mais poluído, pois ele havia visto uma foto aérea em que o Rio Guandu estava muito mais barrento, do que o Rio Doce. Essa seria a hipótese do aluno sobre qual rio seria o mais poluído, baseado nos conhecimentos dele.

Os alunos levantaram suas hipóteses de acordo com cada problema e foram assim descritas em seus diários de bordo. Porém, apenas uma hipótese deveria ser escolhida e indicada no diário da representante. Assim, as hipóteses levantadas pelos discentes, diante do problema científico de cada grupo são as que seguem.

O grupo A, apresentou a seguinte hipótese, baseada em sua pergunta científica, ambas constantes no Quadro 20:

Quadro 20 - Pergunta científica e hipótese levantada pelo grupo A.

| |
|--|
| <p>Pergunta: A água retirada <i>in natura</i> de uma nascente é potável, tanto quanto a água tratada pela companhia de abastecimento?</p> <p>Hipótese: A água tratada, pois a água da nascente pode ter algumas contaminações dependendo do local.</p> |
|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Assim, o aluno Maurício ainda justificou o posicionamento de forma oral, afirmando que uma semana antes havia aprendido com o professor de geografia que as nascentes

poderiam ser contaminadas, pois acima da nascente poderia haver algum contaminante, como um cemitério. Houve aqui uma percepção de que os alunos buscaram as informações a respeito do tema, uma vez que na aula anterior eles seguramente acreditavam que a água da nascente seria muito mais pura do que qualquer outra água, mesmo que essa busca tenha sido com outros professores, o aluno começa a demonstrar aqui seu protagonismo almejado em uma SEI.

Ocorreu ainda nesse trecho a constatação da elaboração de nova hipótese, diferente do que os alunos propuseram anteriormente, uma nova hipótese significa uma ação intelectual que leva a uma nova perspectiva experimental. De acordo com Carvalho (2011, p. 256):

Da ação manipulativa para a ação intelectual. Traduzindo para o ensino a necessidade apontada pelos trabalhos de Piaget da passagem da ação manipulativa para a ação intelectual e vice-versa, isto é, da ação intelectual para a construção de novas hipóteses que levarão a uma ação manipulativa mais diferenciada, temos de criar espaços em nossas aulas de Ciências para que o aluno tenha a oportunidade de elaborar essas passagens.

O professor questionou os alunos do grupo como seriam feitos os testes e o discente Maurício afirmou que eles pretendiam coletar as amostras em uma nascente não definida e analisar ao microscópio.

O grupo B, por sua vez, apresentou uma hipótese bastante criativa, porém, um tanto complicada, tanto do ponto de vista ético quanto do ponto de vista de ser testado. A pergunta e a hipótese propostas pelo grupo B e constante em seu diário de bordo seguem no Quadro 21:

Quadro 21 - Pergunta científica e hipótese levantada pelo grupo B.

| |
|---|
| <p>Pergunta: É possível tornar a água do rio potável, efetuando sua fervura durante 5 minutos?</p> <p>Hipótese: Podemos pegar uma amostra do Rio Guandu, ferver em um recipiente a alta temperatura nesse tempo de 5 minutos e beber.</p> |
|---|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Ao que parece, houve aqui certa confusão do grupo em relação à proposta de elaboração de hipóteses. Assim, a proposta se encaixa melhor na elaboração do experimento do que na hipótese em si. Assim, verificando os manuais de bordo dos alunos, o professor pode verificar que havia mais duas hipóteses, são elas:

- A hipótese do aluno Felipe: “Creio que será possível tomar a água após os 5 minutos, pois é uma opinião popular então, deve ter sido [sic] testado antes, mais na [sic] acredito que vai estar tão recomendável para beber, como bebemos a água do SAAE.”.

- A hipótese da aluna Tatiana: “Sim, pois o tempo de ferver da água é suficiente para ela ser potável.”.

Dessa forma, a hipótese do aluno Felipe foi mais bem desenvolvida do que a da aluna Tatiana. Assim, a discussão a cerca das hipóteses foi debatida com os alunos do grupo e foi feita a sugestão para que pudessem utilizar a hipótese proposta pelo colega do grupo ou para que elaborassem uma nova hipótese. O grupo, no entanto optou por permanecer com a hipótese de Felipe, assim a nova hipótese do grupo consta no Quadro 22.

Quadro 22 - Hipótese levantada pelo grupo B.

Hipótese: Creio que será possível tomar a água após os 5 minutos de fervura, pois é uma opinião popular então, deve ter sido testado antes. Mas não acredito que vai estar tão recomendável para beber, como bebemos a água do SAAE.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A hipótese mostra que os discentes confiavam na cultura popular ao ponto de acreditarem que são testados os conhecimentos populares. Ainda assim, de forma crítica, criam que a água apresentaria melhorias em sua potabilidade, mas não ao ponto de se parecer com o tratamento da água.

Em seguida o professor pergunta como seria testada essa hipótese. Os discentes propõem então que deveria ser coletada a água no rio, fervida em um recipiente durante 5 minutos e em seguida deveria ser realizada uma análise visual.

O grupo C elaborou uma hipótese bastante consistente e que contempla o cenário hídrico regional, além da influência corporativa no principal manancial da região, o Rio Doce. A pergunta e a hipótese estão registradas no Quadro 23.

Quadro 23: Pergunta científica e hipótese levantada pelo grupo C.

Pergunta: Qual rio é menos poluído para ser utilizado na captação de água urbana, o Rio Doce ou o Rio Guandu?
Hipótese: Rio Guandu, pois o Rio Doce está poluído, está com grande quantidade de metais pesados. A contaminação do Rio Guandu é o esgoto, é o mais fácil de ser tratado.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na hipótese do grupo C, nota-se que houve uma classificação dos rios e de seus tipos e níveis de contaminação e ainda, a definição da contaminação de cada rio. Assim, são consideradas operações epistemológicas na construção do ‘fazer ciência’ a classificação e definição, que segundo Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodriguez e Duschl (2000, p. 768, apud

SASSERON e CARVALHO, 2008) que definem: “classificação: Agrupamento de objetos, organismos de acordo com critérios” e “definição: Manifestação de entendimento de um conceito.”.

O professor questionou como seriam feitos os testes do grupo. Os discentes responderam que deveriam coletar a água em ambos os rios, Rio doce e Rio Guandu, em seguida levar as amostras para o laboratório da escola e analisá-la ao microscópio óptico.

Por fim, o grupo D apresentou sua hipótese construída baseada na fragilidade e possibilidade de erros nos procedimentos realizados por mãos humanas. A pergunta científica e a hipótese seguem no Quadro 24.

Quadro 24 - Pergunta científica e hipótese levantada pelo grupo D.

| |
|--|
| <p>Pergunta: É possível que ocorra contaminação na água tratada pela companhia de tratamento de água municipal?</p> <p>Hipótese: Sim, pois a pessoa pode sim está [sic] fazendo algo de errado, um descuido pode ocorrer durante o tratamento.</p> |
|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os discentes do grupo D elaboraram a sua hipótese com base em lógica, tratando-se o tratamento de água de um procedimento muito influenciado pela operação humana, um erro seria algo bastante lógico de ocorrer. De acordo com Sasseron e Carvalho (2008, p. 339): “O **raciocínio lógico** se apresenta na forma pelas quais ideias são construídas e demonstradas, relacionada à forma de exposição do pensamento nas afirmações e falas durante a aula;”.

O professor por fim pergunta como deveriam ser realizados o teste do problema do grupo. Em um primeiro momento, a aluna Joana responde “Era só ir lá na estação de tratamento e ver o cara tratando.”. O professor questiona se ao verem o tratamento acontecendo, com os funcionários da companhia de tratamento de água, se os discentes conseguiriam responder à pergunta deles. Os discentes percebem que não seria uma boa opção. Ao perguntar novamente, a aluna Solange diz que deveria coletar amostras e trazer até a escola.

As perguntas realizadas pelo docente sobre as formas ao qual cada grupo testaria seus problemas objetivaram a percepção dos alunos sobre suas próprias limitações e potenciais em montar seus arranjos experimentais, além de uma reflexão sobre o aparato físico e estrutural disponível nas dependências escolares. Assim, o professor propôs aos alunos que eles realizassem uma pesquisa sobre formas e métodos de analisar a qualidade da água, o que serviria como base para que montassem seus experimentos.

4.4 Etapa 4: Elaborando o Plano Trabalho

4.4.1 Confeccionando metodologias

Essa é uma importante etapa, onde os discentes foram levados a elaborar seus experimentos e a organizarem a forma como fariam isso. Segundo Azevedo (2004, p. 28):

Levantadas as hipóteses, deve-se discutir como será realizado o experimento. Nessa etapa, que chamamos de plano de trabalho, será decidida a maneira como a experiência será realizada: desde o material necessário, passando pela montagem do arranjo experimental, coleta e análise de dados.

Logo, o professor propôs que os alunos elaborassem formas de testar suas hipóteses o que foi reforçado por uma pesquisa solicitada aos discentes extraclasse. Dessa forma, as propostas deveriam trazer qual seria o método utilizado para o teste das hipóteses além de como seriam feitos os testes. A reflexão dos alunos pode ser observada na Figura 09.

Figura 09 - Alunos refletem sobre a montagem de seus experimentos em grupo.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa:
Elaborada pelo próprio autor (2019).

A primeira sugestão do grupo A foi que se pegasse a água da nascente, bebesse e em seguida que também fosse tomada a água tratada. O professor advertiu aos alunos que não é ético realizar pesquisa com humanos e em dadas situações, tão pouco com animais, além de que poderia haver contaminações, com diversas doenças envolvidas. Mesmo assim, o aluno Antônio persistiu na ideia e foi duramente rechaçada pelo professor, alegando que não poderia ser feito dessa forma, pois não era o objetivo da SEI. O professor aproveitou o momento para esclarecer sobre ética na ciência quando lembrou que a ciência que não atende a questões éticas conduz a resultados sombrios tais quais os ocorridos durante o terceiro reich, no

território nazista. A condução do debate ético se faz como parte de um dos eixos estruturantes propostos por Sasseron e Carvalho (2008, 335) ao qual roga:

(...) a *compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática*, pois, em nosso cotidiano, sempre nos defrontamos com informações e conjunto de novas circunstâncias que nos exigem reflexões e análises considerando-se o contexto antes de proceder. Deste modo, tendo em mente a forma como as investigações científicas são realizadas, podemos encontrar subsídios para o exame de problemas do dia-a-dia que envolvam conceitos científicos ou conhecimentos advindos deles.

O professor questionou o grupo B sobre como seria o teste das hipóteses dos discentes. O grupo propôs um método questionável e o professor indaga a respeito. Os alunos, no entanto, apresentaram mais de uma metodologia como apresentado no Quadro 25.

Quadro 25 Recorte de diálogo sobre elaboração do plano de trabalho do grupo B.

| |
|---|
| <p>Miguel: Como eu tinha pesquisado, eu pensei em pegar a amostra do rio e ferveria ela durante 5 minutos e jogaria ela em uma panela, e jogaria nela um pouco de cloreto de sódio. Como eu pesquisei, vi um vídeo, que se você jogar um pouco de cloreto de sódio na água ela pode mudar a coloração da água. Se mudar, quer dizer que a água não está com a qualidade muito boa, está contaminada. Se ela não mudar, quer dizer que ela não está contaminada.</p> <p>Professor: Cloreto de sódio mesmo? Você sabe que cloreto de sódio é sal de cozinha não é?</p> <p>Miguel: Foi isso que pesquisei. Ou a gente ferveria a água totalmente, pra gente poder ver o fundo do recipiente o que sobrasse. Tipo se fosse sujeira, poderia ter fezes ou urina, ou seja, não estaria boa para consumo.</p> |
|---|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O professor sugeriu que os alunos do grupo debatessem um pouco sobre a primeira metodologia apresentada no Quadro 25, que considerassem as experiências vividas por eles quando se insere sal nos alimentos. Durante a preparação do arroz por exemplo, se já haviam observado mudança de coloração na água. Eles realizam o debate e acabaram optando pela segunda metodologia.

O grupo C apresentou uma metodologia bastante semelhante as demais, fazendo o uso do microscópio óptico como foi constatado no recorte presente no Quadro 26.

Quadro 26 - Recorte de diálogo sobre elaboração do plano de trabalho do grupo C.

| |
|---|
| <p>Professor: Como seria ai o teste do problema de vocês? Como seria feito esse teste?</p> <p>Valciane: Eu não sei se está certo não tá. A gente ia pegar a água do Rio Guandu e depois do Rio Doce e olhar no microscópio. E ver o que dava.</p> |
|---|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Podemos perceber de certa forma que os alunos estão bastante inclinados ao uso do microscópio em suas análises, como aparece no grupo C.

O grupo D apresentou, como dito, algumas limitações que transformaram-se em atitudes bastante preocupantes para o processo de ensino-aprendizagem. Ora, pode-se observar no Quadro 27 que os discentes não realizaram pesquisas a respeito de métodos e acabou decidindo apenas no momento em que foram cobrados pelo professor.

Quadro 27 - Recorte de diálogo sobre elaboração do plano de trabalho do grupo D.

| | |
|--|--|
| <p>Professor: Grupo D, como será que vocês vão testar o problema de vocês?</p> <p>Professor: Vocês pesquisaram os métodos que eu pedi?</p> <p>Joana: Não!</p> | <p>Professor: Ninguém?</p> <p>Solange: Sim. A gente vai olhar no microscópio.</p> <p>Professor: Só isso?</p> <p>Solange: Sim, pegar e colocar no microscópio</p> |
|--|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Assim, ao fim da pequena prévia dialogada pelo professor e os alunos, foi pedido que cada grupo debatesse sobre seu experimento e registrasse em seu diário de bordo o experimento do grupo. Rascunhos poderiam ser realizados em todos os diários de bordo, porém, a versão final deveria constar no diário de bordo do representante.

Durante os debates sobre a montagem do experimento, o professor se sentiu incomodado com o fato de quase todos os grupos terem realizado as mesmas propostas em relação ao uso do microscópio e fez uma intervenção apresentada no Quadro 28.

Quadro 28 - Recorte de diálogo, refletindo sobre o mundo bacteriano e a contaminação.

| | |
|---|---|
| <p>Professor: Todos os lugares tem bactérias?</p> <p>Alunos: “Sim!”, “Não!”, “Vai!”.</p> <p>Professor: Então será que se, eu olhar ao microscópio e ver uma bactéria lá, será que isso quer dizer que a água está contaminada?</p> | <p>Alunos: Não!</p> <p>Maurício: Depende! Se tiver muito tá!</p> <p>Solange: Depende se ela faz mal.</p> |
|---|---|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

No recorte do Quadro 28, pode-se perceber que alguns alunos conseguem estabelecer um bom raciocínio lógico em relação ao mundo microbiano ao reconhecerem que os microorganismos não representam apenas doenças, mas, seres de várias espécies, com diferentes nichos tal qual qualquer organismo vivo. Pode-se notar então nessa fala dos discentes Maurício e Solange a definição de entendimento de que um conceito é uma operação epistemológica e representa uma ação de fazer ciência (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, BUGALLO RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000 apud SASSERON e CARVALHO, 2008).

Dessa forma, ao fim o professor pediu que fosse relatado o experimento de cada grupo no diário de bordo de cada representante como segue no Quadro 29:

Quadro 29 - Arranjos experimentais propostos pelos discentes.

| |
|---|
| Grupo A: Vamos colocar um pouco de água direto da nascente e pegar a água de casa (da SAAE) e olhar no microscópio. Assim saberemos qual água é a mais contaminada. |
| Grupo B: Podemos coletar uma amostra de água do Rio Guandu e ferver em uma caneca durante 5 minutos. Depois de evaporar toda a água, olhamos o fundo da caneca se vemos sujeira no fundo, significa que é inviável para o consumo. |
| Grupo C: Podemos pegar a água do rio Doce e depois a água do rio Guandu, voltamos para ver no microscópio para ver o que acontece. Depois, juntamos as duas águas para ver qual é a reação. |
| Grupo D: Experimento: coletar água da torneira, e olhar pelo microscópio, analisando se contém bactérias etc. e comparar com a água suja do rio doce. |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

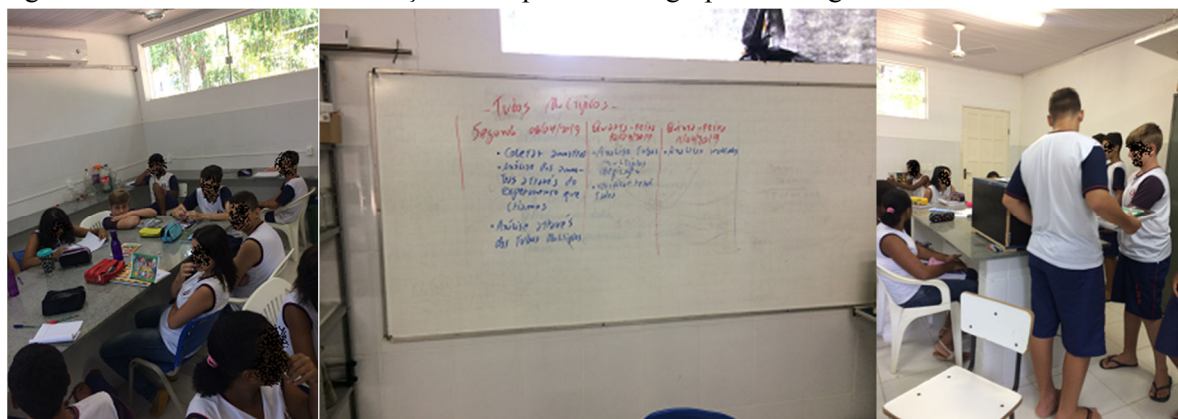
4.4.2 Apresentação do Método dos Tubos Múltiplos (TM) e elaboração do cronograma.

O professor passou então a questionar os alunos sobre como seria realizada a análise pela companhia de abastecimento municipal. Os discentes demonstraram não conhecer tal método. Dessa forma, foi apresentada a técnica dos Tubos Múltiplos (TM) (FUNASA, 2014) e explicado que é um método muito técnico que utiliza meios de cultura. Foi debatido sobre o significado de ‘meio de cultura’ onde os alunos foram conduzidos à conclusão de que cultura vem de cultivar, ou seja, que serve para cultivar algo, nesse caso, bactérias.

Assim, o professor propôs que fossem feitos os métodos criados pelos próprios discentes e que, ainda, fosse realizado o método dos TM. Ele perguntou aos discentes se eles se interessavam na realização do método e prontamente os discentes se dispuseram em realizar as análises também através do método dos TM.

Foi esclarecido que os discentes deveriam criar um cronograma para os trabalhos e que ele influenciaria mais nessa parte, devido à necessidade de adaptação às suas aulas e aos TM, onde são necessários intervalos para o crescimento bacteriano e a constatação de sua presença. Assim, com o auxílio do professor foi montado um cronograma do trabalho, demonstrado na Figura 10.

Figura 10 - Debate sobre a construção das hipóteses nos grupo e cronograma.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

O professor questionou os alunos como seriam feitas essas coletas de amostras de água e os discentes propõem litros descartáveis enquanto outros respondem prontamente que não, porque iria contaminar. Assim, houve sugestão de seringas e até de um caminhão pipa e o professor problematiza, questionando se o litro fosse bem lavado, se poderia ser usado, os discentes respondem que as bactérias continuariam ali.

Foi questionado então junto aos discentes, sobre como seria o recipiente ideal para a coleta, um recipiente sem bactérias e questiona qual seria o nome disso. Os discentes mostram desconhecimento totalmente, assim o professor explicou que o nome seria recipiente estéril e as formas de obtenção, através da autoclave por exemplo.

Por fim, o professor explicou aos discentes que ele iria providenciar os recipientes e que o processo seria realizado junto a Universidade Federal de Juiz de Fora – Campus Avançado Governador Valadares (UFJF-GV). Além disso, o professor esclareceu que um ônibus seria disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Baixo Guandu, para conduzi-los até os pontos de coleta.

Foi solicitado aos discentes que pesquisassem sobre processos de esterilização, autoclave, sobre o método dos TM para conhecimento e melhor interação com metodologia que iriam utilizar. Além disso, o professor solicitou aos estudantes que na aula onde ocorreria a coleta e a análise das amostras, que todos fossem de calça comprida e calçado fechado e se possível bonés ou chapéus, medidas de segurança para os discentes que realizariam uma saída a campo em regiões de mata, para chegar até a nascente e às beiras dos rios onde seriam coletadas as amostras. As medidas de segurança também se aplicariam ao laboratório onde, além das medidas citadas, os discentes contariam ainda com jalecos, luvas e máscaras.

Ao término da aula, o professor entrega aos discentes um pequeno texto sobre o método dos tubos múltiplos (APÊNDICE D), onde constavam as etapas seguidas até mesmo com o teste para termotolerantes. O professor então pediu que os alunos lessem sobre o método e que pesquisassem ou procurassem tirar dúvidas sobre pontos que não compreendessem.

4.5 Etapa 5: Montagem do Arranjo Experimental: Saída a Campo e Coleta de Dados.

A saída a campo para coleta de amostras e os experimentos em laboratório ocorreram em um único dia e se fizeram então de forma combinada. Logo, essa etapa contou com duas atividades com grande potencial no processo de ensino-aprendizado que segundo Hodson (1988, apud DOURADO, 2006):

O trabalho laboratorial (TL) e o trabalho de campo (TC) são duas modalidades de trabalho prático reconhecidas, quer por professores quer por investigadores, como recursos de inegável valor no ensino e aprendizagem das Ciências.

4.5.1 Saída a campo

A saída a campo se deu em um dia ensolarado, com condições amplamente favoráveis e o veículo disponibilizado pela prefeitura de Baixo Guandu chegou no horário combinado. Dois professores e uma estagiária foram convidados a participar da saída a campo para auxiliar na organização e disciplina dos discentes, uma vez que iríamos a locais com grau de risco, as margens dos rios Doce e Guandu e ainda adentraríamos em um trecho de capoeira onde estaria a nascente.

O primeiro passo foi uma reunião em sala de aula, onde contamos com auxílio do professor de biologia. Foram retomadas medidas de segurança e discutidos os riscos em ambientes naturais, os riscos de animais peçonhentos, os riscos de quedas em locais acidentados e o risco microbiológico e parasitológico de entrar em contato com as águas dos rios da região, uma vez que há, por exemplo, uma alta incidência de esquistossomose. Outro ponto abordado na reunião foi que em uma saída a campo é necessário manter a organização e a disciplina, tanto para que não ocorram problemas indesejáveis quanto para um melhor aproveitamento dos momentos em campo para aprendizado. Em seguida os discentes embarcaram no ônibus, gentilmente cedido pela Prefeitura Municipal de Baixo Guandu, como se pode observar na Figura 11.

Figura 11 - Professores debatem normas de segurança para saída a campo e embarcam com os discentes.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Após a reunião, os discentes foram então conduzidos à primeira parada, uma nascente a 5,5 quilômetros à montante do Rio Guandu, situada a aproximadamente duzentos metros da margem. A viagem durou cerca de 15 minutos e nesse momento o professor mostrou que estava levando os frascos estéreis, como havia dito, e que além dos frascos, levava um isopor contendo gelo, aos quais seriam responsáveis pela conservação das amostras coletadas pelos alunos, segundo o Manual Prático de Análise de Água (FUNASA, 2013).

Ao chegar, professores e alunos foram recebidos pelo proprietário do terreno, também professor, que guiaria a todos até a nascente. Os discentes ficaram muito animados em estar fora da escola e da cidade, em um ambiente natural o que se comprovou quando o professor questionou os alunos quais iam ou não até a nascente. Todos, sem exceção, desejaram ir até o local onde nasce a água. Muitos, questionados pelo professor, observaram que nunca haviam visto uma nascente. Logo, foi realizada a subida de cerca de 12 a 14 minutos observada na Figura 12.

Figura 12 - Discentes sobem até a nascente, juntamente com os professores e o proprietário do terreno.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Por fim, todos chegaram à nascente, um ambiente muito fresco e arborizado onde era possível perceber um ambiente conservado, com árvores de médio porte, o que auxilia na proteção e conservação da nascente. Os discentes ficaram realmente à vontade e admirados e o proprietário esclareceu que havia firmado parceria com o programa “Olhos d’Água”, do Instituto Terra. O programa distribui mourões, arames, mudas nativas e assistência técnica para proteger nascentes contra a entrada de animais e para delimitação da área a ser conservada. O agricultor entra com a mão de obra, instalando as cercas e ajudando a manter o local da nascente preservado. O programa é ofertado pelo Instituto Terra, uma empresa referência em recuperação de áreas degradadas e já recuperou milhares de nascentes (JORNAL HOJE, 2015).

Logo os discentes se dispuseram a realizar sua coleta na nascente e receberam o vidro estéril, com capacidade para 125 mL, efetuando sua coleta no local onde a água se acumulava. Observaram ainda que a água era bastante fria e transparente, além de notarem de forma preliminar, que a água não possuía qualquer tipo de odor. A coleta e observações podem ser visualizada na Figura 13.

Figura 13 - Alunos coletam água na nascente.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Entre as coletas das amostras, foi realizada uma pausa de quinze minutos para descansar e para um lanche, onde foram distribuídos suco e pão com queijo e mortadela como aparece na Figura 14. Com as atividades físicas intensas e o sol típico da região, a parada para comer e se hidratar era primordial. O momento também foi utilizado para um agradecimento coletivo ao proprietário do terreno, que gentilmente permitiu que sua nascente fosse utilizada no projeto, assim, alunos e professores o cumprimentaram.

Figura 14 - Alunos recebem um lanche em meio às coletas de amostras.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Posteriormente, foram realizadas coletas no Rio Guandu, cerca de 500 metros acima do ponto de subida da nascente, onde havia melhor acesso ao rio, e no Rio Doce, na região do bairro Santo Antônio do Rio Doce (Mauá Minas), já parte da cidade de Aimorés – MG. Nesses locais o cuidado com os discentes foi redobrado, pois havia riscos de queda e afogamento, além do risco de contaminação nas águas dos rios. Para sanar esses riscos os discentes foram acompanhados de perto pelos professores e ainda foi exigido o uso de luvas e álcool 70% pelos discentes que realizaram as coletas. As coletas podem ser observadas na Figura 15.

Figura 15 - Coletas de amostras de água são realizadas pelos discentes no Rio Guandu e Rio Doce.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Na Figura 15 é possível observar também a ponte sobre o Rio Doce, que separa os estados do Espírito Santo e Minas Gerais. O lado aos quais os alunos estão pertence a Aimorés –MG e o outro lado a partir do meio da ponte pertence a Baixo Guandu – ES.

Ao chegar no local de coleta no Rio Doce, por se tratar de uma região mais urbanizada, os discentes perceberam que havia muitas ações antrópicas, presença de detritos e canos. Assim, além de ser realizada a coleta da amostra no local, o professor também realizou

uma problematização sobre o assunto, indagando sobre a possibilidade de contaminação no local que pode ser lida no Quadro 30.

Quadro 30 - Recorte de diálogo sobre a possibilidade de contaminação no Rio Doce.

| |
|--|
| <p>Professor: O que vocês acham desse lugar, aqui estará contaminado ou não? Alunos: Sim! Professor: Contaminado com que? Solange: Xixi e coco.</p> |
|--|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

No diálogo (Quadro 30) os alunos demonstraram compreender a influência do homem no meio ambiente, tanto com a constatação dos detritos quanto com a inferente presença do homem, formando a comunidade local. Assim, os discentes já reconheceram a alta possibilidade da presença de esgoto nas águas do rio.

O professor solicitou então que os discentes de todos os grupos fotografassem indícios de que o homem promoveu alguma alteração no ambiente. Os discentes informaram ter observado cano de esgoto, plásticos, entulho e ainda um bote afundado como pode ser observado na Figura 16.

Figura 16 - Registro fotográfico feito pelos discentes sobre alterações causadas pelo homem na margem do Rio Doce.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Entre os registros de intervenções antrópicas realizadas pelo homem às margens do Rio Doce está uma figura de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) desativada, ao qual certamente pertence ao bairro Santo Antônio do Rio Doce em Aimorés-MG. A imagem,

presente na (Figura 17) despertou a curiosidade dos alunos que se questionavam sobre a arquitetura da ETA.

Figura 17 - Registro fotográfico feito pelos discentes de uma ETA desativada na margem do Rio Doce.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

A última amostra foi colhida nas dependências da própria escola, por se tratar de uma amostra de água tratada. Para a coleta, a torneira foi higienizada e sanitizada com álcool 70%, além de ser aberta, permitindo o fluxo de água durante 2 minutos antes de ser posta no recipiente, seguindo o protocolo da FUNASA (2013). As imagens da coleta podem ser observadas na Figura 18.

Figura 18 - Alunos do grupo D recolhem amostras de água em torneira da escola.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Assim findou-se a etapa da coleta de amostras. As coletas foram realizados em pontos distintos, fora da cidade de Baixo Guandu, no interior e até mesmo no município vizinho de Aimorés. Os pontos de coleta de amostras aparecem marcados nas imagens de satélite presentes na Figura 19, feitas através da ferramenta Google Earth (2019).

Figura 19 - Pontos de coleta de análises na região de Baixo Guandu – ES.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no Aplicativo Google Earth – ImageDigital Globe (2019).

A próxima etapa foi realizada em laboratório, devidamente preparado e equipado para alcançar os objetivos almejados.

4.5.2 Atividades práticas no laboratório

Ao preparar o laboratório para as análises o professor posicionou os microscópios, um para cada grupo que utilizariam o equipamento e organizou os tubos contendo caldo Lauril Sulfato (LST) em consonância à proposta dos TM (Apêndice D). Por fim, foram distribuídas as amostras de acordo com a proposta de cada grupo como pode ser observado na figura 20.

Figura 20 – Professor organiza as bancadas para receber os discentes.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Assim, antes de iniciar a prática, os estudantes receberam Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), máscaras, luvas e jalecos e em seguida o professor explicou a importância

do uso dos paramentos para a proteção contra agentes nocivos aos quais poderiam estar presentes nas amostras. Outro importante ponto foi a exigência de uso contínuo de álcool 70% para sanitizar as mãos e a bancada, evitando tanto o contato com agentes infecciosos pelos alunos, quanto a contaminação dos meios de cultura. Também foi solicitado que os discentes realizassem anotações dos procedimentos realizados e de equipamentos e vidrarias manipuladas conforme podem ser observados na Figura 21.

Figura 21 - Discentes recebem EPIs do professor e se paramentam para aula prática.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

A partir desse ponto os discentes foram levados a realizarem seus experimentos, testando as hipóteses a fim de confirmá-las ou a rechaçá-las. Assim, foi pedido que os discentes observassem as amostras, percebendo sua cor, seu cheiro e se havia algum detrito no interior dos potes de coleta. Foi solicitado também que os discentes realizassem anotações sobre tudo o que observaram nas amostras, o que pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 - Alunos verificam as características das amostras e realizam anotações.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Em seguida, os alunos passaram a realizar as análises propostas, onde realizaram a observação das amostras ao Microscópio Óptico utilizando lâminas e lamínulas, buscando a presença de contaminações diversas, mas principalmente bactérias. Esse método foi proposto pelos grupos A, C e D e sua aplicação pode ser observada na Figura 23.

Figura 23 - Alunos analisam amostras ao MO.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Pela proposta do grupo B, foi necessário utilizar uma amostra contaminada, para tentar sua descontaminação através de 5 minutos de fervura. A amostra utilizada foi a do Rio Guandu, que foi posta em ebulição durante 5 minutos e em seguida analisada em seus aspectos visuais e reservada uma alíquota. A amostra foi então totalmente vaporizada por ebulição e os resíduos visualizados e anotados pelos alunos. Os procedimentos do grupo B podem ser visualizados na Figura 24.

Figura 24 - Alunos do grupo B realizam suas metodologias de análise.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Por fim, os discentes de todos os grupos puderam presenciar diferentes resultados e observar estruturas diversas. O grupo A, por exemplo, indicou ter visto pontos verdes que apontaram como algas na água da nascente e na água tratada. Indicaram uma forma de ser vivo que, pela descrição, se parecia com um protozoário. O grupo B relatou ter visualizado muitos resíduos na água pós-fervura enquanto os grupos C e D visualizaram bactérias e um “fio de cabelo verde” aos quais supuseram ser alga ou lodo.

Enfim, o professor chamou a atenção dos discentes novamente para os instrumentos, os meios de cultura e as amostras sobre as bancadas e passou a realizar questionamentos e instruir quanto ao uso e a função de cada um, como pode ser lido no recorte de diálogo presente no Quadro 31.

Quadro 31 - Recorte de diálogo sobre os meios de cultura.

| | |
|---|---|
| <p>Professor: Vocês têm aí, em frente a vocês um monte de tubinhos e a amostra que vocês coletaram também esta aí. Isso quer dizer alguma coisa?</p> <p>Wanderson: O que é isso professor? É xixi não né?</p> <p>Professor: Não, não é xixi. Vocês lembram que eu falei sobre, como podemos fazer para as bactérias crescerem? Para que temos essa amostra de água aí?</p> <p>Wanderson: Pra testar cada uma.</p> | <p>Maurício: Pra analisar.</p> <p>Professor: E para que serviria esse líquido que está aí dentro então?</p> <p>Maurício: Pra mostrar a bactéria.</p> <p>Professor: Muito bem. E vai mostrar para a gente, será que vou conseguir ver essa bactéria?</p> <p>Antônio: Não!</p> <p>Professor: Ele vai me indicar a presença das bactérias.</p> |
|---|---|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O professor então orienta sobre o grupo de micro-organismos ao qual o método, chamado de método dos Tubos Múltiplos (TM) busca encontrar na água, o grupo Coliforme (FUNASA, 2013). Da mesma forma, os discentes são questionados sobre o meio de cultura, suas funções, assunto que já havia sido abordado anteriormente. Porém, ao falar novamente sobre o assunto o professor percebeu que ainda havia confusão do termo cultura utilizado. A ‘cultura’ que vem de cultivar estava sendo confundida com ‘cultura’, substantivo feminino ligado a hábitos sociais, religiosos.

No próximo passo, o professor apresentou a pipeta de vidro de 10 mL e a pera. Os alunos se mostraram curiosos e chamaram a pera de ‘bombinha’, sendo que o professor concordou se tratar de uma bomba realmente feita para substituir o uso da boca para pipetar, um procedimento antigamente muito comum, mas que está sendo abolido dos laboratórios. Assim, o professor passou a explicar sobre o método dos tubos múltiplos, os meios de cultura utilizados e o tempo necessário para a obtenção de resultados. Baseado no Manual Prático de Análise da Água. (FUNASA, 2013) e em Blodgett (2010).

O professor reiterou que o grupo dos coliformes fermenta a lactose e que portanto todos os meios de cultura são lactosados. Em seguida o professor passou a comparar as pipetas, já que se trabalhariam com 3 pipetas diferentes. A pipeta de 10 mL já citada, uma micropipeta de 1 mL e uma micropipeta de 0,1 mL. Os alunos também foram advertidos quanto à esterilidade das pipetas de vidro e das ponteiras das micropipetas, e foi solicitado que os discentes tomassem cuidado para não contamina-las, o que geraria resultados falsos. Através da Figura 25 pode-se observar os discentes recebendo instruções para uso das pipetas.

Figura 25 - Professor ensina alunos a utilizar as micropipetas e pipetas de vidro com pera.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Assim, o próximo passo foi mostrar aos discentes como seria exatamente a primeira etapa do método dos tubos múltiplos. Dessa forma o professor descreveu, com auxílio do quadro branco, quais são as concentrações utilizadas nos meios de cultura LST. Após o término dessa primeira parte, eles deveriam tampar os tubos agitar suavemente e inserir as estantes de tubos na estufa bacteriológica, já regulada e estabilizada para 35°C. As demonstrações realizadas pelo professor e explicação sobre os TM podem ser visualizados na Figura 26.

Figura 26 - Professor mostra como será feita a inserção de amostras nos tubos de ensaio.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Em seguida o professor acompanhou e orientou cada grupo durante o procedimento de pipetagem das amostras, dando instruções sobre o manuseio das amostras, da pera e das pipetas. Logo, os alunos realizaram a semeadura das amostras com bastante zelo, aplicando todos os procedimentos divulgados pelo professor. No geral, atrapalharam-se um pouco com as válvulas da pera, porém acabaram se adaptando e compreendendo seu mecanismo de funcionamento. Já com as micropipetas conseguiram um manuseio adequado mais rapidamente, tanto no processo de pipetagem quanto na troca das ponteiros, como pode ser observado na Figura 27.

Figura 27 - Discentes pipetam suas amostras sob orientação do professor.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Em dado momento, um aluno questionou o que eram os “tubinhos invertidos” contidos no interior dos tubos de ensaio. O professor explicou que são os tubos de Durham, responsáveis por coletar os gases que os coliformes liberam ao consumir a lactose, demonstrando assim sua presença no meio de cultura.

Ao fim, os discentes colocaram suas estantes de tubos na estufa bacteriológica a 35°C e incubaram pelo tempo previsto no método, como pode ser visto na Figura 28.

Figura 28 - Discentes inserem suas estantes de tubos de ensaio na estufa bacteriológica.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Após verificação em 24 horas e 48 horas, concluiu-se a etapa presuntiva em que os discentes foram levados a verificar se haviam positivos em suas estantes de tubos e a anotar os resultados. O professor debateu com os discentes sobre as formas de verificação da positividade dos resultados e mostrou que a presença de elevada turbidez nos tubos de ensaio, somado ao aparecimento de gás no tubo de Durham, são incontestáveis indicadores de contaminação. A turma questionou o motivo da formação do gás e foram levados a um debate onde perceberam que o gás formado, era o gás carbônico (CO₂), e que este seria um produto originado da fermentação da lactose por bactérias, nesse caso, as do grupo coliforme. Na

Figura 29 pode ser observado o professor e os alunos buscando o indicador de contaminação nos tubos.

Figura 29 - Alunos e professor verificam a presença de gás e turbidez nos tubos e tomam nota dos dados.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Foi também apresentado aos discentes a alça de semeadura e o bico de Bunsen que seriam utilizados, quando os discentes também conheceram a técnica que consiste em flambar a alça de semeadura no bico de Bunsen para descontaminação e manter a alça no campo da chama, para proteger de contaminantes do ambiente. Questões de segurança foram debatidas, lidar com a chama exige certos cuidados com cabelos e jalecos, evitando assim acidentes. Nesse debate o professor norteou-se pelo primeiro eixo estruturante sobre compreensão de elementos e termos científicos básicos que levem a sua compreensão, de acordo com Sasseron e Carvalho (2008, p. 335):

(...) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais e a importância deles reside na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender até mesmo pequenas informações e situações do dia-a-dia.

Por fim, para o teste confirmativo, os discentes foram instruídos a tomar os tubos positivos, anotarem seus resultados de acordo com a diluição da amostra utilizada e repicarem com uma alçada em Caldo Verde Brillante (VB), e em seguida incubaram novamente a 35°C na estufa bacteriológica. A repicagem pode ser observada na Figura 30.

Figura 30 - Alunos realizam a repicagem de amostras positivas segundo a técnica dos TM.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Os alunos nessa etapa ainda possuíam alguma dificuldade em perceber o tubo positivo, o professor mostrou um tubo contaminado e comparou com um não contaminado, chamando atenção para a turbidez, alteração de coloração e a formação de gás no tubo de Durham.

Chamou a atenção dos discentes o fato de haver uma grande discrepância de coloração observada entre os tubos contaminados (Figura 31). O debate foi levantado e os discentes foram levados a propor respostas para a questão. Logo, eles chegaram a conclusão que a alteração podia ser devido a presença de diferentes bactérias em cada tubo ou mesmo a um número muito diferente de bactérias dos mesmos tipos.

Figura 31 - Alunos observam as diferentes colorações em amostras positivas do caldo VB.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Com o resultado do teste confirmativo iniciou-se o teste para termotolerantes onde novamente tomou-se os tubos positivos e foi realizada a repicagem. Com auxílio da alça de

semeadura foi feita a repicagem para os tubos contendo o meio de cultura Caldo *Escherichia coli* (EC). Os resultados são exibidos na Tabela 01.

Tabela 01 - Resultados dos testes para coliformes totais após a cultura em Caldo VB.

| Grupo | Amostra | Resultado Teste Presuntivo | Resultado Teste Confirmativo |
|--------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| A | Nascente | 3 / 3/ 3 | 3 / 3/ 2 |
| B | Rio Guandu pós-fervura de 5 minutos | 0/ 0/ 0 | - |
| C | Rio Guandu | 3/ 3/ 3 | 3/ 3/ 3 |
| C | Rio Doce | 3/ 3/ 3 | 3/ 3/ 3 |
| D | Água tratada | 0/ 0/ 0 | - |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Observou-se que os resultados dos grupos B e D foram negativos, tanto em 24 horas quanto em 48 horas em caldo LST o que, de acordo com o método, mostra que as amostras analisadas por esses grupos não estavam contaminadas por coliformes. Assim, os discentes constataram que suas análises pelos TM acabaram e os alunos desses grupos foram levados a participar do processo de repicagem nos outros grupos visando uma maior interação e a homogeneização dos conhecimentos adquiridos.

Como outro ponto importante, a tabela de Número Mais Provável (NMP) foi trabalhada de acordo com a quantidade de tubos positivos, entretanto, dentre as amostras positivas convertidas em NMP, todas apresentaram valor máximo assim como, dentre as amostras negativas, todas, naturalmente ficaram em 0 NMP. Isso inviabilizou até certo ponto o uso da tabela. De maneira geral passou-se a adotar apenas amostras positivas ou negativas. Mesmo assim, a Tabela 02 foi apresentada aos discentes como importante parte do método.

Tabela 02 - NMP de coliformes por 100 mL de amostra.

| Table 1 - Table 1 For 3 tubes each at 0.1, 0.01, and 0.001 g inocula, the MPNs per gram and 95 percent confidence intervals. | | | | | | | | | | | |
|--|------|-------|------------|------|------|------------|------|-------|------------|-----|-------|
| Pos. Tubes | | | Conf. lim. | | | Pos. tubes | | | Conf. lim. | | |
| 0.10 | 0.01 | 0.001 | MPN/g | Low | High | 0.10 | 0.01 | 0.001 | MPN/g | Low | High |
| 0 | 0 | 0 | <3.0 | - | 9.5 | 2 | 2 | 0 | 21 | 4.5 | 42 |
| 0 | 0 | 1 | 3.0 | 0.15 | 9.6 | 2 | 2 | 1 | 28 | 8.7 | 94 |
| 0 | 1 | 0 | 3.0 | 0.15 | 11 | 2 | 2 | 2 | 35 | 8.7 | 94 |
| 0 | 1 | 1 | 6.1 | 1.2 | 18 | 2 | 3 | 0 | 29 | 8.7 | 94 |
| 0 | 2 | 0 | 6.2 | 1.2 | 18 | 2 | 3 | 1 | 36 | 8.7 | 94 |
| 0 | 3 | 0 | 9.4 | 3.6 | 38 | 3 | 0 | 0 | 23 | 4.6 | 94 |
| 1 | 0 | 0 | 3.6 | 0.17 | 18 | 3 | 0 | 1 | 38 | 8.7 | 110 |
| 1 | 0 | 1 | 7.2 | 1.3 | 18 | 3 | 0 | 2 | 64 | 17 | 180 |
| 1 | 0 | 2 | 11 | 3.6 | 38 | 3 | 1 | 0 | 43 | 9 | 180 |
| 1 | 1 | 0 | 7.4 | 1.3 | 20 | 3 | 1 | 1 | 75 | 17 | 200 |
| 1 | 1 | 1 | 11 | 3.6 | 38 | 3 | 1 | 2 | 120 | 37 | 420 |
| 1 | 2 | 0 | 11 | 3.6 | 42 | 3 | 1 | 3 | 160 | 40 | 420 |
| 1 | 2 | 1 | 15 | 4.5 | 42 | 3 | 2 | 0 | 93 | 18 | 420 |
| 1 | 3 | 0 | 16 | 4.5 | 42 | 3 | 2 | 1 | 150 | 37 | 420 |
| 2 | 0 | 0 | 9.2 | 1.4 | 38 | 3 | 2 | 2 | 210 | 40 | 430 |
| 2 | 0 | 1 | 14 | 3.6 | 42 | 3 | 2 | 3 | 290 | 90 | 1,000 |
| 2 | 0 | 2 | 20 | 4.5 | 42 | 3 | 3 | 0 | 240 | 42 | 1,000 |
| 2 | 1 | 0 | 15 | 3.7 | 42 | 3 | 3 | 1 | 460 | 90 | 2,000 |
| 2 | 1 | 1 | 20 | 4.5 | 42 | 3 | 3 | 2 | 1100 | 180 | 4,100 |
| 2 | 1 | 2 | 27 | 8.7 | 94 | 3 | 3 | 3 | >1100 | 420 | - |

Fonte: Blodgett (2010).

O professor explicou aos discentes sobre o caldo EC, ligado aos coliformes termotolerantes mostrando que a principal representante desse grupo de bactérias seria a *Escherichia coli*, uma bactéria que se presente na água inviabiliza seu consumo, segundo a portaria 2914 do Ministério da Saúde. (BRASIL. Portaria nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011). Um recorte do debate sobre esse grupo pode ser lido no Quadro 32.

Quadro 32: Recorte de debate sobre os coliformes termotolerantes.

| | |
|--|---|
| Professor: Vamos passar ao próximo meio de cultura, o caldo EC. Nesse teste vamos procurar encontrar bactérias termotolerantes. Professor: 'Termo' vem de quê? Maurício: Termômetro. | Professor: Isso, as 'termo' 'tolerantes' são então bactérias que toleram o calor. O resultado desse último tubo, a principal representante desse grupo é a <i>Escherichia coli</i> , uma bactéria que vive no intestino humano. |
|--|---|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em outro momento importante, o professor manuseava os tubos contendo meios de cultura contaminados e foi questionado pelos estudantes o que ele faria com eles. Foi dito que iriam para descarte e questiona a turma se ele poderia descartar aquele material contaminado no banheiro ou na pia. Os discentes responderam que não, mas não souberam responder o

porquê. O professor lembrou que ao se trabalhar em um laboratório se deve prezar pela segurança, não só de quem usa o laboratório, mas também de quem conserta os canos, quem limpa as pias, de quem pesca na saída do esgoto enfim, de todos ligados direta ou indiretamente às instalações laboratoriais. Essa foi mais uma condução do professor em direção aos princípios éticos que norteiam as ciências e que fazem parte dos eixos estruturantes da AC, propostos por Sasseron e Carvalho (2008).

Por fim, após a repicagem em caldo EC, decorridos 24 horas de incubação a 44,5 °C, os discentes conferiram suas estantes de tubos e verificaram que não havia contaminação alguma, os tubos estavam sem turbidez e sem a presença de gás, como se observa na Figura 32.

Figura 32 - Alunos verificam e constataam a ausência de gás e turbidez nos tubos contendo caldo EC.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Assim, em nenhuma das amostras ocorreu positivo para termotolerantes, o que indica que não há presença de coliformes termotolerantes. Entretanto, a positividade para os coliformes totais demonstra que há contaminações diversas e que há grande chance da ocorrência de bactérias patogênicas (FUNASA, 2013).

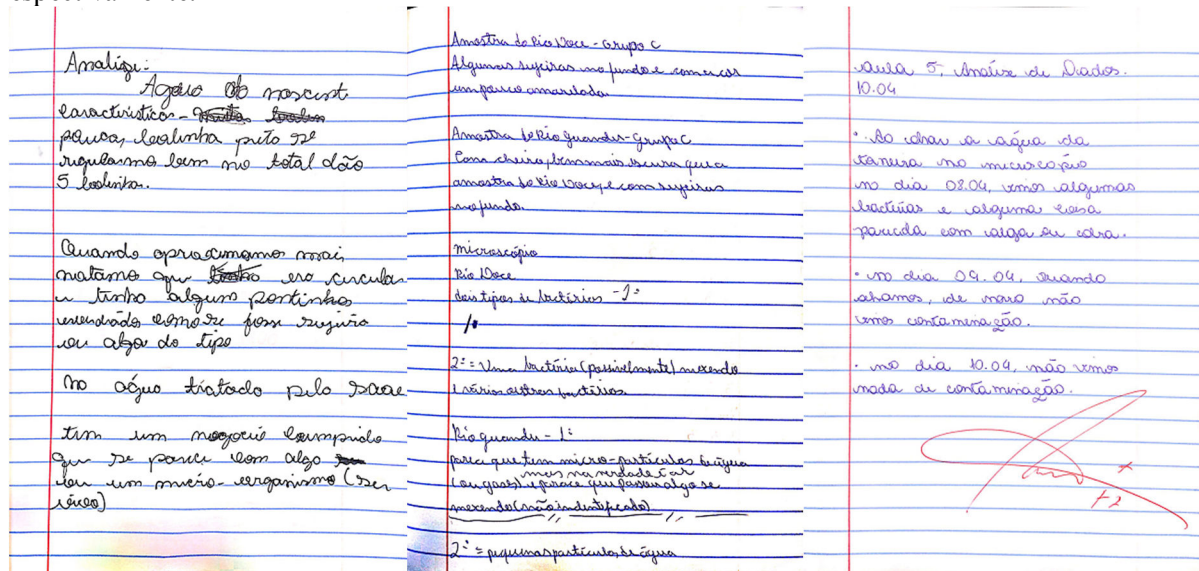
4.6 Etapa 6: Análise dos Dados

De acordo com AZEVEDO (2004, p. 29) sobre a etapa de análise dos dados: “Obtidos os dados, é necessário que estes sejam analisados para que possam fornecer informações sobre a questão-problema. (...)”. Assim, esta etapa da análise e organização dos dados visou a condução dos discentes à ciência do que eram os dados de sua pesquisa, os instrumentos aos quais utilizariam para verificar se suas hipóteses estavam corretas. Assim, através desse processo, os discentes já seriam levados a uma reflexão sobre seus problemas, suas hipóteses e os resultados obtidos.

Os alunos deveriam anotar seus dados de maneira organizada em seus diários de bordo. Ocorreu que, de maneira geral, os dados aqui representaram, em si, observações

ocorridas durante fase experimental, o que levou a uma organização dos dados de forma bastante objetiva, como pode ser visto nos diários de bordo apresentados na Figura 33.

Figura 33 - Imagens dos diários de bordo com parte da análise dos dados dos grupos A, C e D respectivamente.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

De uma maneira geral, os discentes listaram dados obtidos em seus experimentos e que poderiam e foram utilizados para atingir os objetivos de suas pesquisas: testar suas hipóteses. Dessa forma, o que se tem é a seriação de informações, um indicador de alfabetização científica que de acordo com Sasseron e Carvalho (2008, p. 338):

A **seriação de informações**, que parte da criação de um aparato base para ações e que não necessita de uma ordem rígida, mas de uma série de palavras, ideias ou frases para a finalidade pretendida;

Entre os dados levantados pelos alunos foi possível notar outros indicadores de alfabetização científica. Os alunos do grupo B, apresentaram seus dados demonstrando grande coesão e organização, apresentando as informações em tópicos como pode ser lido no Quadro 33.

Quadro 33 - Recorte de dados descritos pelo grupo B.

| Tópico 1 | Tópico 3 |
|---|---|
| Ao coletar as amostras, estavam todas sujas e com uma coloração esbranquiçadas com muita sujeira visível. | Após fervura total, vimos que no fundo havia muito pouca sujeira e concluímos que foi muito eficaz [a fervura por 5 min.] |
| Tópico 2 | Tópico 4 |
| Após a fervura de 5 minutos, a água estava bem mais cristalizada e mais limpa e notamos que eliminamos | Através dos tubos múltiplos e com o meio de cultura verde brilhante, vimos e concluímos que foi muito |

| | |
|-----------------------------|---|
| grande parte das bactérias. | eficaz e concluímos que não havia contaminação. |
|-----------------------------|---|

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Assim, o que se pode perceber no Quadro 33 é que existe um erro quanto ao tipo do meio de cultura descrito, uma vez que o grupo referido não fez uso do caldo VB em suas análises, apenas do caldo LST. Entretanto, os discentes construíram seus dados classificados de forma muito organizada e que pautavam em níveis de importância seus resultados, partindo de resultados menos expressivos, até informações com maior abrangência, o que segundo Sasseron e Carvalho (2008, p. 338): “A **classificação de informações** acontece quando as informações adquiridas devem ser sistematizadas de forma hierárquica. Projeta-se como o estabelecimento de uma ordem dos itens trabalhados, buscando o estabelecimento de relações entre eles;”.

Assim, os dados apresentados e relatados pelos alunos nessa etapa serviram como importantes subsídios para a próxima etapa, a construção dos relatórios finais. Os resultados organizados nessa etapa nortearam os trabalhos dos discentes, trazendo maior consciência das etapas da pesquisa realizada e da importância das anotações e descrições para se atingir os objetivos pretendidos.

4.7 Etapa 7: Elaboração dos Relatórios Finais

Os discentes foram conduzidos a elaborarem os relatórios finais extraclasse, que deveriam conter uma introdução, falando sobre a importância do trabalho e o motivo da escolha do tema; o problema; a hipótese do grupo; a preparação do experimento e a prática realizada; a forma como foi o experimento e quais dados importantes foram gerados; resultados e discussão onde o aluno deveria debater se o experimento foi adequado para responder sua hipótese. Nessa mesma discussão, os discentes deveriam justificar ainda os motivos da comprovação ou não da hipótese e qual seriam as causas dessa comprovação ou não comprovação e uma conclusão para o relatório. Na verdade, o relatório inteiro é uma conclusão dos trabalhos realizados, que segundo Azevedo (2004, p. 29) “Na conclusão, deve-se formalizar uma resposta ao problema inicial discutindo a validade (ou não) das hipóteses iniciais e as consequências delas derivadas.”.

Outro ponto muito importante na elaboração de relatórios foi o desenvolvimento da escrita. A escrita se dá como a principal forma de registro no processo de fazer ciência e,

claro, na aplicação de métodos que visem alfabetizar cientificamente os estudantes. De acordo com Carvalho (2011, p. 260):

As linguagens, falada e escrita, são os sistemas simbólicos utilizados para construir, descrever e apresentar os processos e argumentos científicos. Para fazer ciência, para falar ciência, para ler e escrever ciência é necessário combinar de muitas maneiras o discurso verbal, as expressões matemáticas, as representações gráficas.

Assim, nos relatórios elaborados pelos discentes foi possível identificar diversos indícios de alfabetização científica, constatar a importância do erro no processo de ensino-aprendizagem e ainda identificar uma perspectiva CTS/CTSA nos dados apresentados. O grupo A apresentou seu relatório como descrito nos recortes do Quadro 34.

Quadro 34 - Recortes de relatórios finais do grupo A.

| Problema |
|---|
| A água retirada in natura de uma nascente é potável, tanto quanto a água enviada pela companhia de abastecimento? |
| Hipótese |
| A água tratada [é potável] pois a água da nascente pode ter algumas contaminações dependendo do local. |
| Resultado e discussão |
| No nosso problema agente [sic] poderia ter fervido a água e teríamos um resultado melhor. A nossa hipótese esta certa, porque dependendo da nascente pode ter algumas contaminações dependendo do local. |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os alunos apresentaram no campo ‘resultado e discussão’ (Quadro 34) uma hipótese, indicando que se tivessem fervido a água, poderiam obter resultados melhores do que olhar ao microscópio, que foi seu método adotado. A proposta dos discentes nesse âmbito se dá por terem acompanhado discentes do outro grupo ao qual propuseram a fervura da água e observação dos resíduos, obtendo bons resultados. Logo, ocorreu então um indicador de alfabetização científica, a previsão de resultados melhores adotando a metodologia do outro grupo ao qual segundo Sasseron e Carvalho (2008, p. 339): “O indicador previsão é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos.”

Ainda sobre o campo ‘resultado e discussão’ (Quadro 34), ao concluir “A nossa hipótese está certa, porque dependendo da nascente pode ter algumas contaminações dependendo do local.”, os alunos apresentam uma conclusão baseada nos dados testados, apresentam uma margem que poderia refutar a hipótese ao dizer que depende ‘da nascente’ e ‘do local’ onde ela está. Isto indica que os alunos sabem que existem alguns fatores que podem fazer com que a nascente fique contaminada mas que nem todas as nascentes estão em

contato com esses fatores. Demonstra-se aqui um pensamento proporcional ao qual segundo Sasseron e Carvalho (2008, p. 338): “O **raciocínio proporcional** que relaciona as variáveis demonstradas entre si e apresenta estruturação do raciocínio mostrando interdependência possível entre essas variáveis nas falas e afirmações feitas durante a aula;”

O grupo B apresentou um relatório bastante extenso ao qual abarcou diversos pontos importantes em seu experimento. Alguns desses pontos estão expostos no Quadro 35.

Quadro 35 - Recortes de relatórios finais do grupo B.

| Problema |
|--|
| É possível tornar a água do Rio Guandu potável efetuando sua fervura durante 5 minutos? |
| Hipótese |
| Creio que será possível tomar a água após os 5 minutos de fervura, pois é uma opinião popular então, deve ter sido testado antes. Mas não acredito que vai estar tão recomendável para beber, como bebemos a água do SAAE. |
| Resultados, discussão e conclusões |
| -Ao compararmos o recipiente 2 com o recipiente 1, não vimos uma grande diferença pois não era visível a sujeira do recipiente 1, mas podemos ter certeza que houve uma grande melhoria de turbidez no recipiente 1. -Podemos concluir que houve uma possível descontaminação e grande melhoria na turbidez na água mesmo sendo em apenas 5 minutos [de fervura] (...). -Acredito que seja possível tornarmos a água potável através do aquecimento, mas acredito que em 5 minutos não é suficiente. |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

No Quadro 35, os discentes utilizaram os termos ‘recipiente’, ‘visível’, ‘descontaminação’ e ‘turbidez’ como parte do seu texto, substituindo palavras comuns do dia-a-dia por esses termos científicos em seu vocabulário. Esse é um ponto norteador de sequências investigativas ao qual segundo Carvalho (2011, p. 257):

A passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica. As linguagens, falada e escrita, são os sistemas simbólicos utilizados para construir, descrever e apresentar os processos e argumentos científicos. (...)É preciso saber como levar os alunos da linguagem comum, utilizada no dia a dia da sala de aula, à linguagem científica. É necessário que eles aprendam a argumentar desde cedo se utilizando do raciocínio e das ferramentas científicas.

Na frase ‘Podemos concluir que houve uma possível descontaminação e grande melhoria na turbidez na água mesmo sendo em apenas 5 minutos [de fervura] (...)’ presente no Quadro 35, no campo ‘Resultados, conclusão e discussões’ os alunos observaram a queda de turbidez após a fervura, mesmo que mínima e tiveram o teste dos TM negativo para coliformes e ainda assim não julgaram como certa a descontaminação. A dúvida se dá, provavelmente pela presença de outros materiais na água que não poderiam ser detectados pelas técnicas utilizadas, como metais pesados ou agrotóxicos, o que demonstra também o

indicador da alfabetização científica do raciocínio proporcional, de acordo com Sasseron e Carvalho (2008, p. 338).

Assim, outro trecho interessante que aparece na introdução do relatório final do grupo B, diz respeito aos motivos do trabalho ao qual é utilizada uma explicação de um termo, como pode ser observado no Quadro 36.

Quadro 36 - Recorte da introdução do relatório final do grupo B.

(...) tentamos descobrir se a água do Rio Guandu se tornaria potável através da temperatura, ou seja, através de aquecimento. Água potável é nada mais, nada menos que a água de qualidade suficiente para se beber e preparar alimento, sendo incolor e sem algum tipo de cheiro ou sabor.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

No trecho do Quadro 36 os alunos demonstraram grande familiarização com o formato científico de escrita em que desenvolveram os termos e uma descrição mais científica e objetiva, com termos menos coloquiais o que de acordo com Carvalho (2011) configura um ponto importante em sequências investigativas, o desenvolvimento de linguagem própria da ciência.

O grupo C por sua vez teve um dos trabalhos mais importantes que foi analisar as águas dos dois maiores rios da região, o Rio Doce e o Rio Guandu. Parte dos relatórios finais estão expostos no Quadro 37.

Quadro 37 - Recortes de relatórios finais do grupo C.

| Problema |
|--|
| Qual rio é menos poluído para ser utilizado na captação da água urbana, o Rio Doce ou Rio Guandu? |
| Hipótese |
| Rio Guandu, pois o Rio Doce está poluído com grande quantidade de metais pesados. A contaminação do Rio Guandu é o esgoto, é o mais fácil de ser tratado. |
| Resultados, discussão e conclusões |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Sobre nosso primeiro experimento [análise ao microscópio], sim, a hipótese do nosso grupo estava correta, porque quando observamos a amostra do Rio Doce vimos muitas bactérias, já a amostra do Rio Guandu, só estava com micropartículas de ar e consideramos normal. 2. O resultado do nosso experimento [TM] não respondeu o nosso problema pois quando nós fomos ver o resultado mostrou contaminação, mas as duas águas estavam contaminadas com coliformes totais, e no caldo EC, nenhuma das amostras estavam com bactérias termotolerantes, então de acordo com o experimento dos tubos múltiplos, as duas águas tem a mesma qualidade. 3. Essa análise foi importante para podermos saber que não estamos consumindo a melhor água. Agora, com estes experimentos realizados e divulgados, a sociedade saberá que temos sim uma melhor opção de [captação de] água. |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Como pode ser observado no Quadro 37, os discentes desse grupo se preocuparam com a qualidade da água do manancial utilizado na captação do município. De maneira geral, no campo ‘Resultados, discussão e conclusões’, é possível observar um encadeamento bastante lógico das ideias, na qual os dois primeiros tópicos são os resultados de cada um dos experimentos e das quais o experimento dos TM não forneceu dados que pudessem auxiliar na resposta ao problema enquanto o outro, a visualização ao MO fez a diferença. Baseados nisso, o último tópico traz a conclusão, apontando o Rio Guandu como melhor manancial para coleta de água do que o Rio Doce. Diversos indicadores de alfabetização científica estão presentes, porém, o raciocínio proporcional é o mais evidente (SASSERON e CARVALHO, 2008).

Presente também no Quadro 37, o tópico número 2 do campo “resultados, discussão e conclusões”, os alunos desenvolvem e organizam os resultados do método dos TM de forma organizada, citando cada ponto, sua importância e por fim a conclusão de que o método indicou a mesma qualidade para as amostras. Um indicador de classificação de informações ao qual de acordo com Sasseron e Carvalho (2008, p. 338):

A **classificação de informações** acontece quando as informações adquiridas devem ser sistematizadas de forma hierárquica. Projeta-se como o estabelecimento de uma ordem dos itens trabalhados, buscando o estabelecimento de relações entre eles;

Por fim, ainda no Quadro 37 pode-se encontrar o trecho “Agora, com estes experimentos realizados e divulgados, a sociedade saberá que temos sim uma melhor opção de [captação de] água.”, onde os alunos propõe a divulgação dos trabalhos para conscientização da população de que podem receber uma água melhor. Seria essa uma das características fundamentais da alfabetização científica, a visão CTS/CTSA na SEI, o efeito da ciência sobre a sociedade. (SANTOS E SCHNETZLER, 2003, apud CHRISPINO, 2017).

O grupo D, realizou propostas importantes à cerca da água tratada consumida na cidade de Baixo Guandu e sobre seu tratamento. O relatório elaborado pelo grupo D pode ser lido em partes no Quadro 38.

Quadro 38 - Recortes de relatórios finais do grupo D.

| |
|---|
| Problema |
| É possível que ocorra contaminação na água tratada pela companhia de tratamento de água municipal? |
| Hipótese |
| Sim, pois a pessoa que está tratando está deixando algo de errado ou seja não está colocando os ingredientes certos de limpeza. |
| Resultados, discussão e conclusões |
| 1- Analizamos [sic] no microscópio e vimos pontinhos pretos que podem ser bactérias e um tipo de fio |

de cabelo verde, que pode ser alga.

2- Mesmo vendo impurezas na água o resultado deu negativo e que a água não tinha bactérias e estava própria para o consumo.

3- Concluímos que o nosso experimento deu negativo, que a água está potável boa para o consumo.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O grupo D demonstrou certa frustração durante o transcorrer das atividades por seu trabalho ter apresentado uma hipótese refutada, na visão dos alunos, errada, além de erros de interpretação. Entretanto, o professor acalmou os alunos, pois além dos resultados negativos para a água que tomamos ser muito bom, também o erro é um fator que abre caminhos para novas perspectivas e é gerador de aprendizado. De acordo com Carvalho (2013, p. 3) “O erro quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas (...)”.

Assim, no tópico 1 do campo Resultados, discussão e conclusões do Quadro 38, os alunos descreveram pontos escuros que poderiam ser bactérias e ainda um “fio de cabelo verde” ao qual poderia ser uma alga. Portanto, os discentes levantaram hipóteses sobre o que observaram, constituindo um indicador importante da alfabetização científica de acordo com Sasseron e Carvalho (2008).

O grupo apresentou em outra parte do relatório, relacionado às conclusões, um trecho importante onde demonstraram sua preocupação relacionada ao tema ao qual trabalharam e seus resultados. O trecho está disposto no Quadro 39.

Quadro 39 - Trecho retirado do relatório final do grupo D.

Esse trabalho foi muito importante para a sociedade, por que crianças tomam dessa água, crianças tomam banho, [as pessoas] fazem comidas, e regão [sic] suas plantas com essa agua, então a agua tem que ser bem tratada para o consumo geral da agua.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

No trecho apresentado pelo Quadro 39, pode ser observada a importância do trabalho dos discentes, em suas próprias perspectivas, onde valorizaram seus trabalhos científicos realizados em consequência da importância social ao qual abarcava seu problema e hipótese. Tal perspectiva dos alunos se dá como um aspecto CTS/CTSA, a natureza da ciência ao qual, segundo Santos e Schnetzler (2003, p. 65) apud Chrispino (2017, p. 72): “Natureza da ciência: Ciência é uma busca de conhecimentos dentro de uma perspectiva social.”

Um registro importante e encontrado em todos os grupos são os sinais de trabalho em grupo e que representam um importante ponto no processo de ensino-aprendizagem em SEIs.

Dessa forma é possível observar nos relatos dos grupos os termos “analisamos”, “concluimos”, “podemos”, “nosso”, “comparamos” como o estabelecimento de um forte papel do grupo no processo de investigação. A interação aluno-aluno é considerada tão importante quanto à interação aluno-professor pela perspectiva vygotskiana (CARVALHO, 2013). Dessa forma a valorização do trabalho em grupo se faz um precioso instrumento didático que de acordo com Carvalho (2013 p. 5):

Uma destas ações que os professores já utilizavam com frequência em suas aulas é o trabalho em grupo. Com o conceito de zona de desenvolvimento proximal podemos entender o porquê os alunos se sentem bem nesta atividade: estando todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real é muito mais fácil o entendimento entre eles, às vezes mais fácil mesmo do que entender o professor.

Dessa forma, os relatórios foram uma importante forma de avaliar o desenvolvimento em diversos aspectos dos alunos, os pontos em que indicaram o processo de alfabetização científica, os pontos em que dispuseram-se em perspectiva CTS/CTSA dentre outros. Outro ponto importante é o desenvolvimento da escrita, do ‘escrever ciência’, como uma das partes do ‘fazer ciência’ (Carvalho, 2013) buscados em SEIs.

4.8 Etapa 8: Sistematização dos Conhecimentos Elaborados

A sistematização do conhecimento visa organizar o que os discentes fizeram de forma coletiva e trazer assimilação de toda a produção gerada pelos grupos. Dessa forma, o professor atua de maneira muito importante, questionando sobre as etapas investigativas já realizadas e proporcionando um ambiente adequado para esse fim (CARVALHO, 2013). Ocorre o compartilhamento dos conhecimentos construídos que, de acordo com Carvalho (2013, p. 12):

Nesta etapa o papel do professor é muito importante. A aula, neste momento, precisa proporcionar espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento. Ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado.

Assim, de forma dialogada, foram retomados ponto-a-ponto a investigação trabalhada procurando também explorar a importância do trabalho na AC dos discentes e, ainda, buscando abarcar as relações CTS/CTSA. Os alunos puderam, então, lembrar os conhecimentos desenvolvidos, sistematizando-os e socializar esse conhecimento com o restante da turma, como pode ser lido no Quadro 40.

Quadro 40 - Recortes de aula de sistematização de conhecimentos.

| Recorte 1 | Recorte 3 |
|---|--|
| <p>Professor: Então gente, a primeira parte do nosso trabalho, o que foi que a gente fez?</p> <p>Danilo: Problematização.</p> <p>Professor: Problematização. O que foi feito na problematização?</p> <p>Danilo: Foi elaborado perguntas.</p> <p>Professor: Vocês elaboraram perguntas, essas perguntas tinham alguma coisa de especial?</p> <p>Professor: Podia ser qualquer pergunta?</p> <p>Alunos em coro: Não. Sobre a água.</p> | <p>Professor: Qual foi o próximo passo?</p> <p>Danilo: Nós fomos na roça busca as análises.</p> <p>Valéria: Más primeiro a gente teve que planejar tudo antes.</p> <p>(...)</p> <p>Professor: E como vocês definiram que seria o experimento de vocês? Partindo de quê? Eu expliquei isso pra vocês? Como deveria ser?</p> <p>Maurício: Não.</p> <p>Alunos em coro: Não!</p> |
| Recorte 2 | Recorte 4 |
| <p>Professor: Depois então, fizeram ai o problema baseado na curiosidade de vocês. E aí o que vocês fizeram?</p> <p>Rodolfo: Levantamento de hipóteses.</p> <p>Professor: Levantamento de hipóteses. E o que era o levantamento de hipóteses?</p> <p>Danilo: É buscar solução para o problema.</p> <p>Professor: Era buscar uma solução mais...</p> | <p>Professor: Depois o que a gente fez?</p> <p>Tadeu: Buscou as amostras.</p> <p>Professor: Foi lá buscar as amostras. Onde a gente pegou as amostras?</p> <p>Armindo: Na nascente</p> <p>Wanderson: No Rio Doce.</p> <p>Professor: Em qual rio?</p> <p>Alunos em coro: Rio Doce, Rio Guandu e na nascente.</p> <p>Professor: Onde mais?</p> <p>Joana: Na torneira.</p> |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

No Quadro 40 é possível acompanhar partes do decorrer da aula aos quais os discentes foram conduzidos a relembrar a etapa da problematização, do levantamento das hipóteses e dos testes das hipóteses que contou com uma etapa no campo. A assimilação e a socialização das etapas aos quais os alunos percorreram na metodologia levaram a um ‘autoquestionamento’ do aluno, auxiliando na estruturação do conhecimento (CARVALHO, 2013).

Pode ser destacada ainda, nos recortes presentes no quadro 40, a compreensão de terminologia e de importantes conceitos ligados à ciência, dentre eles os passos científicos seguidos desde a verificação de um problema, o levantamento de hipóteses e o teste dessas hipóteses buscando validá-las ou rechaçá-las. Essas são constatações que apresentam extrema importância no processo de alfabetização científica, apontados por Sasseron e Carvalho (2008, p. 335):

O primeiro dos eixos estruturantes refere-se à *compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais* e a importância deles reside na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender até mesmo pequenas informações e situações do dia-a-dia.

Um dos grandes destaques na metodologia foi a utilização de técnicas e tecnologias científicas, direcionando-as ao ensino básico. No Quadro 41 é possível identificar a importância de algumas tecnologias utilizadas nas aulas.

Quadro 41 - Recortes da aula abordando técnicas e tecnologias.

| Recorte 1 | Recorte 2 |
|--|--|
| <p>Professor: Boa parte dos arranjos experimentais se baseou na visualização ao microscópio. Vocês já conheciam o microscópio?</p> <p>Alunos em coro: Sim. Já!</p> <p>Professor: Se vocês já conheciam o microscópio e conheciam algo sobre bactéria, vocês já sabiam que o microscópio é usado para observar bactérias?</p> <p>Alunos em coro: Sim!</p> | <p>Professor: E depois, a gente fez o que com essa água?</p> <p>Danilo: Método múltiplos</p> <p>Diana: Tubos múltiplos menino.</p> <p>Professor: Qual é o nome do método mesmo?</p> <p>Joana e Danilo: Método dos tubos Múltiplos. (...)</p> <p>Felipe: Apareceu gás.</p> <p>Professor: Nos tubos múltiplos apareceu gás (...).</p> |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O uso das tecnologias, o microscópio e a técnica dos TM que englobam o uso de meios de cultura, a estufa bacteriológica e as vidrarias de precisão, são exemplos do uso de tecnologias, o que potencializa as capacidades da ciência em estudos e descobertas. Na aula aplicada, buscou-se ampliar sua abrangência pedagógica, através do uso de tais itens e sem os quais, as limitações seriam de grande ordem de importância. Perfaz-se, nessa visão, uma perspectiva CTS/CTSA do efeito da tecnologia na ciência, descrito por Santos e Schnetzler (2003, p. 65) apud Chrispino (2017, p. 72): “Efeito da Tecnologia sobre a Ciência. A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.”

Nesse ponto chama a atenção o domínio básico de algumas técnicas importantes no meio científico e ora sendo assimiladas por alunos do ensino básico com certo grau de compreensão e até de domínio. No Quadro 42 é possível observar o recorte da aula com a descrição do aluno sobre uma técnica de semeadura.

Quadro 42 - Recorte da aula com descrição de técnica de semeadura.

| |
|---|
| <p>Danilo: É! A alça de semeadura, pois no fogo lá. Aí tinha que ficar perto lá do fogo pra esfriar porque se ficasse longe poderia contaminar de novo. Aí se pegava e enfiava dentro do vidrinho. Aí depois tampei os vidrinhos, levamos pra estufa de novo e ficou mais 24 horas. Aí no outro dia olhemos, ai pegou e tava contaminado de novo daí levamos pro descarte.</p> |
|---|

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Na descrição excepcional do aluno Danilo (Quadro 42) é possível notar o reconhecimento de instrumentos científicos e da técnica de semeadura ao qual utiliza o fogo como descontaminante da alça de semeadura e a região próxima ao fogo como uma zona livre

de contaminação. Até mesmo a descrição dos prazos exatos em horas, descrito pelo discente, condiz com a técnica dos tubos múltiplos ao qual tem verificações realizadas por ciclos de 24 horas.

Outro ponto de destaque durante a aula foi a percepção dos discentes da grande influência antrópica no meio ambiente, não se limitando ao resultado de suas análises, mas refletindo as causas e dimensões do problema como pode ser lido no Quadro 43.

Quadro 43 - Recorte da aula onde discentes apontam causas antrópicas dos problemas constatados.

| Recorte 1 | Recorte 2 |
|--|--|
| <p>Professor: Agora, se vocês encontraram coliformes lá no rio, significa o que isso?</p> <p>Valéria: Que ela está contaminada.</p> <p>Professor: Que ela está contaminada. Mas da onde vem essa contaminação? Como essas bactérias coliformes foram parar lá no rio?</p> <p>Antônio: Pela ação do ser humano.</p> <p>Professor: Então o ser humano está fazendo o que? O que ele está jogando no rio?</p> <p>Laura: Esgoto.</p> <p>Diana: Lixo!</p> <p>Valéria: Esgoto!</p> | <p>Valciane: Problemas de saúde.</p> <p>Maurício: Danifica a fauna e a flora.</p> <p>Valéria: O peixe também, vem dessa água com esgoto e pode prejudicar os pescadores.</p> <p>Professor: Isso aí, ninguém vai querer comer um peixe contaminado não é?</p> |
| Recorte 3 | Recorte 4 |
| <p>Antônio: Doenças nos animais. E pode também levar nos doenças nas pessoas que consomem da plantação dele.</p> <p>Professor: Ou seja, a presença de coliformes na água dele pode aumentar ou diminuir a renda dele?</p> <p>Antônio: Diminuir!</p> | <p>Valciane: O fessor, um monte de homem vem dessas roças pra fazer feira. E eles molham as verduras com água do rio.</p> <p>Professor: E isso traz o que pra gente?</p> <p>Antônio: Doença!</p> |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Nesse contexto, os alunos conseguiram estabelecer uma relação clara de causa e efeito, quando constataram que a contaminação de coliformes pode ser causada pelo esgoto humano sem tratamento e pelo lixo lançado em locais impróprios que podem ir para o rio (Quadro 43). Como consequência disso, os discentes foram levados a refletir os prejuízos econômicos, ambientais e à saúde humana, decorrentes dessa contaminação. Orientações curriculares CTS devem possuir esse tipo de abordagem segundo Bybee (1987 apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 112) “(...) a apresentação de conhecimentos e habilidades científicos e tecnológicos em um contexto pessoal e social.”.

Os alunos também demonstraram a consciência de que podem mudar sua realidade, que podem se movimentar em exercício de cidadania e procurar alterar o seu ambiente, buscando melhorias para si e para a sociedade como pode ser observado no Quadro 44.

Quadro 44 - Alunos propõem intervenções para melhoria da qualidade da água.

| Recorte 1 | Recorte 3 |
|--|--|
| <p>Professor: Descobrimos que nosso rio está poluído, a quem nós podemos cobrar? Tem uma autoridade que nós podemos chegar lá e cobrar?</p> <p>Valciane: Prefeito. Chegar lá e falar pra ele fazer algo melhor.</p> <p>Joana: Você chegar lá e falar não adianta nada não.</p> <p>Valciane: Tem que fazer o que?</p> <p>Professor de: Falando só não adianta nada? O que devemos fazer além de falar?</p> <p>Maurício: Fazer nossa parte. Cada um.</p> | <p>Antônio: Fazer nossa parte: Não jogar lixo no chão. Plantar árvore.</p> <p>Maurício: Reformar as lixeiras que tem na rua porque está tudo regaçado.</p> <p>Maurício: Fazer nossa parte. Cada um.</p> |
| Recorte 2 | Recorte 4 |
| <p>Valciane: Podia pedir pra ter uma rede de esgoto melhor, porque o esgoto aqui não é 100%, nem chega a ser tratado.</p> <p>Valciane: Era só conversar com a comunidade, mas só que nem todo mundo ia querer.</p> <p>Antônio: Criar um projeto também.</p> <p>Professor: Como seria esse projeto?</p> <p>Antônio: Pra incentivar as pessoas a não jogarem lixo no chão. Que contamina o rio esses trem.</p> | <p>Larissa: Evitar jogar lixo.</p> <p>Professor: Nós podemos evitar jogar lixo e o que mais?</p> <p>Antônio: Podia pedir pra fazer um tratamento de esgoto.</p> |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os alunos realizaram diversas propostas para melhorar a qualidade da água, a mudança de hábitos particulares, a mobilização da sociedade civil através da conscientização direta da população e até mesmo um direcionamento às autoridades políticas, endereçando solicitações como o pedido de realizar um tratamento de esgoto no município. Ora, são objetivos buscados em trabalhos de ensino por investigação que os discentes façam ciência, não de forma cartesiana, mas utilizando o fazer ciência para modificar seu ambiente de forma crítica, contemplando as atribuições políticas, sociais e ambientais inerentes a ela. Nessa perspectiva, numa visão CTS são parâmetros curriculares buscados segundo Santos e Schnetzler (2003, p. 65 apud CHRISPINO, 2017, p. 72):

- (i) ciência como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos, e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais;
- [...](iii) aluno como alguém que seja preparado para tomar decisões inteligentes e que compreenda a base científica da tecnologia e a base prática das decisões;

Por fim, um ponto que jamais seria esquecido pelos discentes, o desastre da Samarco. Algo que impactou de forma tão profunda a sociedade guanduense não poderia, nem deveria deixar de ser citada como pode ser lido no Quadro 45.

Quadro 45 - Recorte de aula de sistematização do conhecimento onde discente cita desastre da Samarco.

Maurício: Eu acho que, sabe aquele negócio que caiu a lama no rio. Danificou o meio ambiente em volta do rio, os animais, a fauna e flora no caso.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O aluno Maurício, durante o debate sobre a poluição dos rios abordou sobre o desastre de Mariana – MG, elencando alguns desdobramentos do desastre relacionados ao meio ambiente. O aluno, de forma crítica, elaborou uma hipótese sobre as consequências do desastre no ambiente natural, tangendo assim o eixo estruturante da alfabetização científica sobre a compreensão da ligação entre ciência, sociedade, ambiente e tecnologia e ainda outro eixo, ao qual segundo Sasseron e Carvalho (2008, p. 335):

(...) *compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais* e a importância deles reside na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender até mesmo pequenas informações e situações do dia-a-dia.

Nesse âmbito, a aula atingiu seus objetivos, conduzindo os alunos a relembrem e assimilarem as etapas e, ainda, auxiliando na construção coletiva do conhecimento. Os discentes foram levados a um reconhecimento de forma geral do método científico ao qual protagonizaram, além dos conhecimentos sobre a qualidade da água em perspectiva CTS/CTSA.

4.9 Etapa 9: Avaliação participativa da metodologia

Ao fim da sequência didática, foi realizada uma avaliação participativa da metodologia, onde cada grupo foi levado a elaborar cartazes avaliando o projeto desenvolvido. Assim, em cada cartaz deveriam aparecer 3 tipos de avaliação: A primeira “Que bom...”, onde os alunos deveriam expor o que gostaram na metodologia, o que acharam que foi bom na realização; Na segunda “Que pena...”, onde os discentes deveriam expressar pontos em que não gostaram no projeto e por fim, a terceira “Que tal...”, que traria uma ou mais sugestões para melhoras no método utilizado.

Além disso, os discentes mostrariam o cartaz e deveriam comentar sobre suas avaliações, revelando os motivos aos quais os levaram às suas escolhas. A aula foi bastante descontraída, os cartazes foram elaborados sob as árvores do pátio escolar e as apresentações foram feitas nas arquibancadas da quadra, como pode ser visto na Figura 34.

Figura 34 - Alunos elaboram cartazes e apresentam sua avaliação participativa sobre a SEI.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

Assim, os discentes teceram suas avaliações e comentários sobre o projeto, enriquecendo a metodologia e expondo seus anseios e decepções. De uma maneira geral, houve um clamor pela realização de novas pesquisas em outros rios, por exemplo, e reverência ao fato da água tratada estar realmente apta ao consumo humano.

Uma das avaliações dizia “Que bom que por um breve momento, nós sentimos como se fôssemos cientistas.”, quando os discentes mostravam sua alegria em aprender através da SEI, num âmbito em que diversos alunos manifestaram suas opiniões, comentando que pensaram no início que o projeto poderia ser chato devido aos procedimentos realizados, que poderia ser algo distante de suas capacidades, mas que, no entanto, sentiram-se muito confortáveis. Mostraram assim que a compreensão dos procedimentos, métodos e a finalidade dos experimentos potencializou o processo de ensino-aprendizagem, destacando o protagonismo dos alunos como ponto importante.

Outro ponto importante abordado pelos alunos foi a divulgação dos resultados através da proposição: “Porque não promovermos o que fizemos, o projeto que a gente fez para a escola inteira?”. Desse ponto, surgiu um debate sobre a necessidade e a finalidade da divulgação, entre os alunos e o professor e foi decidido que seria realizada visando levar aos demais alunos da escola as informações sobre a contaminação dos rios da cidade e de nascentes, aos problemas decorrentes do consumo *in natura* de suas águas ou mesmo de seu uso recreativo. Também seria divulgado o projeto, como foram obtidos os dados e as etapas aos quais os discentes realizaram para chegar aos resultados. A divulgação foi feita com ajuda de um banner elaborado pelos próprios discentes para a apresentação e que pode ser vista na Figura 35.

Figura 35 - Alunos apresentam o projeto e seus resultados para a escola.



Fonte: Foto disponível no banco de dados da pesquisa: Elaborada pelo próprio autor (2019).

4.10 Análise dos Questionários

Uma das formas de avaliação da SEI deu-se através do questionário de sondagem (APÊNDICE C) baseado em Prigol e Giannotti (2008) contendo oito perguntas, aplicado antes do início da sequência didática como forma de levantamento preliminar dos conhecimentos da turma e novamente aplicado ao final da sequência, de forma a comparar se houve alteração dos conhecimentos. Assim, as respostas às questões foram classificadas, baseado em Vasconcelos *et al.* (2008), em: Insatisfatório, quando o conteúdo não está correto integralmente ou a pergunta não foi respondida; Parcialmente Satisfatório, quando as respostas são apenas incompletas; Satisfatório, quando a resposta está completa ou quase completa. Essa classificação foi estabelecida de acordo com as categorias apresentadas no Quadro 05.

Assim, embora os temas trabalhados no questionário tenham sido escolhidos em função de sua importância a níveis nacionais ou globais, dadas as grandes dimensões do Brasil, sua grande e variada geografia e as diversas realidades socioculturais que o compõem, faz-se inevitável que determinadas questões ganhem contexto regionalizado. A exemplo disso, aplicar o tema água em sua mais diversa gama de abordagens sem realizar um enfoque no maior corpo d'água local, o Rio Doce, seria até mesmo contraproducente. Nesse âmbito, apresentar o conhecimento em um contexto local no ensino de biologia é muito importante e auxilia o aluno no processo de ensino-aprendizagem, que de acordo com o CBEE – Ensino Médio (2009, p. 94):

Nessa perspectiva, nossa proposta curricular, fundamentada nos objetivos já alcançados na etapa anterior dessa disciplina da Educação Básica, propõe que o ensino biológico do Ensino Médio tenha como objetivo desenvolver as competências (instrumentos socioculturais) mediadoras no processo de análise, compreensão e reflexão dos diferentes conhecimentos socioculturais e socioambientais, locais e globais.

Dessa forma, a pesquisa contou com a participação de 25 discentes, dos quais 23 responderam ao primeiro questionário de sondagem e 19 responderam ao segundo. Pode-se observar na Tabela 03 os números obtidos após a classificação das questões, em que aparece a tomada geral dos participantes e as respostas classificadas.

Tabela 03 - Soma total do questionário inicial e final

| Questionário Inicial | | | Questionário Final | | | |
|----------------------|----------------|--------------|--------------------|----------------|--------------|----------------|
| | Participantes: | 23 | | Participantes: | 19 | |
| | Satisfatório | Parcialmente | Insatisfatório | Satisfatório | Parcialmente | Insatisfatório |
| | | Satisfatório | | Satisfatório | | |
| Total | 44 | 67 | 73 | 69 | 51 | 32 |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os questionários serviram para verificar os conhecimentos dos discentes sobre os principais temas do projeto: água, qualidade e importância da água, características regionais das fontes hídricas, contaminação e micro-organismos da água. O questionário inicial foi respondido por 23 alunos de onde extraiu-se uma amostra com as respostas de 3 discentes por questão, sendo uma resposta “satisfatória”, uma “parcialmente satisfatória” e uma “insatisfatória” para cada questão. As respostas podem ser verificadas no Quadro 46.

Quadro 46 - Questionário inicial em uma amostra de 3 alunos por questão.

| Questão | Resposta dos Discentes |
|--|---|
| 1: O que é água? | Satisfatória: Elisângela “É um líquido essencial para a vida humana.”. Parcialmente Satisfatória: Tadeu “Água é um líquido Extraído do mar com vitaminas, a água é mais considerada como H ² O facilitando a interação”. Insatisfatória: Rodolfo “agua e uma molegula de nitrogeo e oxigenio.”. |
| 2: Porque precisamos beber água e quais suas funções no organismo? | Satisfatória: Joana “para repor a água do nosso corpo. Ela limpa o sangue e nos previne de várias doenças.”. Parcialmente Satisfatória: Felipe “por que 75% do nosso corpo é composta por agua e ela também é necessária os rins”. Insatisfatória: Arlete “nois precisamos beber á agua para a nossa saúde”. |
| 3: A água pode ser consumida com segurança, desde que esteja sem odor, sem gosto e sem cor (água cristalina)? | Satisfatória: Diana “Não, a agua pode ter doenças”. Parcialmente Satisfatória: Tadeu “não”. Insatisfatória: Wanderson “Sim.”. |
| 4: O que são coliformes fecais e qual sua importância? | Satisfatória: Não houve. Parcialmente Satisfatória: Mauricio “quando um animal (racional ou irracional) defeca.”. Insatisfatória: Miguel “Nunca ouvi ou vi esse termo.” |
| 5: Todos os micro-organismos são nocivos à | Satisfatória: Felipe “não, boa parte beneficia ou não |

| | |
|---|---|
| saúde? Explique. | causa nenhuma diferença no nosso organismo”. Parcialmente Satisfatória: Laura “Eu acho que não pois pode ter aquele que te faz bem e outros não”. Insatisfatória: Armindo “Ainda Não Sei de Nada.”. |
| 6: O que você sabe sobre o Rio Doce? Onde nasce, onde é sua foz, qual sua importância? | Satisfatória: Arlete “Só sei que ele está contaminado pelo regeito de mineiro e outras coisas, o rio doce nasce em Minas”. Parcialmente Satisfatória: Elisângela “Não sei aonde nasce e nem sua foz, hoje em dia não sei sua importância, ele está bem contaminado e não é bom os seres humanos consumir a sua água”. Insatisfatória: Armindo “Não Sei”. |
| 7: O Rio Doce possui águas preservadas e sem contaminação? Explique. | Satisfatória: Valciane “não. Samarco e a população não deixara, ser preservadas e sem contaminação.”. Parcialmente Satisfatória: João “Mintira o rio não e limpo”. Insatisfatória: Diana “Sim.”. |
| 8: Há algo que possamos fazer para melhorar e conservar nossos cursos d’água? Fale sobre isso. | Satisfatória: Valciane “Sim. Plantar mais árvores etc.”. Parcialmente Satisfatória: João “sim. Limpando o rio”. Insatisfatória: Felipe “não sei”. |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor baseado em Santos (2017).

Através do questionário inicial se pode perceber fragilidades nos discentes diante do mundo microbiológico, como na questão 5 (Quadro 46), onde grande maioria dos alunos não conseguiu atingir uma resposta satisfatória sobre o fato dos micro-organismos poderem ser também inofensivos ou mesmo benéficos aos seres humanos.

Um padrão parecido pode ser verificado na questão 4 sobre coliformes ao qual não ocorreu nenhum resultado satisfatório e pouquíssimos parcialmente satisfatórios (Quadro 46). O aluno Maurício conseguiu estabelecer uma relação do grupo de micro-organismos coliformes com a contaminação por fezes de animais e foi de fato o aluno que melhor discorreu sobre o assunto já que o grupo coliforme é composto por bactérias, importantes indicadoras da contaminação na água. Como estabelece o Manual Prático de Análise da Água (FUNASA, 2013, p. 10), “Como indicadores de contaminação fecal, são eleitas como bactérias de referência as do grupo coliforme. O principal representante desse grupo de bactérias chama-se *Escherichia coli*.”.

Ainda sobre o Quadro 46, pode-se notar o estabelecimento de uma contextualização muito importante estabelecida pela aluna Valciane na questão número 8, onde ela propõe o plantio de árvores como forma de conservação dos cursos d’água. A aluna sai de uma zona confortável onde poderia simplesmente sugerir o cuidado com a água e o não desperdício, como foi feito por diversos colegas, mas optou por uma solução muito mais sólida e de longo prazo.

Já no questionário final, o que se observou foram respostas muito mais consistentes e bem elaboradas. Os alunos demonstraram de forma geral, terem desenvolvidos conhecimentos aos quais não o tinham no questionário inicial ou simplesmente, não gozavam da destreza e interesse em responder o questionário. De fato, qualquer que seja o aspecto melhorado nos discentes, seja o conhecimento ou a paciência em responder o questionário, representa progressos trazidos pela participação no trabalho. Algumas das respostas do questionário final estão representadas no Quadro 47.

Quadro 47 - Algumas respostas de discentes ao questionário final.

| Questão | Resposta dos discentes |
|---|--|
| Questão 3: A água pode ser consumida com segurança, desde que esteja sem odor, sem gosto e sem cor (água cristalina)? | Miguel: Não somente isso, mas também tem que ser 100% seguro de sujeira, coliformes fecais e outras bactérias. |
| Questão 4: O que são coliformes fecais e qual sua importância | Antônio: São bactérias encontradas na água, ele é uma bactéria que tem como importância, contamina a água deixala [sic] imprópria para consumo. |
| Questão 5: Todos os micro-organismos são nocivos à saúde? Explique. | Valéria: Não alguns fazem bem a saúde ou não trazem nem malefício ou benefício. |

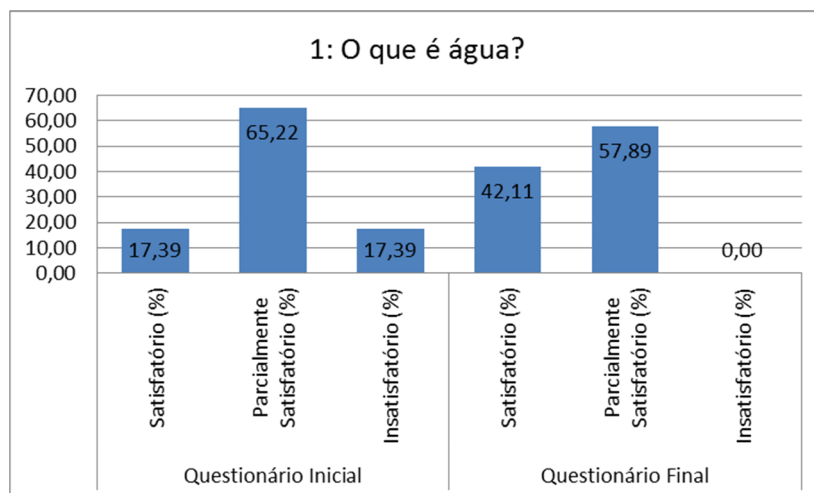
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A partir do Quadro 47 é possível notar a conotação mais crítica dos alunos em relação a questões que antes sequer haviam obtido classificação satisfatória. É possível notar os alunos que descrevem questões relacionadas ao mundo microbiológico com destreza e criticidade representando uma melhora substancial nos conhecimentos dos discentes sobre o assunto.

Foram também realizados levantamentos quantitativos do questionário, buscando-se comparar os resultados obtidos na aplicação do questionário inicial ao questionário final em cada uma das 8 questões que os compunham. Dessa maneira, foram gerados gráficos que melhor esboçam essa comparação.

A Figura 36 apresenta o gráfico com resultados da classificação das respostas sobre uma questão à primeira vista simples, mas que, porém, pode trazer alguma dificuldade de definição. Pode ser observada uma melhoria, uma elevação em 24,72 pontos percentuais em questões classificadas como satisfatórias e uma queda a zero para questões classificadas como insatisfatórias. Um bom indício que implica na eficiência da metodologia na construção de conhecimentos sobre a água por definição.

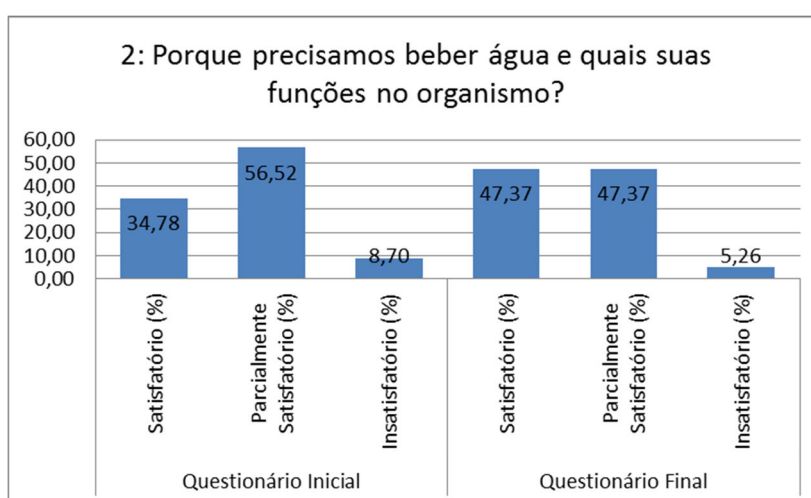
Figura 36 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 1.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Já na Figura 37 temos uma questão que não era o foco do projeto, porém, que também apresentou bons resultados. É possível perceber que houve uma migração de alunos com respostas classificadas como insatisfatórias e parcialmente satisfatória, para satisfatória, que aumentou 12,59 pontos percentuais. Assim, por não se tratar de uma questão diretamente trabalhada durante a metodologia, é possível inferir que foram realizadas pesquisas pelos discentes fora de classe, visando sanar dúvidas inerentes ao tema ou mesmo, direcionadas pelo questionário.

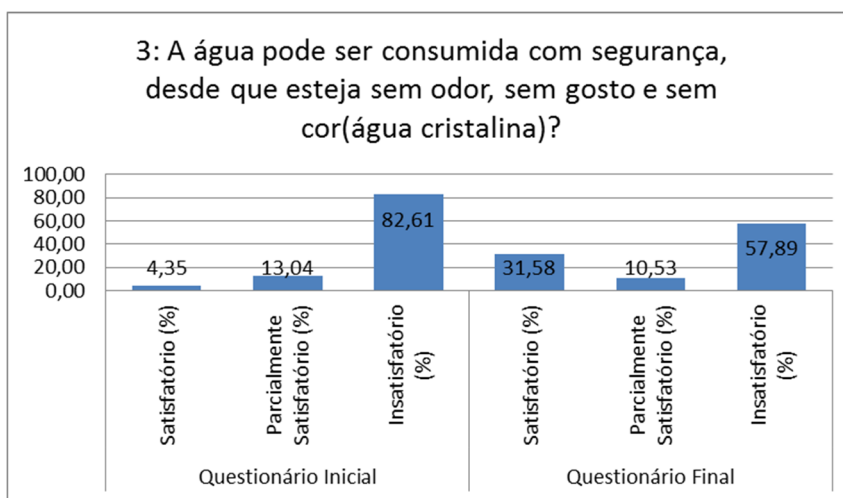
Figura 37 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 2.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na Figura 38, considerando que a pergunta é intimamente ligada à atividade desenvolvida, pode-se notar resultados positivos. A questão trás um viés crítico, onde os discentes que analisaram a água puderam perceber que mesmo que ela esteja transparente, insípida e incolor, como a água da nascente, ainda assim pode conter micro-organismos que, fatalmente podem trazer doenças aos seres vivos.

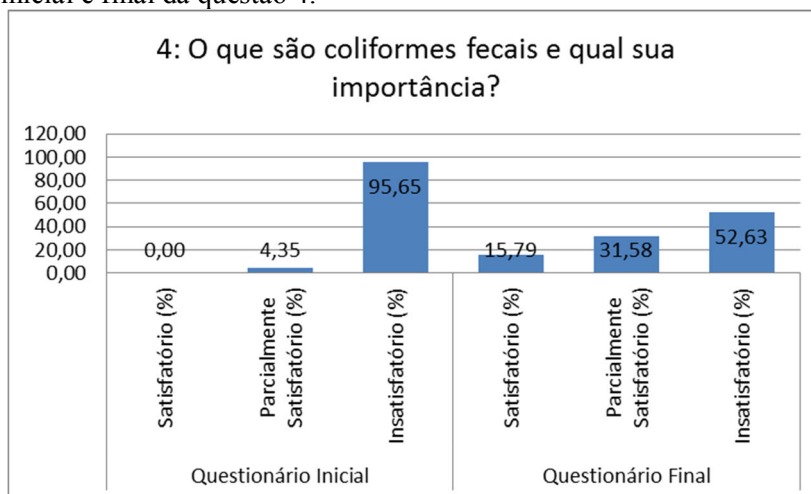
Figura 38 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 3.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A questão 4 (Figura 39), um pouco mais técnica, não obteve respostas satisfatórias no início da abordagem investigativa, no entanto, chegou a 15,79 pontos percentuais no questionário final, além de uma queda abrupta nas respostas classificadas como insatisfatórias. Um bom resultado, que demonstra, ainda que de forma um tanto positivista, que houve um ganho de conhecimento técnico no teste dos tubos múltiplos.

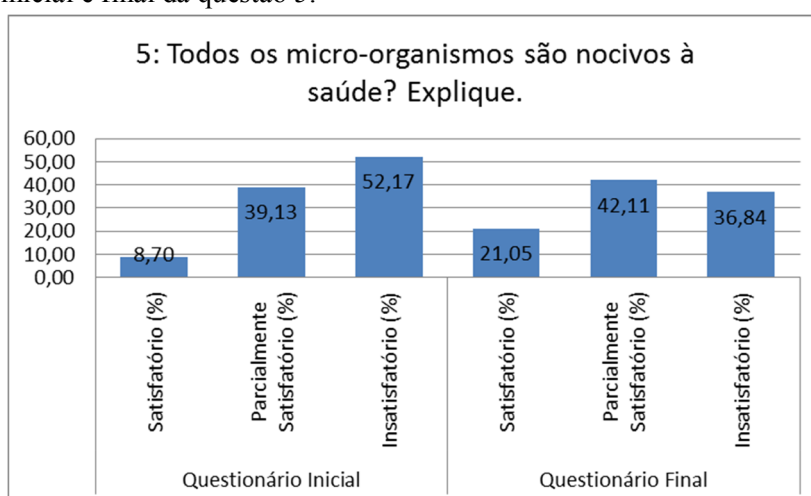
Figura 39 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 4.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dessa forma, há um gráfico que mais uma vez mostra a migração de respostas com classificação inferior, para classificações melhores na Figura 40. Ao início, as respostas insatisfatórias alcançavam mais de 50% do total que, já no questionário final, apresentou uma queda da ordem de 15,33%, enquanto classificações satisfatórias e parcialmente satisfatórias subiram. A questão também não foi objeto de trabalho dos discentes, entretanto, mais uma vez mostrou que a metodologia baseada no protagonismo do aluno, proporciona o interesse dos discentes pela busca de seus próprios conhecimentos, o que traz esse tipo de resultados.

Figura 40 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 5.

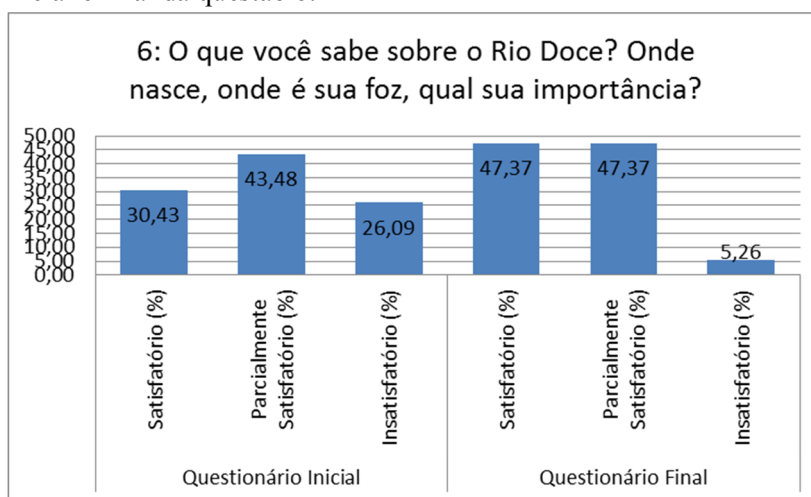


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na questão 6 tem-se a busca por informações simples sobre o principal rio, que é a principal fonte de vida da região e mostra que, inicialmente, mais de um quarto dos discentes

não sabia nada ou não respondeu a questão sobre o Rio Doce (Figura 41). Houve uma queda para 5,26 pontos percentuais de respostas insatisfatórias enquanto as respostas satisfatórias subiram mais de 16 pontos percentuais. Números expressivos que podem apontar um maior interesse dos discentes em torno do tema Rio Doce.

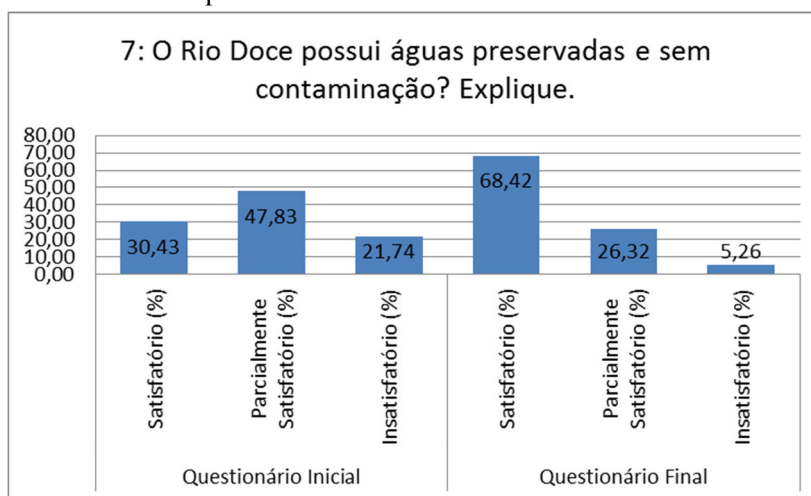
Figura 41 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 6.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Algo parecido ao que ocorreu na questão 6, ocorre na questão 7 (Figura 42), porém, a questão 7 trazia um conteúdo mais aprofundado sobre o Rio Doce, onde também se notou uma nova visão dos alunos sobre o rio. Ao perceber novamente um grande aumento no número de respostas satisfatórias no questionário final, depreende-se que seja provável que os alunos, através das análises realizadas no rio, passaram a perceber melhor o problema da poluição que afeta os rios, principalmente a poluição por esgotos urbanos.

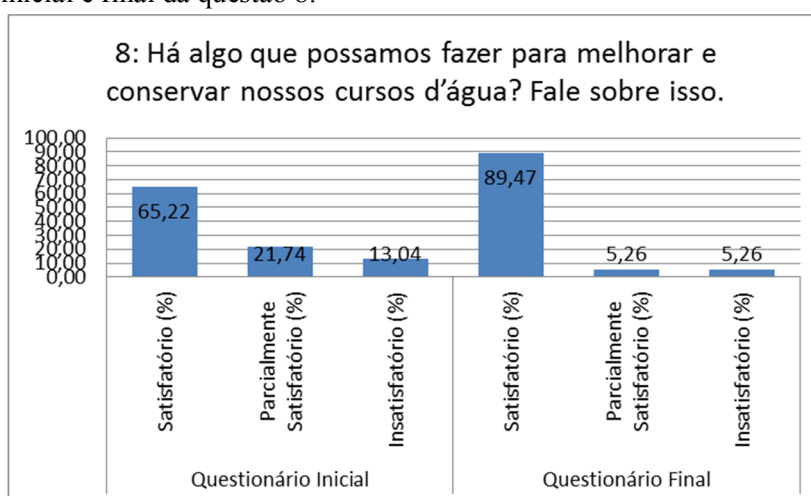
Figura 42 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 7.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Por fim, na questão 8 (Figura 43), observa-se que mais de 65% dos alunos já propunham, de forma suficiente, boas alternativas para melhorias na qualidade da água e que, após a prática, esse número foi a quase 90 pontos percentuais, que passaram a também oferecer respostas suficientes sobre o problema. A percepção aqui é de que o assunto é trabalhado entre os alunos desde anos anteriores, sendo o cuidado com a água um tema recorrente no ensino fundamental, anos iniciais e anos finais. Mesmo assim, são percebidas melhorias após a metodologia que se atribuem ao desenvolvimento de criticidade e protagonismo por parte dos alunos.

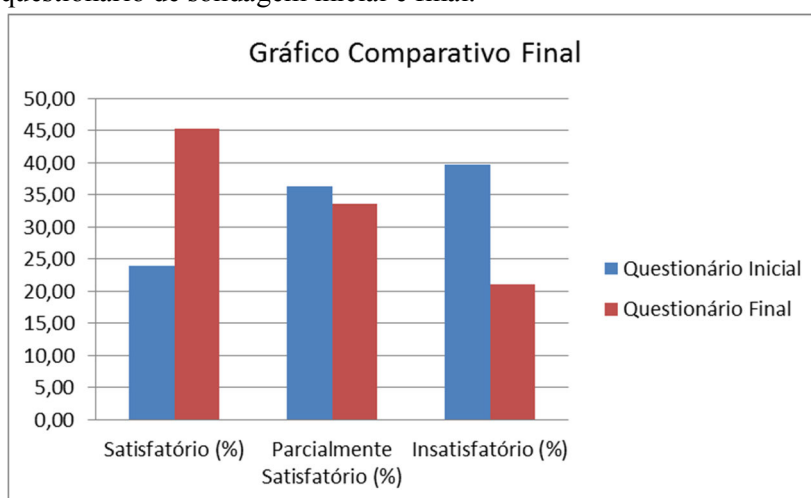
Figura 43 - Gráfico comparativo dos questionários de sondagem inicial e final da questão 8.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Todas as respostas no início e no final da metodologia foram somadas e comparadas na Figura 44. Através do gráfico, é possível notar que houve um aumento de mais de 20% nas respostas satisfatórias, uma queda de quase 20% nas respostas insatisfatórias. Um indício contundente de que a metodologia aplicada trouxe mudanças na maioria dos alunos e que possivelmente eles passaram a ver de forma diferente, a água, os micro-organismos e até mesmo a ciências, ao conhecerem o processo de geração de conhecimento.

Figura 44 - Gráfico comparativo entre os totais de respostas do questionário de sondagem inicial e final.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Logo, esboçados os resultados acima, é possível perceber as mudanças conceituais dos discentes à respeito do tema água e, até mesmo mudanças de atitude, onde os discentes se aplicaram mais em pensar para responder o questionário final de forma diferente ao questionário inicial.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) desenvolvida junto a uma turma do 1º ano regular do ensino médio. Foram utilizadas diversas estratégias pedagógicas visando potencializar as trocas de conhecimento na sequência, além da busca pelo envolvimento e pela criação do sentimento de pertencimento dos discentes em relação às Ciências da Natureza. As estratégias utilizadas visaram tornar os alunos protagonistas e ativos construtores de seu próprio aprendizado desencadeando uma nova visão e novas atitudes que vão além da disciplina ou mesmo da escola, com novas perspectivas e autoconhecimento.

A qualidade da água foi a temática abordada na SEI, tratando-se do objetivo geral da abordagem didática. Assim, os discentes debateram diversos aspectos relacionados a potabilidade da água e as características necessárias à água para ser consumida. Além disso, foram abordados temas como a crise hídrica regional e global, a poluição e o assoreamento e ainda, as questões socioambientais, culturais e políticas que permeiam esses assuntos.

Atendendo ao primeiro objetivo específico, os dados a respeito do lançamento e tratamento de dejetos urbanos foram coletados no município de Baixo Guandu e nos demais municípios vizinhos, ao qual o lançamento de esgotos no Rio Doce tem impacto direto e indireto no meio ambiente e na qualidade da água para consumo. O espanto dos discentes em relação a grande quantidade de esgoto não tratado lançado na calha do rio, se traduziu em grande empenho na busca pela compreensão do problema, além de despertar o olhar crítico dos discentes para um problema demasiadamente político.

Os alunos também foram levados a elaborar um problema testável sobre a qualidade da água e a discutir hipóteses a respeito do problema, elaborando ainda um experimento para responder as suas hipóteses. Esses pontos que visaram atender ao segundo objetivo específico fazem parte da alfabetização científica e trouxeram a autonomia dos discentes à tona, uma vez que esses passos foram apenas mediados pelo professor, que também propôs o uso do método dos Tubos Múltiplos para análise microbiológica da água. Nesse ponto, também foi evidente que os alunos não compreenderam como se dá a metodologia científica passo-a-passo, algo em que não estavam acostumados, pois, apenas recebiam prontos os resultados científicos nos livros didáticos ou mesmo nas aulas expositivas do professor. Em tempo, diante do crescente debate sobre ideias retrógradas que, muitas vezes contrariam fatos científicos, a compreensão da precisão, da falseabilidade, da reprodutibilidade e da repetibilidade do método científico conduziram os discentes a formas de pensar mais críticas e sólidas, alicerçadas em suas próprias vivências.

O último objetivo específico estabelecia a avaliação da metodologia através de um questionário de sondagem, aplicado antes e após a prática sobre a água e os micro-organismos. Essa avaliação trouxe uma expressiva demonstração de como a experiência dos alunos na SEI, fez com que aprofundassem sua visão sobre os temas, que trouxeram respostas mais complexas ao fim da sequência e, ainda, demonstrou a própria mudança de atitude dos discentes que se aplicaram mais na própria resposta aos questionários. Isso também se demonstrou na análise quantitativa das respostas que ilustrou esses avanços em aumentos de até 100% nas respostas mais completas, descritas no questionário como satisfatórias.

Ademais, a aprovação dos discentes na avaliação participativa da metodologia e os relatos solicitando a realização de mais aulas investigativas, demonstram a importância do método para além do simples “conteudismo”, avançando para mudanças de atitudes e protagonismo dos estudantes e a algo muito importante no ensino público, a motivação. Sendo assim, mesmo que nem todas as aulas ou conteúdos em Ciências possam ser debatidos de forma investigativa, essa motivação e as mudanças de atitude, tornam a metodologia um importante instrumento para os professores e claro, para o motivador da elaboração deste trabalho, o aluno.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Guilherme Trópia Barreto de. Percursos Históricos de Ensinar Ciências Através de Atividades Investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 121-137, 2011.
- ANVISA -**Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Descrição dos Meios de Cultura Empregados nos Exames Microbiológicos, 2004. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/microbiologia/mod_4_2004.pdf>. Acesso em 19 out. 17.
- ARANGO, Natalia; CHAVES, María E.; FEINSINGER, Peter. Principios y práctica de la enseñanza de ecología en el patio de la escuela. **Santiago: Instituto de Ecología y Biodiversidad–Fundación Senda Darwin**, 2009.
- ARROYO, M. G. A função social do ensino de ciências In: **Em Aberto**, Brasília. Ano 7, n. 40, out/dez., 1988.
- ASSUNÇÃO, João Paulo Petri. “**Estou Virando Cientista**”: **Analisando a Acidez dos Alimentos por Meio de Atividades Experimentais Investigativas no 9º Ano do Ensino Fundamental**. 2018, 202f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.
- AUSUBEL, David Paul *et al.* *Educational psychology: A cognitive view*. 1968.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Ana M. Pessoa de. **Ensino de Ciências unindo a pesquisa e a prática**. 2 ed. São Paulo: *Cengage Learning* Edições Ltda. 2004, p. 19-34.
- BALBINO, Lucas. Aldeias indígenas sofrem com surto de diarreia no Vale do Mucuri. **Estado de Minas Gerais**. Dez 2018. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2018/10/31/interna_gerais,1001942/aldeias-indigenas-sofrem-com-surto-de-diarreia-no-vale-do-mucuri.shtml>. Acesso em 01 fev 2019.
- BARROW, Lloyd H. *A brief history of inquiry: From Dewey to standards*. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 3, p. 265-278, 2006.
- BLODGETT, Roger. *BAM Appendix 2: Most Probable Number from Serial Dilutions*. **Food e Droog Administration – FDA**. Out. 2010. Disponível em: <<https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-appendix-2-most-probable-number-serial-dilutions#tab1>>. Acesso em 02 jan. 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão Nacional de Ética em Pesquisa. Diretrizes e normas regulamentadoras para pesquisa envolvendo seres humanos: **resolução CNS 466/12**. 2012. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>>. Acesso em: 10 jan 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para

consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 dez. 2011.

BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais. Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais. Brasília: **Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental**, 1997.

BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais. Parâmetros curriculares nacionais: Meio Ambiente Saúde. Brasília: **Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental**, 1997.

BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais. Parâmetros curriculares nacionais: Apresentação dos Temas Transversais. Brasília: **Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental**, 1997.

BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio. **Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica**. Brasília, 2000.

Brasil. Portaria/MS n.0 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. In: Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 05 de setembro de 2017.

BRASIL, TRATA. Situação Saneamento no Brasil. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil>>. Acesso em 01 dez. 2017.

CARLOS, Édison. Saneamento básico e vontade política. **O Estado de S. Paulo - Economia & Negócios**. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,saneamento-basico-e-vontade-politica--imp-,1808388>>. São Paulo, 8 dez 2015.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas- (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). **O Uno e o Diverso na Educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011, 253-266.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2013.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2004.

CHRISPINO, Alvaro. Introdução aos enfoques CTS–Ciência, Tecnologia e Sociedade–na Educação e no Ensino. **Documentos de Trabajo IBERCIÊNCIA**, n. 4, 2017.

CLEMENT, Luiz; CUSTÓDIO, José Francisco; FILHO, José de Pinho Alves. Potencialidades do ensino por investigação para promoção da motivação autônoma na educação científica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 101-129, 2015.

COELHO, A. L. Bacia hidrográfica do Rio Doce (MG/ES): uma análise socioambiental integrada, **Geografares**, n.7, p. 131-145, 2009. Disponível em: <<http://periodicos.ufes.br/geografares/article/viewFile/156/82>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

DIEGUES, Antonio Carlos Sant'Ana. Mito moderno da natureza intocada. **NAPAUB/USP**. Editora HUCITEC, 1996.

DOURADO, Luis. Concepções e práticas dos professores de Ciências Naturais relativas à implementação integrada do trabalho laboratorial e do trabalho de campo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 1, p. 192-212, 2006.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Currículo Básico da Escola Estadual. Ensino fundamental: anos iniciais. Vitória: **SEDU**, 2009a. Disponível em: <[https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual_\(FINAL\).pdf](https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual_(FINAL).pdf)>. Acesso em: 01 out. 2018.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Currículo Básico da Escola Estadual. Ensino Fundamental, Anos Finais, 2v. Vitória: **SEDU**, 2009a. Disponível em: <[https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual_\(FINAL\).pdf](https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual_(FINAL).pdf)>. Acesso em: 01 out. 2018.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Currículo Básico da Escola Estadual. Ensino Médio, 2v. Vitória: **SEDU**, 2009a. Disponível em: <[https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual_\(FINAL\).pdf](https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual_(FINAL).pdf)>. Acesso em: 01 out. 2018.

FAVARO, Cristian *et al.* Prefeito bloqueia ferrovia com tratores em Baixo Guandu. **A tribuna**, Vitória, 13 nov. 2015. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/Record/328595>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

FRANCO, Luiz Gustavo; MUNFORD, Danusa. Reflexões sobre a Base Nacional Comum Curricular: Um olhar da área de Ciências da Natureza. **Horizontes**, v. 36, n. 1, p. 158-171, 2018.

FRATESCHI TRIVELATO, Sílvia L.; RUDELLA TONIDANDEL, Sandra M. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, 2015.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 28 ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia de autonomia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual Prático de Análise de Água. Brasília, 4ed. 2013. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf>. Acesso em 18 de out. 2017.

GUEDES, Gilvan Ramalho et al. Risco de adoecimento por exposição às águas do Rio Doce: um estudo sobre a percepção da população de Tumiritinga, Minas Gerais, Brasil. **Cad. De Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 31, n.6, jun. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102311X2015000601257>. Acesso em 19 out. 17.

GUISASOLA, Jenaro; ZUBIMENDI, José Luís; ALMUDÍ, José Manuel; CEBERIO, Mykel. *Propuesta de enseñanza en cursos introductorios de física en la universidad, basada en la investigación didáctica: siete años de experiencia y resultados*. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 25, n. 1, p. 091-106, 2007.

HODSON, Derek. *In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education*. **International Journal of Science Education**, v. 14, n. 5, p. 541-562, 1992.

HORA, Aline Marchesi et al. Da exploração econômica da bacia hidrográfica do Rio Doce ao atual processo de degradação de seus recursos naturais. **Gilvan Guedes**, Belo Horizonte. Disponível em: <http://gilvanguedes.com/wpcontent/uploads/2016/09/hora_etal_2012_livro_tmpa_cap9.pdf>. Acesso em 19 out. 17.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - CIDADES. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/baixo-guandu/panorama>>. Acesso em 01 fev. 2019.

JORNAL HOJE, Projeto Olhos D'Água, de Sebastião Salgado, ajuda a salvar rio de seca. 11, mar. 2015. Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/4027136/>>. Acesso em 07/05/2019.

JÚNIOR, Domingos R. Souza; COELHO, Geide Rosa. Ensino por investigação: problematizando as aprendizagens em uma atividade sobre condutividade elétrica. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**, Águas de Lindóia, SP, 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0600-1.pdf>>. Acesso em 01 mar. 2018.

LEWIN, A. M. Figueroa de; LOMASCOLO, T. M. *Monmany de. La Metodologia Científica en la Construcción de Conocimientos*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 147, 1998.

LORENZ, Karl M.; BARRA, Vilma Marcassa. Produção de Materiais Didáticos de Ciências no Brasil, Período 1950 a 1980 [*The Development of Science Education Materials in Brazil from 1950 to 1980*]. **Ciência e Cultura**, p. 1970, 1986.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MOURA, C. N. **Aprendizagem colaborativa entre agentes comunitários de saúde: proposta formativa sobre hipertensão arterial**. 2016, 177f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

MACHADO, Viviane; BONELLA, Mário. Três anos depois, situação do Rio Doce é incerta e Samarco tem previsão de volta só em 2020. **Globo.com**. 05 nov. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2018/11/05/tres-anos-depois-situacao-do-rio-doce-e-incerta-e-samarco-tem-previsao-de-volta-so-em-2020.ghtml>>. Acesso em 01 jan. 2019.

MUNFORD, Danusa; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. A ONU e a Água. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em 05 mai. 2019.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL et al. Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. National Academies Press. New York, 2000.

PEREIRA, E. M. **Percepção e educação ambiental em escolas públicas da Região Metropolitana do Recife sobre o ecossistema manguezal.** Monografia (Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, v. 121, 2005.

PRIGOL, Sintia; GIANNOTTI, Sandra Moraes. A importância da utilização de práticas no processo de ensino-aprendizagem de ciências naturais enfocando a morfologia da flor. **1º Simpósio Nacional de Educação–XX Semana de Pedagogia**, Cascavel, 2008.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia análise & dados**, v. 13, p. 341-345, 2003.

RODRIGUES, Bruno A.; BORGES, A. Tarciso. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. **Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, p. 1-12, 2008.

RONCA, Antonio Carlos Caruso. Teorias de ensino: a contribuição de David Ausubel. **Temas em psicologia**, v. 2, n. 3, p. 91-95, 1994.

SANTOS, S. M. **Estudo de Caso: Produção de Conhecimento Escolar a Partir dos Debates Sobre Poluição no Rio Doce Numa Perspectiva CTS/CTSA.** 2017, 204f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631)**, v. 1, 2007.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** . Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 49-67, 2015.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.16(1), p. 59-77, 2011.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, Lúcia Helena; MACHADO, Vitor Fabricio. **Alfabetização Científica na Prática: Inovando a Forma de Ensinar Física.** 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

SASSERON, Lúcia Helena. Aula ministrada: O Ensino Por Investigação. e-Aulas: Portal das Videoaulas. Universidade de São Paulo – USP, 2014. Disponível em: <<http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=4586>>. Acesso em 01 mai. 2019.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, MB da. O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 3, n. 1, p. 7-27, 2017.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE ARACRUZ. Esgoto e Curiosidades, 2009. Disponível em: <<https://www.saaeara.com.br/informacao/esgoto---curiosidades/>>. Acesso em 01 fev. 2019.

SILVA, A. M.; BELEI, F.; GIONGO, P.; SAMPAIO, W. M. S. Estado da Conservação da Ictiofauna do Rio Guandu, Afluente do Baixo Rio Doce, Espírito Santo, Sudeste, Brasil. **Revista Evolução e Conservação da Biodiversidade**, Viçosa, vol. 4, n. 1, p. 8 – 13, 2013. Disponível em: <<http://www.ipefan.com.br/Silva%20et%20al.,2013.pdf>>. Acesso em 12 nov. 2015.

SIQUEIRA, Leonardo Pereira de *et al.* Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, p. 63-66, 2010.

STUKEL, Therese *et al.* *A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies.* **Environmental science & technology**, v. 24, n. 4, p. 571-575, 1990.

TRÓPIA BARRETO DE ANDRADE, Guilherme. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, 2011.

VASCONCELOS, Flávia Andréa Leal de; AMARAL, Fernanda Duarte; STEINER, Andrea Quirino. Students' view Of Reef Environments In The Metropolitan Area Of Recife, Pernambuco State, Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 41, n. 1, p. 104-112, 2008.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciência**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)



TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário (a) da pesquisa “Tema Transversal Água no Ensino Médio: qualidade, análise microbiológica e importância em uma perspectiva de ensino pelas práticas pedagógicas dos Três Momentos Pedagógicos e por Investigação Científica”. O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é a necessidade de avaliar formas de ensino que tornem o conteúdo de biologia mais atrativo para os alunos. As práticas de ensino (pedagógicas) que serão realizadas nesta pesquisa permitem que o estudo do tema água seja inserido no conhecimento do dia a dia do aluno. Neste estudo pretendemos desenvolver formas de ensino sobre o Tema Água, a qualidade da água que chega as nossas casas, sobre os micro-organismos que podem habita-la e sobre a sua importância para a vida.

Caso você concorde em participar, vamos fazer as seguintes atividades com você: você responderá a um questionário antes e após o Tema Água ser trabalhado em sala. Os alunos do primeiro ano irão sair a campo para uma visita à estação de tratamento de água e os alunos do segundo ano serão levados a coletar amostras de água no Rio Doce e realizar sua análise no laboratório da Escola. Assim, esta pesquisa tem alguns riscos, que são:

- **Alunos do primeiro ano:** riscos físicos durante o deslocamento para as atividades extraclasse (visita à estação de tratamento de água). Para contornar tais riscos, será disponibilizado um ônibus, junto à prefeitura/escola de Baixo Guandu/ES, para acomodar, de forma segura, os alunos durante o deslocamento. Além disso, os alunos serão incisivamente orientados a se manterem organizados e a atenderem às orientações do professor e dos profissionais que irão supervisionar a visita nas estações de tratamento de água.
- **Alunos do segundo ano:** Nessa prática, os alunos irão realizar coletas de amostras de água para análise microbiológica. Neste momento, existirão riscos físicos durante o deslocamento para a coleta de amostras de água, riscos físicos de corte e queimadura, riscos biológicos de contaminação pela manipulação de amostras de água contaminadas, além dos riscos de acidentes durante a atividade experimental (quebra de vidrarias durante o manuseio das mesmas, queimaduras ou acidentes relacionados com o uso de lamparinas, etc.). Para diminuição dos riscos envolvidos nesta etapa, será disponibilizado um ônibus, junto à prefeitura/escola de Baixo Guandu/ES para acomodar, de forma segura, os alunos durante o deslocamento. Os alunos receberão e serão orientados quanto ao uso de equipamentos de proteção individual como jaleco, máscaras e luvas, o que minimiza e evita os riscos de contaminação, bem como serão orientados quanto ao uso correto de lamparinas (uso de cabelos presos e toda a orientação necessária para o trabalho correto com fogo será repassado pelo professor) e os cuidados ao manusear as vidrarias. Além disso, toda a atividade será supervisionada pelo professor que conduzirá a prática pedagógica e estará atento à realização dos experimentos, a fim de evitar acidentes.

Apesar dos riscos, esta pesquisa trará muitos benefícios, pois poderá ajudar no desenvolvimento de formas de ensino de biologia que sejam mais interessantes e dessa forma permitir um maior aprendizado dos alunos. Para participar desta pesquisa, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento.

Para participar deste estudo você não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se você tiver algum dano por causadas atividades que fizermos com você nesta pesquisa, você tem direito a indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você. Você não será identificado (a) em nenhuma

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

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFJF

Campus Universitário da UFJF

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

CEP: 36036-900

Fone: (32) 2102- 3788 / E-mail: cep.propesq@ufjf.edu.br



publicação que possa resultar. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar da pesquisa e que me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Governador Valadares, ____ de _____ de 20 ____.

Assinatura do (a) menor

Assinatura do (a) pesquisador (a)

Pesquisador Responsável: Fernanda Souza de Oliveira Assis
Pesquisador colaborador: Welton da Silva Arruda
Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora/Campus Avançado de Governador Valadares/Programa de Mestrado Profissional em Biologia (Profbio)
Fone: (33) 98899-9122
E-mail: fernanda.oliveira@ufjf.edu.br

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:
 CEP - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFJF
 Campus Universitário da UFJF
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 CEP: 36036-900
 Fone: (32) 2102- 3788 / E-mail: cep.propesq@ufjf.edu.br

APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO/RESPONSÁVEIS

O menor _____, sob sua responsabilidade, está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa "Tema Transversal "Água" no Ensino Médio: Análise Microbiológica e Importância em uma Perspectiva de Ensino por Investigação Científica.". O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é a necessidade de avaliar formas de ensino que tornem o conteúdo de biologia mais atrativo para os alunos. As práticas de ensino (pedagógicas) que serão realizadas nesta pesquisa permitem que o estudo do tema água seja inserido no conhecimento do dia a dia do aluno. Neste estudo pretendemos desenvolver formas de ensino sobre o Tema Água, a qualidade da água que chega as nossas casas, sobre os micro-organismos que podem habitá-la e sobre a sua importância para a vida.

Caso você concorde na participação do menor, vamos fazer as seguintes atividades com ele: o estudante responderá a um questionário antes e após o Tema Água ser trabalhado em sala. Os alunos do primeiro ano irão sair a campo para uma visita à estação de tratamento de água e os alunos do segundo ano serão levados a coletar amostras de água no Rio Doce e realizar sua análise no laboratório da Escola. Assim, esta pesquisa tem alguns riscos, que são:

- **Alunos do primeiro ano:** riscos físicos durante o deslocamento para as atividades extraclasses (visita à estação de tratamento de água). Para contornar tais riscos, será disponibilizado um ônibus, junto à prefeitura/escola de Baixo Guandu/ES, para acomodar, de forma segura, os alunos durante o deslocamento. Além disso, os alunos serão incisivamente orientados a se manterem organizados e a atenderem às orientações do professor e dos profissionais que irão supervisionar a visita nas estações de tratamento de água.
- **Alunos do segundo ano:** Nessa prática, os alunos irão realizar coletas de amostras de água para análise microbiológica. Neste momento, existirão riscos físicos durante o deslocamento para a coleta de amostras de água, riscos físicos de corte e queimadura, riscos biológicos de contaminação pela manipulação de amostras de água contaminadas, além dos riscos de acidentes durante a atividade experimental (quebra de vidrarias durante o manuseio das mesmas, queimaduras ou acidentes relacionados com o uso de lamparinas, etc.). Para diminuição dos riscos envolvidos nesta etapa, será disponibilizado um ônibus, junto à prefeitura/escola de Baixo Guandu/ES para acomodar, de forma segura, os alunos durante o deslocamento. Os alunos receberão e serão orientados quanto ao uso de equipamentos de proteção individual como jaleco, máscaras e luvas, o que minimiza e evita os riscos de contaminação, bem como serão orientados quanto ao uso correto de lamparinas (uso de cabelos presos e toda a orientação necessária para o trabalho correto com fogo será repassado pelo professor) e os cuidados ao manusear as vidrarias. Além disso, toda a atividade será supervisionada pelo professor que conduzirá a prática pedagógica e estará atento à realização dos experimentos, a fim de evitar acidentes.

Apesar dos riscos, esta pesquisa trará muitos benefícios, pois poderá ajudar no desenvolvimento de formas de ensino de biologia que sejam mais interessantes e dessa forma permitir um maior aprendizado dos alunos. Para participar desta pesquisa, você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento.

Para participar deste estudo, o menor sob sua responsabilidade e você não irão ter nenhum custo, nem receberão qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se o menor tiver algum dano por causa das atividades que fizermos com ele nesta pesquisa, ele tem direito a indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira deixá-lo participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A participação dele(a) é voluntária e o fato de deixá-lo participar não vai trazer qualquer penalidade ou

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

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFJF
 Campus Universitário da UFJF
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 CEP: 36036-900
 Fone: (32) 2102- 3788 / E-mail: cep.propesq@ufjf.edu.br



mudança na forma em que ele (a) é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. O nome ou o material que indique a participação do menor não será liberado sem a sua permissão. O menor não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Declaro que concordo em participar da pesquisa e que me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Governador Valadares, ____ de _____ de 20 ____.

Assinatura do (a) Responsável

Assinatura do (a) Pesquisador (a)

Pesquisador Responsável: Fernanda Souza de Oliveira Assis
Pesquisador colaborador: Welton da Silva Arruda
Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora/Campus Avançado de Governador Valadares/Programa de Mestrado Profissional em Biologia (Profbio)
Fone: (33) 3271-2403
E-mail: fernanda.oliveira@ufjf.edu.br

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

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFJF
 Campus Universitário da UFJF
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 CEP: 36036-900
 Fone: (32) 2102- 3788 / E-mail: cep.propesq@ufjf.edu.br

APÊNDICE C - Questionário de sondagem.



1.1.

Questionário

Questionário de sondagem para avaliação dos conhecimentos e aprendizados no tema: "Água, disponibilidade e potabilidade", desenvolvido e aplicado para subsidiar o trabalho de pesquisa "Água: Análise da Água Através de Práticas Pedagógicas" do Mestrado Profissional em Biologia, PROFBIO.

Nome _____ Série: _____

Questão 1: O que é água?

Questão 2: Porque precisamos beber água e quais suas funções no organismo?

Questão 3: A água pode ser consumida com segurança, desde que esteja sem odor, sem gosto e sem cor(água cristalina)?

Questão 4: O que são coliformes fecais e qual sua importância?

Questão 5: Todos os micro-organismos são nocivos à saúde? Explique.

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

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFJF Campus Universitário da UFJF
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa CEP: 36036-900 Fone: (32) 2102- 3788 / E-mail:
cep.propesq@ufjf.edu.br



Questão 6: O que você sabe sobre o Rio Doce? Onde nasce, onde é sua foz, qual sua importância?

Questão 7: O Rio Doce possui águas preservadas e sem contaminação? Explique.

Questão 8: Há algo que possamos fazer para melhorar e conservar nossos cursos d'água? Fale sobre isso.

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:
CEP - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - UFJF Campus Universitário da UFJF
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa CEP: 36036-900 Fone: (32) 2102- 3788 / E-mail:
cep.propesq@uff.edu.br

APÊNDICE D: Método Utilizado na Análise das Amostras – Tubos Múltiplos

Método dos Tubos Múltiplos

MATERIAL

Meios de cultura Caldo Lactosado LST, Caldo Verde Brilhante Bile 2%, Caldo *Escherichia coli* (EC) e soluções; tubos com 10 mL de Caldo LST concentração dupla e normal, contendo tubos de Durham invertidos; amostras de água de procedência variada.

Equipamentos e Utensílios: Pipetas de 10 mL; frascos esterilizados para coleta das amostras de água; estufa bacteriológica; bico de Bunsen; micropipetas de 0,1mL e 1 mL; alça de platina.

PROCEDIMENTO

1. Teste presuntivo em tubos com caldo lactosado (LST):

- a) Foram identificadas três séries de três tubos com as seguintes informações: turma, amostra, data, alíquota, repetição por grupo;
- b) As amostras a serem analisadas foram vigorosamente agitadas;
- c) Foram transferidas assepticamente, três alíquotas de 10,0 mL (para os tubos com concentração dupla de caldo lactosado), três alíquotas de 1,0 mL e três alíquotas de 0,1 mL para cada uma das três séries de três tubos contendo o caldo lactosado concentração simples.
- d) Foram incubados na estufa bacteriológica a 35 °C por 24 horas, verificados os resultados e os tubos negativos, incubados novamente sendo verificados após decorrido o tempo de 48 horas do início do teste;
- e) Foi avaliada a produção de gás nos tubos de Durham e a turbidez do meio, anotando o resultado no diário de bordo;

2. Teste confirmatório em caldo verde brilhante bile 2%

- a) Foram tomados os tubos que deram positivo no teste presuntivo;
- b) Com alça de platina, previamente flambada e fria, foram retirados de cada tubo positivo uma porção de amostra e inoculado no tubo correspondente contendo o meio verde brilhante Bile a 2% e tubos de Durham invertidos;
- c) Foram incubados na estufa bacteriológica a 35 °C por 24 horas, verificados os resultados e os tubos negativos, incubados novamente e verificados após decorrido o tempo de 48 horas do início do teste;
- d) Foi avaliada a produção de gás nos tubos de Durham e a turbidez do meio, anotando o resultado no diário de bordo;

3. Detecção de coliformes termotolerantes em caldo EC

- a) Foram identificados três séries de três tubos com as seguintes informações: turma, amostra, data, alíquota, repetição;
- b) Com alça de platina, previamente flambada e fria, foi retirado de cada tubo positivo, uma porção de amostra e inoculado no tubo correspondente contendo o Caldo EC e os tubos de Durham invertidos;
- c) Foram incubados os tubos a 44,5°C por 24 horas.
- d) Foi avaliada a produção de gás nos tubos de Durham e a turbidez do meio, anotando o resultado no diário de bordo;

Por fim, foi utilizada a tabela para estimativa no Número Mais Provável de colônias em 100 mL de amostra.

Table 1 - Table 1 For 3 tubes each at 0.1, 0.01, and 0.001 g inocula, the MPNs per gram and 95 percent confidence intervals.

| Pos. Tubes | | | Conf. lim. | | | Pos. tubes | | | Conf. lim. | | |
|------------|------|-------|------------|------|------|------------|------|-------|------------|-----|-------|
| 0.10 | 0.01 | 0.001 | MPN/g | Low | High | 0.10 | 0.01 | 0.001 | MPN/g | Low | High |
| 0 | 0 | 0 | <3.0 | – | 9.5 | 2 | 2 | 0 | 21 | 4.5 | 42 |
| 0 | 0 | 1 | 3.0 | 0.15 | 9.6 | 2 | 2 | 1 | 28 | 8.7 | 94 |
| 0 | 1 | 0 | 3.0 | 0.15 | 11 | 2 | 2 | 2 | 35 | 8.7 | 94 |
| 0 | 1 | 1 | 6.1 | 1.2 | 18 | 2 | 3 | 0 | 29 | 8.7 | 94 |
| 0 | 2 | 0 | 6.2 | 1.2 | 18 | 2 | 3 | 1 | 36 | 8.7 | 94 |
| 0 | 3 | 0 | 9.4 | 3.6 | 38 | 3 | 0 | 0 | 23 | 4.6 | 94 |
| 1 | 0 | 0 | 3.6 | 0.17 | 18 | 3 | 0 | 1 | 38 | 8.7 | 110 |
| 1 | 0 | 1 | 7.2 | 1.3 | 18 | 3 | 0 | 2 | 64 | 17 | 180 |
| 1 | 0 | 2 | 11 | 3.6 | 38 | 3 | 1 | 0 | 43 | 9 | 180 |
| 1 | 1 | 0 | 7.4 | 1.3 | 20 | 3 | 1 | 1 | 75 | 17 | 200 |
| 1 | 1 | 1 | 11 | 3.6 | 38 | 3 | 1 | 2 | 120 | 37 | 420 |
| 1 | 2 | 0 | 11 | 3.6 | 42 | 3 | 1 | 3 | 160 | 40 | 420 |
| 1 | 2 | 1 | 15 | 4.5 | 42 | 3 | 2 | 0 | 93 | 18 | 420 |
| 1 | 3 | 0 | 16 | 4.5 | 42 | 3 | 2 | 1 | 150 | 37 | 420 |
| 2 | 0 | 0 | 9.2 | 1.4 | 38 | 3 | 2 | 2 | 210 | 40 | 430 |
| 2 | 0 | 1 | 14 | 3.6 | 42 | 3 | 2 | 3 | 290 | 90 | 1,000 |
| 2 | 0 | 2 | 20 | 4.5 | 42 | 3 | 3 | 0 | 240 | 42 | 1,000 |
| 2 | 1 | 0 | 15 | 3.7 | 42 | 3 | 3 | 1 | 460 | 90 | 2,000 |
| 2 | 1 | 1 | 20 | 4.5 | 42 | 3 | 3 | 2 | 1100 | 180 | 4,100 |
| 2 | 1 | 2 | 27 | 8.7 | 94 | 3 | 3 | 3 | >1100 | 420 | – |

ANEXOS

ANEXO A: Autorização para pesquisa da Secretaria de Educação do estado do Espírito Santo

The screenshot displays an Outlook web interface in a browser. The address bar shows the URL: <https://outlook.live.com/mail/search/id/AQMkADAwATY3ZmYAZS05MGY5LTRYzQEMDAcLAWCgBGAAADHeG4MifekSKVqATRkb4fQ...>. The Outlook interface shows a search for "autorização pesquisa". The email is from Andréa Guzzo Pereira <agpereira@sedu.es.gov.br> dated Thursday, 23/05/2018 13:19. The recipients are Escola José Damasceno Filho - SEDU/ES and Maricelis Caetano Engelhardt; Cláudia Fachetti Barros; weltonminero@hotmail.com. The subject is "Autorização para realização de pesquisa". The body of the email contains the following text:

Prezados,

Informamos que foi autorizada pela Subsecretária de Educação Básica e Profissional, Tânia Amélia Guimarães de Assis, a realização do projeto de **pesquisa** em sua escola pelo estudante de mestrado Welton da Silva Arruda, intitulado "**Água: análise da qualidade da água através de práticas pedagógicas**".

Atenciosamente,

Andréa Guzzo Pereira
GERENTE DE ENSINO MÉDIO
www.sedu.es.gov.br
(27) 36367950 / 997480923

The email signature includes the logo of the Government of Espírito Santo and the text: GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, Secretaria de Educação. On the right side of the email, there is a notification: "Parece que você está usando um bloqueador de anúncios. Para maximizar o espaço na sua caixa de entrada, inscreva-se no Outlook Sem-Anúncios". The Windows taskbar at the bottom shows several open applications, including a PDF viewer with files like "submeter-relato.pdf", "anexo8", "Uma Sequência In...pdf", "introducao_aos_en...pdf", and "Fatura_062019_W...PDF". The system clock shows 08:17 on 02/06/2019.

ANEXO B: Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Tema Transversal "Água" no Ensino Médio: qualidade, análise microbiológica e importância em uma perspectiva de ensino pelas práticas pedagógicas dos Três Momentos Pedagógicos e por Investigação Científica.

Pesquisador: Fernanda Souza de Oliveira Assis

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 96647518.8.0000.5147

Instituição Proponente: Campus Avançado Governador Valadares -UFJF

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.186.393

Apresentação do Projeto:

Este trabalho será um estudo de caso de natureza qualitativa e será realizado no âmbito da disciplina de Biologia de uma Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio localizada na cidade de Baixo Guandu, Espírito Santo. O tema "Água" será trabalhado por meio de duas práticas pedagógicas distintas: Os três momentos pedagógicos e a Investigação Científica. Este tema será inserido no conteúdo programático dos alunos do 1º e 2º ano do ensino médio em que será desenvolvida uma única prática pedagógica em cada turma. Para os alunos do 1º ano do Ensino Médio será desenvolvida uma sequência didática baseada nos Três Momentos Pedagógicos sobre o tema "Água", com o enfoque na disponibilidade e potabilidade da água. Esta sequência contará com 6 horas/aula. Para os alunos do 2º ano do Ensino Médio o tema será inserido pela prática pedagógica por investigação científica com enfoque na qualidade e análise microbiológica da água para consumo humano. A abordagem será aplicada à turma do segundo ano com duração 11 horas/aula. Um questionário de sondagem será aplicado nos alunos para avaliação qualitativa, abordando o tema "Água: qualidade, análise microbiológica e importância", antes e após o uso das práticas pedagógicas, como maneira de verificar a evolução do conhecimento adquirido pelos mesmos sobre o tema. As práticas também serão avaliadas subjetivamente por meio da observação, feita pelo professor, da participação e engajamento dos alunos na execução das práticas, bem como pela avaliação feita pelos alunos por meio de dinâmicas de grupo.

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
Bairro: SAO PEDRO **CEP:** 36.036-900
UF: MG **Município:** JUIZ DE FORA
Telefone: (32)2102-3788 **Fax:** (32)1102-3788 **E-mail:** cep.propesq@ufjf.edu.br



Continuação do Parecer: 3.186.393

Apresentação do projeto está clara, detalhada de forma objetiva, descreve as bases científicas que justificam o estudo, estando de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de 2012, item III.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Realizar a inserção do Tema: “Água – qualidade, análise microbiológica e importância” no conteúdo de Biologia para estudantes do 1º e 2º ano do ensino médio por meio das práticas pedagógicas de ensino dos três momentos pedagógicos e por investigação científica.

Objetivo Secundário:

1) Coletar dados sobre o volume de dejetos lançados no Rio Doce nas cidades de Baixo Guandu-ES, Aimorés-MG, Resplendor-MG e Itueta-MG para serem utilizados como dados complementares no desenvolvimento das práticas pedagógicas.

2) Inserir o tema água pela dinâmica dos três momentos pedagógicos no ensino de biologia para os alunos do 1º ano do ensino médio:

2.1) Realizar a etapa de problematização inicial do tema Água utilizando-se de questionamentos sobre o tema com enfoque na disponibilidade e qualidade da água.

2.2) Promover a organização do conhecimento das questões e dos conceitos gerados na problematização inicial, inserindo os dados obtidos sobre os dejetos lançados no Rio Doce.

2.3) Acompanhar os alunos em uma visita à estação de tratamento de água, como maneira de aplicação do conhecimento obtido na dinâmica dos três momentos pedagógicos, orientando-os sobre processo de tratamento de água e suas etapas.

3) Inserir o tema água pelo método de investigação científica no ensino de biologia para os alunos do 2º ano do ensino médio:

3.1) Realizar a etapa de problematização inicial sobre o tema Água utilizando-se de questionamentos sobre o tema com enfoque na qualidade e na análise da água para consumo humano.

3.2) Promover o levantamento de hipóteses sobre os conceitos gerados na problematização inicial, inserindo os dados obtidos sobre os dejetos lançados no Rio Doce.

3.3) Acompanhar os alunos na elaboração do plano de trabalho e montagem do arranjo experimental para a análise microbiológica dos coliformes totais e termotolerantes pelo método dos Tubos Múltiplos (TM) em amostras de água, coletadas em campo pelos alunos.

4) Avaliar o uso das práticas pedagógicas propostas, por meio da aplicação de um questionário sobre o tema “Água: qualidade, análise microbiológica e importância” antes e após o

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
Bairro: SAO PEDRO **CEP:** 36.036-900
UF: MG **Município:** JUIZ DE FORA
Telefone: (32)2102-3788 **Fax:** (32)1102-3788 **E-mail:** cep.propesq@ufjf.edu.br



Continuação do Parecer: 3.186.393

desenvolvimento de cada prática.

Os Objetivos da pesquisa estão claros bem delineados, apresenta clareza e compatibilidade com a proposta, tendo adequação da metodologia aos objetivos pretendido, de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013, item 3.4.1 - 4.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Para os alunos do 1º ano do ensino médio, este tema será inserido pela prática dos três momentos pedagógicos. Nesta prática pedagógica, como parte da etapa de Aplicação do Conhecimento, os alunos serão levados para visitarem uma estação de tratamento de água e esgoto. Os riscos envolvidos neste momento relacionam-se à riscos físicos inerentes ao processo de deslocamento dos alunos, da escola para a estação de tratamento, e à existência de riscos mínimos durante a visita, como separação dos alunos da turma e envolvimento em atividades/locais dentro da estação não apropriadas aos visitantes. Para contornar tais riscos, será disponibilizado um ônibus, pela prefeitura/escola de Baixo Guandu/ES, para acomodar, de forma segura, os alunos durante o deslocamento. Além disso, os alunos serão incisivamente orientados a se manterem organizados e a atenderem às orientações do professor e dos profissionais que irão supervisionar a visita nas estações de tratamento de água. Ressalta-se que este tipo de atividade permite que os alunos aproximem conteúdos teóricos, abordados em sala de aula, do seu cotidiano levando a um maior interesse dos mesmos pelo conteúdo. Para os alunos do 2º ano do ensino médio, o tema será inserido pela prática por Investigação Científica. Nesta prática pedagógica, como parte da etapa de procedimento experimental, os alunos irão realizar coletas de amostras de água para análise microbiológica. Neste momento, existirão riscos biológicos de contaminação pela manipulação de amostras de água contaminadas e riscos de acidentes durante a atividade experimental como riscos físicos de corte, queimaduras ou acidentes

relacionados com o uso de lamparinas, etc. Para diminuição dos riscos envolvidos nesta etapa os alunos serão orientados quanto ao uso de equipamentos de proteção individual como jaleco, máscaras e luvas, o que minimiza e evita os riscos de contaminação, bem como serão orientados quanto ao uso correto de lamparinas (uso de cabelos presos e toda a orientação necessária para o trabalho correto com fogo será repassado pelo professor). Além disso, toda a atividade será supervisionada pelo professor que conduzirá a prática pedagógica e estará atento à realização dos experimentos, a fim de evitar acidentes. Apesar dos riscos, esta pesquisa trará muitos benefícios, pois poderá ajudar no desenvolvimento de formas de ensino de biologia que sejam mais interessantes e dessa forma permitir um maior aprendizado dos alunos. Através da metodologia, os alunos entraram em contato direto com o universo

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
Bairro: SAO PEDRO **CEP:** 36.036-900
UF: MG **Município:** JUIZ DE FORA
Telefone: (32)2102-3788 **Fax:** (32)1102-3788 **E-mail:** cep.propesq@ufjf.edu.br



Continuação do Parecer: 3.186.393

científico em que aprenderão a elaborar hipóteses, a testar as hipóteses levantadas, bem como a realizar a análise dos dados obtidos. O contato com a atividade prática de análise microbiológica estimulará os alunos a conhecer o universo microbiológico e a pensar criticamente sobre os cuidados com a água. Os alunos de ambas as turmas também serão convidados a participarem de dinâmicas de grupo para avaliação da aplicação das práticas pedagógicas. Haverá neste momento, o risco de constrangimento dos alunos ao apresentarem sua opinião referente a atividade. Para evitar tal risco, caberá ao professor condutor da atividade, reforçar a ideia de que a participação na atividade deverá acontecer de forma voluntária. A avaliação do uso das práticas pedagógicas também ocorrerá pela aplicação de um questionário teórico antes e após a realização das atividades propostas. Neste momento, existe o risco de quebra de sigilo das informações obtidas com os questionários. Os alunos participantes deste estudo serão convidados a assinarem o Termo de Livre Consentimento Esclarecido, no qual fica estabelecido o sigilo e a garantia do anonimato para os alunos participantes do estudo. O uso de práticas pedagógicas que posicionam os alunos como agentes principais na construção do conhecimento possibilita um maior interesse dos mesmos pelo tema trabalhado. Além disso, o fato de um tema teórico ser observado na prática e com inserções ao seu dia a dia faz com os estudantes sejam estimulados a pensar de maneira crítica a sua realidade. A saída dos estudantes para trabalhos fora da sala de aula, exigindo a liberação pelos seus responsáveis (no caso de estudantes menores de idade) permite que os pais ou responsáveis se insiram no processo de aprendizagem colaborando para um aprofundamento do tema nas rotinas familiares. A pesquisa pode ajudar no desenvolvimento de técnicas didáticas para o ensino de biologia e ainda iniciar o discente na investigação científica e no desenvolvimento de senso crítico. Riscos e benefícios descritos em conformidade com a natureza e propósitos da pesquisa. O risco que o projeto apresenta é caracterizado como risco mínimo e benefícios esperados estão adequadamente descritos. A avaliação dos Riscos e Benefícios está de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de 2012, itens III; III.2 e V.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está bem estruturado, delineado e fundamentado, sustenta os objetivos do estudo em sua metodologia de forma clara e objetiva, e se apresenta em consonância com os princípios éticos norteadores da ética na pesquisa científica envolvendo seres humanos elencados na resolução 466/12 do CNS e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O protocolo de pesquisa está em configuração adequada, apresenta FOLHA DE ROSTO

| | |
|---|--|
| Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N | CEP: 36.036-900 |
| Bairro: SAO PEDRO | |
| UF: MG | Município: JUIZ DE FORA |
| Telefone: (32)2102-3788 | Fax: (32)1102-3788 |
| | E-mail: cep.propesq@ufjf.edu.br |



Continuação do Parecer: 3.186.393

devidamente preenchida, com o título em português, identifica o patrocinador pela pesquisa, estando de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013 item 3.3 letra a; e 3.4.1 item 16. Apresenta o TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO em linguagem clara para compreensão dos participantes, apresenta justificativa e objetivo, campo para identificação do participante, descreve de forma suficiente os procedimentos, informa que uma das vias do TCLE será entregue aos participantes, assegura a liberdade do participante recusar ou retirar o consentimento sem penalidades, garante sigilo e anonimato, explicita riscos e desconfortos esperados, indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa, contato do pesquisador e do CEP e informa que os dados da pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador pelo período de cinco anos, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466 de 2012, itens: IV letra b; IV.3 letras a, b, d, e, f, g e h; IV. 5 letra d e XI.2 letra f. Apresenta o INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS de forma pertinente aos objetivos delineados e preserva os participantes da pesquisa. O Pesquisador apresenta titulação e experiência compatível com o projeto de pesquisa, estando de acordo com as atribuições definidas no Manual Operacional para CPES. Apresenta DECLARAÇÃO de infraestrutura e de concordância com a realização da pesquisa de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013 item 3.3 letra h.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto, o projeto está aprovado, pois está de acordo com os princípios éticos norteadores da ética em pesquisa estabelecido na Res. 466/12 CNS e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS. Data prevista para o término da pesquisa: agosto de 2019.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFJF, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 466/12 e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS, manifesta-se pela APROVAÇÃO do protocolo de pesquisa proposto. Vale lembrar ao pesquisador responsável pelo projeto, o compromisso de envio ao CEP de relatórios parciais e/ou total de sua pesquisa informando o andamento da mesma, comunicando também eventos adversos e eventuais modificações no protocolo.

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
Bairro: SAO PEDRO **CEP:** 36.036-900
UF: MG **Município:** JUIZ DE FORA
Telefone: (32)2102-3788 **Fax:** (32)1102-3788 **E-mail:** cep.propesq@ufjf.edu.br



Continuação do Parecer: 3.186.393

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|---|------------------------|----------------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1143453.pdf | 04/03/2019 18:48:01 | | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | ProjetoCEPFinal.pdf | 04/03/2019 18:47:40 | Fernanda Souza de Oliveira Assis | Aceito |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | Declaraçãodeinfraestrutura.pdf | 20/12/2018 22:10:45 | Fernanda Souza de Oliveira Assis | Aceito |
| Folha de Rosto | FolhaRosto.pdf | 20/12/2018 22:10:25 | Fernanda Souza de Oliveira Assis | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLEResponsaveis.pdf | 19/12/2018 16:33:25 | Fernanda Souza de Oliveira Assis | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE.pdf | 19/12/2018 16:33:05 | Fernanda Souza de Oliveira Assis | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | Assentimento.pdf | 19/12/2018 16:32:43 | Fernanda Souza de Oliveira Assis | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JUIZ DE FORA, 08 de Março de 2019

Assinado por:
Jubel Barreto
(Coordenador(a))

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
Bairro: SAO PEDRO **CEP:** 36.036-900
UF: MG **Município:** JUIZ DE FORA
Telefone: (32)2102-3788 **Fax:** (32)1102-3788 **E-mail:** cep.propesq@ufjf.edu.br

ANEXO C: Reportagem sobre surto de diarreia nos índios Maxakali

02/06/2019

Aldeias indígenas sofrem com surto de diarreia no Vale do Mucuri - Gerais - Estado de Minas

em.com.br Aldeias indígenas sofrem com surto de diarreia no Vale do Mucuri

Duas crianças morreram e mais de 70 pessoas foram internadas

LB [Lucas Balbino*](https://www.em.com.br/busca?autor=Lucas Balbino*) (https://www.em.com.br/busca?autor=Lucas Balbino*)

postado em 31/10/2018 13:16 / atualizado em 01/11/2018 19:02

Ajude as crianças Maxakali

URGENTE;

Hospitais de Águas Formosas e o de Machacalis está precisando de doações de Fraldas, Lenços umedecidos, pomadas, talco, maizena. Estamos passando por um surto de diarreia da aldeia Maxacali. Temos diversas crianças internadas e 2 já morreram.



CONTAS PARA DOAÇÃO:

HOSPITAL MACHACALIS

Banco Sicoob AG 3045. CC 8143-4

CNPJ 22057178 / 0001-01

ou

Provedora do Hospital - Cura D'ars

Maria Julia Tolentino Soares Araujo

Banco do Brasil AG 0889-3. CC 24535-6

CPF 336634086-04


ou

HOSPITAL DE ÁGUAS FORMOSAS

Banco Caixa Econômica AG 3612. CC 83-3 Op 003

CNPJ 16564072 / 0001-00

Após depósito nos envie uma foto do comprovante :

33 98823-2308 

(foto: Cáritas Diocesana de Teófilo Otoni/Divulgação)

Um surto de diarreia atinge a população indígena de Águas Formosas e Machacalis, no Vale do Mucuri. Crianças da tribo dos Maxacarís são as mais atingidas.

Humberto Alencar de Freitas, de 40 anos, é secretário da Cárita Diocesana de Teófilo Otoni, e conta que recebeu pedido de socorro dos hospitais da região. Segundo ele, os primeiros casos apareceram no dia 14 de outubro, na aldeia de Pradinho, no município de Bertópolis.

02/06/2019

Aldeias indígenas sofrem com surto de diarreia no Vale do Mucuri - Gerais - Estado de Minas

Ao todo, mais de 70 pessoas foram internadas com sintomas da diarreia. Alencar conta que esse número poderia ser até maior. “Inicialmente, 106 indígenas de Pradinho foram atingidos. Desses, 45 tiveram que ser internados no Hospital São Vicente de Paula, em Águas Formosas” disse o secretário que continuou “depois disso, o surto chegou na aldeia de Água Boa, vitimando outras 66 pessoas. Trinta delas foram internadas no Hospital Cura D’ars.”

Alencar informa que duas crianças morreram com a infecção e que a causa provavelmente é o fato de as tribos não terem água encanada e nem esgoto. Eles utilizam água do córrego que passa na região para atender todas as necessidades. O secretário da Cáritas também disse que, com as mudanças de temperatura, estão surgindo problemas respiratórios nos pacientes. “Está fazendo muito calor de dia e esfriando a noite, as casas em que os indígenas moram não os protegem dessa variação”, contou.

A Secretaria Especial de Saúde Indígena (Sesai) trabalha auxiliando os hospitais no atendimento aos aldeões. “As aldeias já contam com uma equipe médica e foi enviado reforço para cada uma delas. Em Pradinho, já são 30 horas sem casos de diarreia, mas para garantir a erradicação é necessário aguardar 10 dias sem casos”, conta Célio César Ferreina, coordenador substituto do Sesai. “Alguns casos mais simples estão sendo tratados na aldeia com a equipe médica, pacientes com casos mais complicados foram encaminhados para os hospitais da região”, completa.

De acordo com informações do Sesai, a Aldeia Pradinho tem 958 pessoas e a Aldeia Água Boa é formada por 843 pessoas. Para ajudar as vítimas da epidemia, a Cáritas Diocesana de Teófilo Otoni iniciou uma campanha nas redes sociais de doações de materiais que estão em falta. Fraldas, talco, pomadas, maizena, lenços umedecidos são os produtos mais necessitados.

Pontos de coleta foram instalados em Governador Valadares nas Paróquias de Nossa Senhora de Lourdes, na Rua Pedro Lessa, 92, e do Cristo Redentor, na Avenida Roma, 425. Doações serão recebidas também em Teófilo Otoni, no Centro Diocesano de Pastoral, na Rua Dr. Onofre, 88.

02/06/2019

Aldeias indígenas sofrem com surto de diarreia no Vale do Mucuri - Gerais - Estado de Minas



(foto: Conselho Indigenista Missionário/Divulgação)

** Estagiário sob supervisão da subeditora Ellen Cristie*

Os comentários não representam a opinião do jornal e são de responsabilidade do autor.
As mensagens estão sujeitas a moderação prévia antes da publicação

© Copyright Jornal Estado de Minas 2000 - 2019. todos os direitos reservados.

ANEXO D: Dados sobre efluentes e tratamento de efluentes fornecidos pelo SAAE do município de Aimorés-MG.



SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO
 CNPJ: 16.978.926/0001-96 INSCR. EST.: 011.702.964-0053
 RUA JOSÉ PEGO SOBRINHO n° 199
 BAIRRO IGREJINHA Tel.: (33) 3267-1119
 AIMORÉS - MG CEP: 35.200-000

DADOS REF. AO REQUERIMENTO PROFBIO

1 – Qual o volume de esgoto sanitário produzido na zona urbana e rural da cidade.

O consumo varia de acordo com a demanda de uso, na sede do município o valor médio diário é de 2.212 m³ e nos distritos é de 663 m³.

2 – Qual o volume de esgoto sanitário é tratado antes de ser dispensado nos leitos de córregos e rios da cidade?

Estimamos que 70% do esgoto produzido pela população é bombeado para as ETE'S- Estações de Tratamento de Esgoto, onde é realizado o tratamento, antes de ser feito o descarte nos córregos ou rios.

3 – Há algum projeto em andamento para instalação ou ampliação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na cidade?

Ainda não existe um projeto pronto, mas existe sim a intenção de construção de uma nova ETE com maior capacidade de tratamento, objetivando tratar 100% do esgoto sanitário produzido. Para isso já estamos conseguindo recursos para custear as despesas com a elaboração do projeto, bem como para execução da obra.

4 – Se há tratamento de esgoto na cidade, desde quando está funcionando?

Sim temos uma ETE instalada na sede tipo UASB para atendimento de 15000 habitantes. Funciona desde o ano de 2000.

5 – Se há algum projeto de implantação de ETE na cidade ou ampliação do volume tratado, quais são as datas previstas para implantação do empreendimento?

Ainda não temos um prazo definido.

Aimorés-MG, 24 de abril de 2018.


 Ailton Calixto da Silva
 Técnico Químico
 Ailton Calixto da Silva

ANEXO E: Dados sobre efluentes e tratamento de efluentes fornecidos pelo SAAE do município de Baixo Guandu-ES.



SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO

Av. Dez de Abril, 390 - Centro - Cx.P. 56 - 29730-000 - (27) 3732-1117

CNPJ: 27.500.412/0001-47 - Inscrição Est: Isento

BAIXO GUANDU-ESPIRITO SANTO

Autarquia Municipal - Lei: 85/52

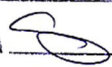
Email - compras@saaebgu.es.gov.br

Site - www.saaebgu.es.gov.br

Ofício SAAE-BGU n° 060/2018

Baixo Guandu-ES, 04 de Julho de 2018.

A Excelentíssimo
 JOSÉ DE BARROS NETO
 Prefeito Municipal
 Baixo Guandu- ES

| | |
|-------------------------------------|--|
| PREFEITURA MUNICIPAL - BAIXO GUANDU | |
| PROTOCOLADO SOB Nº | |
| 4233118 PLS 122 | |
| Em 09/07/2018 | |
| ASSINATURA |  |

O estudante Welton da Silva Arruda solicitou a Vossa Excelência informações sobre água e esgoto, cujo órgão enviou a esta Autarquia cópia do requerimento por meio do Ofício n° 031/2017 – GAB, a fim de atendimento ao pedido subscrito.

Assim, segue abaixo as informações pleiteadas, consoante dados solicitados:

1- Qual o volume de esgoto sanitário produzido na zona urbana e rural da cidade?

R.: Em torno de 95.116 m³, consoante se extrai do relatório confeccionado no mês de Maio de 2018.

2- Qual volume de esgoto sanitário é tratado antes de ser dispensado nos leitos de córregos e rios da cidade?

R.: Média de 1% (um por cento)

3- Há algum projeto em andamento para instalação ou ampliação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na cidade?

R.: Nos próximos meses o município estará assinando convênio para contratação de projeto que contempla a reforma e conclusão das ETEs de Baixo Guandu (sede) e Distritos de Alto Mutum Preto, Km 14, Ibituba e Vila





SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO

Av. Dez de Abril, 390 - Centro - Cx.P. 56 - 29730-000 - (27) 3732-1117
CNPJ: 27.500.412/0001-47 - Inscrição Est: Isento
BAIXO GUANDU-ESPIRITO SANTO
Autarquia Municipal - Lei: 85/52

Email - compras@saaebgu.es.gov.br
Site - www.saaebgu.es.gov.br

Nova do Bananal. O município acabou de licitar, em Junho do corrente ano, a construção de ETEs nos quatro distritos.

4- Se há tratamento de esgoto na cidade, desde quando está funcionando?

R.: No Bairro Rosário II, desde 2013.

5- Se há algum projeto de implantação de ETE na cidade ou ampliação do volume tratado, quais são as datas previstas para implantação do empreendimento?

R.: As obras descritas no item 03 (três) tem previsão para início dos trabalhos entre 2018 e 2019.

Atenciosamente,


Luciano de Bem Magalhães
Portaria PMGB-081/13 - Diretor

ANEXO F: Dados sobre efluentes e tratamento de efluentes fornecidos pela Prefeitura Municipal de Itueta-MG.



PREFEITURA MUNICIPAL DE ITUETA
ESTADO DE MINAS GERAIS
ADM.: 2017/2020

N.º : 094/2018.
ASSUNTO : ATENDE REQUERIMENTO.
SERVIÇO : GABINETE E SECRETARIA.
DATA : 09 de Agosto de 2018.

AO Sr.

WELTON SILVA ARRUDA

A Prefeitura Municipal de Itueta/MG em atendimento ao requerimento do Aluno Welton Silva Arruda, cursando mestrado matricula nº 102490015GV requerimento em anexo apresenta as informações solicitadas pelo presente documento segundo o que foi enviado no ultimo RELATORIO ANUAL do Município de Itueta a FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente, referente a SANEAMENTO BÁSICO / 2017.

O Município de Itueta com 01 Estação de Tratamento de Esgoto com 3 elevatórias se encontra operando com a Bomba em funcionamento e com as seguintes identificações:

Nome da ETE: PREFEITURA MUNICIPAL DE ITUETA

Localização da ETE: ÁREA INDUSTRIAL

Rua: Área Industrial s/nº

Bairro: Centro

CEP: 35.220-000

Coordenada Geográfica: DATUM Sad 69, Latitude: 19º 23' 21,0" Sul Longitude: 41º 13' 24,0" Oeste FUSO 24

Responsável pelo acompanhamento da operação da ETE: Bióloga Claudia Aparecida Pimenta

Data de início de operação da ETE: 24/02/2011

Responsável pela estação: Prefeitura Municipal de Itueta

Eficiência média anual de remoção de DBO (%): 100

Vazão média afluyente à estação: 1,6 L/S

Número de habitantes atendidos pela estação: 3.299

Praça Antônio Barbosa de Castro, nº 35 - Centro - Itueta -MG - CEP: 35.220-000 -
Telefones: (0*33) 3266-3103 / 3266-3105 / 3266-3101 / Telefax: (0*33) 3266-3104
Site: www.itueta.com.br - E-mail: prefeitura@itueta.com.br



PREFEITURA MUNICIPAL DE ITUETA
ESTADO DE MINAS GERAIS
 ADM.: 2017/2020

Corpo d'água receptor do efluente: Córrego Quatis

Nome da bacia hidrográfica na qual o corpo d'água receptor insere-se: Bacia Hidrográfica do Rio Doce

A ETE está regularizada ambientalmente com número do processo administrativo 4797/2011/002/2015 e Validade 04/05/2019

O sistema de tratamento de esgoto presente: O esgoto é coletado por rede captação que abrange o município de Itueta e o distrito de Quatituba num volume estimado de 3,4 l/s atualmente. O volume coletado no distrito de Quatituba cai em duas caixas (um localizada nos fundos da Serraria e a outra fundos do supermercado Extra) que joga para a elevatória que fica atrás da escola Municipal de Quatituba. De lá é bombeado para a elevatória que fica no parque de exposição. Seguindo com o esgoto coletado do município de Itueta é bombeado para ETE que passa: Ciclo preliminar com filtro de areia nas caixas;

1º ciclo - Depois do preliminar cai na caixa é distribuído no reator anaeróbico;

2º ciclo - Saindo do reator anaeróbico segue para caixa distribuição do reator aeróbico;

3º ciclo - segue por gravidade para sistema de decantação retornando por gravidade para rede dá a descarga nos tanques que passa por um filtro composto com brita e areia e caindo no cano que leva até desaguar no CÓRREGO QUATIS. Que tem um lançamento de 1,6 l/s.

O destino do lodo removido na ETE é o Aterro Sanitário

Prestadora de serviços em esgotamento sanitário no município é a própria Prefeitura

Plano Municipal de Saneamento: Concluído Data da conclusão 31/12/2016

Não ocorre o lançamento de esgoto bruto (esgoto que não passa por tratamento prévio) em cursos d'água.

Possuí rede Coletora de Esgotos com 03 elevatórias e não tem Fossas Negras ETE(s) em Operação quantidade, 01

O percentual de habitantes atendidos por rede coletora de esgotos: 100%

O percentual de habitantes atendidos por tratamento de esgotos: 100%

Assim, apresentando o Município de Itueta, na oportunidade agradecemos a indicação de nosso Município na construção dos seus estudos.


VALTER JOSÉ NICOLI
 Prefeito Municipal

*Praça Antônio Barbosa de Castro, nº 35 - Centro - Itueta - MG - CEP: 35.220-000 -
 Telefones: (0*33) 3266-3103 / 3266-3105 / 3266-3101 / Telefax: (0*33) 3266-3104
 Site: www.itueta.com.br - E-mail: prefeitura@itueta.com.br*

ANEXO G: Resposta negativa da COPASA Resplendor, quanto ao fornecimento de informações sobre emissão e tratamento de esgoto no município.



Companhia de Saneamento de Minas Gerais

Comunicação Externa 1080/2018 - DTCA

Caratinga, 29 de agosto de 2018

Ao Senhor
Welton da Silva Arruda
Mestrando da PROFBIO / UFJF / GV

Referência/assunto: Requerimento de informações e dados a respeito da produção, lançamento e tratamento de esgotos sanitários urbanos e rurais da cidade de Resplendor-MG.

Prezado Senhor

Em resposta ao requerimento em epígrafe, esclarecemos que tal solicitação deverá ser feita mediante ofício da Instituição de Ensino, devidamente assinada pelo Reitor ou representante do corpo docente do curso.

Para informações gerais a COPASA disponibiliza o acesso por meio do Site www.copasa.com.br.

Colocamo-nos a disposição para mais esclarecimentos, se necessário.

Atenciosamente,


José Augusto Neves dos Reis
Gerente do Distrito Regional Caratinga