

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**A QUÍMICA E A SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO  
DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Emerson William Bechler  
*Magister Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2024**

**EMERSON WILLIAM BECHLER**

**A QUÍMICA E A SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO  
DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Dissertação Mestrado Profissional  
apresentada à Universidade Federal de  
Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Química  
em Rede Nacional, para obtenção do  
título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Aparecida de F. A. da Silva

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

B391q  
2024

Bechler, Emerson William, 1973-  
A química e a sustentabilidade no processo de  
desenvolvimento da alfabetização científica para o ensino médio  
/ Emerson William Bechler. – Viçosa, MG, 2024.  
1 dissertação eletrônica (251 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Inclui apêndice.

Orientador: Aparecida de Fátima Andrade da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Química, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.106>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Química - Estudo e ensino. 2. Água - Análise -  
Qualidade. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Aparecida de Fátima  
Andrade da, 1960-. II. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Química. Programa de Pós-Graduação em  
Química em Rede Nacional. III. Título.

CDD 22. ed. 540.7

EMERSON WILLIAM BECHLER

**A QUÍMICA E A SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO  
DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Dissertação Mestrado Profissional  
apresentada à Universidade Federal de  
Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Química em  
Rede Nacional, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de dezembro de 2024.

Assentimento:

---

Emerson William Bechler  
Autor

---

Aparecida de Fatima Andrade da Silva  
Orientadora

Essa dissertação mestrado profissional foi assinada digitalmente pelo autor em 04/04/2025 às 17:23:39 e pela orientadora em 09/04/2025 às 16:34:59. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **3K1A.CFW2.B8EP** e clique no botão 'Validar documento'.

'Dedico este trabalho aos meus pais que me apoiaram e incentivaram a concluir a pesquisa"

## **AGRADECIMENTOS**

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

A realização desta pesquisa não poderia ser concretizada sem a participação direta ou indireta de todos os meus familiares que me encorajaram a tornar esta jornada possível. Em especial agradeço aos meus filhos Miguel, Bárbara e Francisco que foram minha inspiração diária para a conclusão desta jornada. Agradeço também ao meu querido irmão Reinaldo que com sua luta diária pela vida me mostrou a importância de lutar pelos meus objetivos e transformar sonhos em realidade. Não poderia deixar de agradecer à querida professora Fátima que com sua paciência e competência, me transformou em um pesquisador na área de Educação Química. Agradeço aos meus pais Alberto e Edwirges que sempre serão exemplos de caráter e fortaleza em minha vida.

Também de maneira especial agradeço a minha grande amiga Cynthia Bello pelo incentivo e ajuda na correção da parte escrita.

“Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são para 2030, e quando chegarmos lá, vai ser igual as músicas de final de ano: Então chegou o momento e o que você fez em prol da sustentabilidade social, ambiental e econômica?”

Gabrielle Abreu Nunes

## RESUMO

BECHLER, Emerson William, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2024. **A QUÍMICA E A SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO MÉDIO.** Orientadora: Aparecida de Fatima Andrade da Silva.

Este trabalho tem como objetivo a promoção da alfabetização científica como fundamento para a construção do conhecimento científico na área de Química, abordando a temática análise físico-química dos parâmetros que atestam a qualidade da água de abastecimento, levando em consideração sua utilização sustentável, bem como o estudo das etapas de tratamento existentes nas estações de tratamento de água. Para isto, foi elaborada uma sequência didática com metodologia científica, adotando de forma qualitativa um estudo de caso, e utilizando o modelo CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, com a finalidade de preparar os estudantes na promoção de sua atuação cidadã, crítica e responsável em sociedade. Seu desenvolvimento ocorreu com estudantes do 3º ano do Ensino Médio Integrado ao curso de Química na escola FUNEC – Unidade CENTEC do município de Contagem – MG. A medição destes parâmetros físico-químicos normalmente necessita de equipamentos e materiais sofisticados, que a maioria das escolas de nível médio não apresenta. Como forma de solucionar este problema, foi utilizado um kit de educação ambiental ALFAKIT de fácil acesso e utilização para a medição e quantificação dos parâmetros. Este procedimento pode ser realizado até mesmo em escolas que não possuem laboratório, com o objetivo de tornar a ciência, em particular a Química, mais acessível a comunidade escolar. Para alcançar os objetivos específicos propostos, é fundamental que após o desenvolvimento da sequência didática com os estudantes, seja feita uma avaliação do processo de aprendizagem, levando em consideração as ideias iniciais dos alunos, bem como as novas ideias elaboradas durante o desenvolvimento das atividades, com o objetivo de avaliar quais conceitos científicos que foram construídos no processo de ensino e aprendizagem. Essa avaliação foi realizada através de questionários disponibilizados aos estudantes, além de outros recursos, como mapas mentais, roteiros de práticas, sínteses escritas, vídeos e visitas técnicas. Desde a problematização inicial até a conclusão da pesquisa, os estudantes conseguiram estabelecer relações entre as atividades desenvolvidas e a metodologia CTSA – Ciência Tecnologia, Sociedade e Meio ambiente e buscamos evidências durante as intervenções realizadas da construção deste conhecimento científico. Por meio dos resultados obtidos em nossa pesquisa, concluímos que a

abordagem CTSA e a alfabetização científica são as ações pedagógicas mais relevantes na construção dos objetivos propostos. É necessária uma maior divulgação desta metodologia na formação dos professores de Química, para que haja a correta contextualização entre teoria e prática na construção do verdadeiro saber científico.

Palavras-chave: Alfabetização científica; Sustentabilidade; Análise de água; Ensino de Química

## ABSTRACT

BECHLER, Emerson William, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2024. **CHEMISTRY AND SUSTAINABILITY IN THE PROCESS OF DEVELOPING SCIENTIFIC LITERACY FOR SECONDARY EDUCATION.** Adviser: Aparecida de Fatima Andrade da Silva.

This study aims to promote the development of scientific literacy as a basis for the development of scientific knowledge in the area of Chemistry. The focus is on the theme of physical and chemical analysis of the parameters that attest to the quality of the water supply, taking into account its sustainable use, and the study of the treatment stages existing in water treatment plants. To this end, a didactic sequence was developed, based on a qualitative, scientific methodology, using the CTSA model – Science, Technology, Society and Environment for the case study, with the purpose of preparing students to promote their civic, critical and responsible actions in society. It was developed with students in the 3rd year of High School Integrated with the Chemistry course at the FUNEC school – CENTEC Unit in the city of Contagem – MG. The measurement of these physical and chemical parameters usually requires sophisticated equipment and materials that most high schools do not have. As a way to solve this problem, an easily accessible and usable ALFAKIT environmental education kit was used to measure and quantify these parameters. This procedure can be carried out even in schools that do not have a laboratory, with the aim of making science, particularly Chemistry, more accessible to the school community. In order to achieve the specific objectives proposed, it is essential to assess the learning process after developing the didactic sequence with the students, taking into account their initial ideas before and after the activity, with the aim of measuring which scientific concepts were developed in the teaching and learning process. This assessment was carried out through questionnaires made available to the students, in addition to other resources such as mind maps, practice scripts, written summaries, videos and technical visits. Through the results obtained in our research, we conclude that the CTSA approach and scientific literacy are the most relevant pedagogical actions in the construction of the proposed objectives and that greater dissemination of this methodology is necessary in the training of Chemistry teachers, so that there is the correct contextualization between theory and practice in the development of true scientific knowledge.

Keywords: Scientific literacy; Sustainability; Water analysis; Chemistry teaching

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de abordagem CTSA.....	34
Figura 2 - Resumo do desenvolvimento da alfabetização científica.....	46
Figura 3 - Etapas percorridas na sequência didática.....	71
Figura 4 - Mapa 1 produzido pelos alunos A3, A4, A12 e A17 .....	99
Figura 5 - Mapa 2 produzido pelos alunos A6, A9, A13 e A14 .....	100
Figura 6 - Reação química de formação do íon Diazônio .....	124
Figura 7 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA .....	133
Figura 8 - Participação dos estudantes na FECITEX .....	138
Figura 9 - Participação dos estudantes na FECITEX .....	138
Figura 10 - Mapa mental construído pelo Grupo 1 .....	140
Figura 11 - Mapa mental construído pelo Grupo 3 .....	141
Figura 12 - Mapa mental construído pelo Grupo 2 .....	141
Figura 13 - Mapa Mental construído pelos alunos A3, A4, A12 e A17 .....	142

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estrutura do Questionário .....	88
Tabela 2 - Objetivos das Assertivas do Questionário .....	90
Tabela 3 - Relação entre Categorias e Subcategorias Analisadas .....	92
Tabela 4 - Categorização das Respostas dos Estudantes ao Questionário.....	108
Tabela 5 - Valores dos Parâmetros Medidos para as Amostras de Água Coletadas .....	120
Tabela 6 - Pontuação dos Estudantes no questionário ENEM.....	127
Tabela 7 - Classificação das Águas de acordo com o uso preponderante, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 .....	128
Tabela 8 - Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos Medidos na Pesquisa ..	129
Tabela 9 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e Respectivo Peso .....	131
Tabela 10 - Valores de IQA por Regiões.....	134
Tabela 11 - Questionário Semiestruturado.....	144
Tabela 12 - Relação entre Categorias e Subcategorias Analisadas .....	153

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores da alfabetização científica.....	47
Quadro 2 - Breve resumo do 1º artigo analisado pelo método MAECC® .....	51
Quadro 3 - Breve Resumo do 2º Artigo Analisado pelo Método MAECC® .....	52
Quadro 4 - Breve Resumo do 3º Artigo Analisado pelo Método MAECC® .....	53
Quadro 5 - Breve Resumo do 4º Artigo Analisado pelo Método MAECC® .....	55
Quadro 6 - Breve Resumo do 5º Artigo Analisado pelo Método MAECC® .....	57
Quadro 7 - Breve Resumo do 6º Artigo Analisado pelo Método MAECC® .....	58
Quadro 8 - Breve Resumo do 7º Artigo Analisado pelo Método MAECC® .....	61
Quadro 9 - Breve Resumo do 8º Artigo Analisado pelo Método MAECC® .....	63
Quadro 10 - Indicadores de alfabetização científica.....	72
Quadro 11 - Intervenções Realizadas na Sequência Didática .....	73
Quadro 12 - Informações da Pesquisa.....	78
Quadro 13 - Respostas dos estudantes aos questionários separados em categorias .....	93
Quadro 14 - Ideias Semelhantes nas respostas dos estudantes .....	95
Quadro 15 - Ideias Semelhantes dos Estudantes por Categorias.....	96
Quadro 16 - Questionário Investigativo Sobre Análise de Qualidade da Água .....	106
Quadro 17 - Respostas dos Alunos ao Questionário .....	109
Quadro 18 - Ideias dos Estudantes demonstradas nas sínteses escritas separadas em Categorias.....	154

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

nm/nM nanómetro

pH Potencial hidrogeniônico

Psi Pound force per square inch (libra-força por polegada quadrada)

gg grama

mol número de entidades químicas:  $6,02 \times 10^{23}$  cm<sup>3</sup> centímetro cúbico

mg miligrama

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	<i>Caminhos Percorridos para Construção do Objetivo da Pesquisa</i> 17	
1.2	<i>Temática de Estudo e Questão de Pesquisa Inicial .....</i>	20
1.3	<i>Contextualização do Problema .....</i>	22
1.4	<i>Relevância da Pesquisa .....</i>	23
2	OBJETIVOS.....	26
2.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	26
2.2	<i>Objetivos Específicos .....</i>	26
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	27
3.1	<i>Água – Importância Ambiental e Qualidade .....</i>	27
3.2	<i>Sustentabilidade .....</i>	28
3.3	<i>A importância do Ensino de Ciências na Construção do Conhecimento .....</i>	31
3.4	<i>A Experimentação no Ensino de Química .....</i>	35
3.5	<i>Atividades Experimentais Investigativas .....</i>	38
3.6	<i>Alfabetização Científica.....</i>	40
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	49
4.1	<i>Descrição e Análise dos Estudos.....</i>	49
4.2	<i>Discussão dos Estudos.....</i>	65
5	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	68
5.1	<i>Contexto e os Sujeitos da Pesquisa.....</i>	71
5.2	<i>Detalhamento das Aulas Ministradas Durante a Sequência Didática</i>	

5.3	<b>1º Momento Pedagógico – Problematização Inicial .....</b>	<b>80</b>
5.4	<b>2º Momento Pedagógico – Organização do Conhecimento .....</b>	<b>82</b>
5.5	<b>3º Momento Pedagógico - Aplicação do Conhecimento.....</b>	<b>85</b>
6	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>88</b>
6.1	<b>Instrumento 1 – Concepções Prévias dos Estudantes.....</b>	<b>88</b>
6.2	<b>Instrumento 2 – Construção do Mapa Mental.....</b>	<b>97</b>
6.3	<b>2ª Etapa – ORGANIZAÇÃO E CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO</b>	<b>100</b>
6.3.1	<b>Parte A – Apresentação de Vídeos – Problematização do Tema.</b>	<b>100</b>
6.3.2	<b>Parte B - Visita Técnica à Estação de Tratamento de Água Morro Redondo.....</b>	<b>102</b>
6.3.3	<b>Parte C – Texto sobre a Importância da Preservação dos Mananciais e Escolha dos Locais de Coleta das Amostras de Água .....</b>	<b>103</b>
6.3.4	<b>Parte D – Aula Explicativa sobre a Utilização do Kit de Educação Ambiental ALFAKIT.....</b>	<b>104</b>
6.3.5	<b>Parte E – Visita Monitorada para Coleta das Amostras de Água..</b>	<b>114</b>
6.3.6	<b>Parte F – Medição dos Parâmetros de Qualidade da Água das Amostras Coletadas.....</b>	<b>118</b>
6.3.7	<b>Parte G – Reações Químicas Envolvidas nas Análises de Água Realizadas.....</b>	<b>123</b>
6.3.8	<b>Parte H – Resolução de Questões do ENEM sobre Tratamento de Água .....</b>	<b>126</b>
6.4	<b>3ª ETAPA – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO .....</b>	<b>128</b>
6.4.1	<b>Parte A – Classificação das Amostras de Água Segundo Resolução CONAMA 357 .....</b>	<b>128</b>

<b>6.4.2 Parte B – Participação na FECITEX – Feira Científica e Tecnológica da FUNEC de Contagem .....</b>	<b>137</b>
<b>6.4.3 Parte C – Reconstrução do Mapa Mental .....</b>	<b>139</b>
<b>6.4.4 Parte D – Reaplicação do Questionário Diagnóstico .....</b>	<b>143</b>
<b>6.4.5 Parte E – Síntese escrita sobre o desenvolvimento da pesquisa. ....</b>	<b>150</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>159</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>162</b>
<b>9 ANEXOS .....</b>	<b>171</b>
<b>10 APÊNDICE .....</b>	<b>196</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Caminhos Percorridos para Construção do Objetivo da Pesquisa

Sou integrante de uma família de sete irmãos e, como exemplo de vida cito meu pai que teve em sua história muita luta no sustento da família, por possuir apenas o Ensino Fundamental. Ele me ensina até hoje a importância de lutar pelos sonhos e nunca desistir durante a caminhada pelos desafios. Minha mãe, durante dois anos, foi professora primária de sua comunidade rural, antes de se casar. Mesmo não tendo nenhuma formação adequada para os moldes de hoje para a arte de lecionar, com a pouca instrução que lhe foi dada em um curso bimestral fornecido pela prefeitura da cidade de Bonfim – MG, levou conhecimento a alunos que se dirigiam para a escola descalços e que por vezes não se alimentavam de forma adequada, mas que até hoje, ao reconhecê-la, são gratos e fazem questão de mostrar a importância que aquela educação, dada de forma tão rudimentar, mas de uma maneira tão abnegada e amorosa, fez em suas formações como pessoas. Quando completei quinze anos de idade, trabalhei para o sustento da família, concomitante aos estudos do primeiro ano do Ensino Médio. Meu primeiro emprego foi como auxiliar de escritório e com dezesseis anos, iniciei como funcionário do extinto Banco Real, exercendo a função de escriturário e posteriormente de caixa até minha saída, com vinte e dois anos de idade.

Cursei o Ensino Médio no Colégio Tiradentes da Polícia Militar, vaga que me foi ofertada porque, aliado ao trabalho como bancário, também era atleta de voleibol do Clube dos Oficiais da instituição. A jornada diária começava às sete da manhã e terminava às 22 horas para dar conta de todas as atividades.

Ao terminar o Ensino Médio, não havia a possibilidade de ingressar em uma graduação para qualquer curso superior, mas desejava ser estudante da Universidade Federal de Minas Gerais. Após abandonar o serviço bancário, no final do ano de 1994, realizei o meu sonho de ingressar como estudante de Engenharia de Minas da UFMG. A Engenharia, segundo minha visão, seria a melhor escolha para ascensão social e

cultural. Fiz todo o ciclo básico do ICEX – Instituto de Ciências Exatas, mas fui reprovado nas disciplinas Cálculo I e II e, naquele momento, pude ter a noção da defasagem que minha formação no Ensino Médio representava em minha vida acadêmica inicial, principalmente em matemática. Foi nesse momento, porém, que a química entrou na minha vida.

Impactado e com enorme satisfação em frequentar as aulas de Química Geral, Inorgânica, Orgânica, Físico-Química e Instrumental, tive a certeza de que meu caminho não era como engenheiro. O contato com a matéria e suas transformações também transformou minha forma de enxergar a vida e, então, tive a certeza do que deveria ser: Professor e Químico. Mudei para o curso de Licenciatura em Química e obtive a formação em janeiro de 2000. Durante o curso, pude aprofundar nos estudos específicos e tive a oportunidade de participar das aulas de IQE – Introdução à Química Experimental, que era ministrada pela professora Rosália da Silva Justi, e as aulas de Didática do Ensino de Química, do professor Eduardo Fleury Mortimer, que tiveram uma enorme importância na minha formação profissional.

No mesmo ano, entrei no meu primeiro cargo da Rede Estadual de Ensino na Escola Estadual Padre João Botelho, no bairro das Indústrias, em Belo Horizonte, onde fui criado. Como escola da periferia, obtive o primeiro impacto em perceber a distância que a educação científica, em específico a Química, possui na formação dos estudantes. No ano seguinte, ingressei na escola particular CEMMA – Centro Educacional Maria Madalena Friche Passos, em Brumadinho – MG, onde permaneci por oito anos. Devo muito da minha formação profissional a esta escola, em particular aos ensinamentos da direção e supervisão, participando de formações na área da Química e na área de Educação de forma geral.

Fui nomeado em diversos outros cargos de professor em outras escolas estaduais, dentre elas: Desembargador Rodrigues Campos, Santa Amélia, e Mário Campos, além de trabalhar como professor designado na Escola Estadual Deputado Manoel Costa no bairro Céu Azul, em Belo Horizonte, por dois anos. Todas essas experiências, por se tratarem de escolas de periferia ou da região metropolitana de Belo Horizonte, foram cruciais na visão de uma transformação do Ensino de Química. Os estudantes, em sua grande maioria, tinham realidades diversas e o conhecimento da Química não fazia parte do dia a dia dos mesmos. Grandes dificuldades foram vivenciadas e o desejo de encontrar um caminho para adequar a realidade do Ensino de Química à realidade dos estudantes aumentou de forma significativa. O anseio de

transformar essa realidade, teve nestas experiências, seu início. Eu apenas não encontrei, naqueles momentos, a forma adequada de lidar com a situação. Senti a necessidade de uma formação adicional para solucionar esta grande angústia que se apoderava de. Contudo, a realidade e a necessidade de trabalhar em três turnos, muitas vezes sem o tempo necessário para ao menos me alimentar de forma adequada, me impediram de procurar tal formação tão necessária para atingir os anseios de um profissional de Química carente e angustiado por uma melhoria no ensino.

No ano de 2006, fui nomeado na FUNEC – Fundação de Ensino de Contagem, na unidade CENTEC, local onde estou efetivo até os dias de hoje. Se trata de uma escola pública mantida pela prefeitura de Contagem, mas que conta com diversos cursos técnicos, dentre eles o Curso Técnico de Química que, desde o ano de 1997, oferta vagas para os estudantes do município. A escola conta com estrutura apropriada para o bom funcionamento do curso, com laboratórios para a realização de práticas das disciplinas química orgânica, físico-química, processos industriais, analítica e instrumental. Por se tratar de uma escola municipal, que a priori não recebe recursos governamentais para manter um curso do ensino médio e técnico, a FUNEC obteve no ano de 2009 um convênio firmado entre o CEFET – MG, com intermediação do governo federal e a FUNEC. Esse convênio possibilitou a aquisição de equipamentos, vidrarias e reagentes para a manutenção e funcionamento do curso, bem como foi disponibilizado aos professores da área técnica formação específica em cada área com professores do CEFET – MG. Isso certamente, contribuiu de forma significativa para o crescimento profissional, ao permitir contato com a realidade do curso técnico.

Os estudantes são selecionados através de um exame anual e existe grande procura em todos os cursos ofertados. Esta realidade se contrasta com a realidade vivenciada nas escolas estaduais onde lecionei e evidenciou a diferença entre os estudantes. Na FUNEC, o Ensino Médio é Integrado, no qual os alunos ficam o dia inteiro na escola, criando um vínculo apropriado ao desenvolvimento dos conteúdos, o que facilita a abordagem de maneira diferenciada por todos os professores e, em especial, pelos da área de Química. Essa diferença também foi fator crucial para a visão pessoal da necessidade de uma formação continuada adequada para diminuir as lacunas existentes entre os estudantes das diferentes redes de Ensino. O curso de Química conta com uma excelente aceitação no mercado de trabalho da região

metropolitana de Belo Horizonte, razão pela qual existe grande procura pelos estudantes. Isso se evidencia em grande absorção dos egressos no mercado de trabalho de forma geral e nos estágios ofertados pelas empresas para a formação técnica exigida pelo CRQ – Conselho Regional de Química. No ano de 2015, aconteceu minha nomeação para o segundo cargo na FUNEC - CENTEC como professor de Química Industrial e, a partir desse momento, meu trabalho é exclusivamente na instituição.

## 1.2 Temática de Estudo e Questão de Pesquisa Inicial

A minha experiência como professor por mais de vinte anos em escolas públicas e particulares possibilitou o convívio com diversas realidades e situações e contribuiu, de forma substancial, para a visão pessoal da necessidade de transformação do Ensino de Química em sala de aula. Este anseio parte da preocupação por uma educação efetiva no Ensino de Ciências, em particular ao ensino da Química. O papel do professor em ensinar Ciências de uma forma prazerosa aos estudantes e, ao mesmo tempo significativa em termos de construção de um saber científico, constitui um desafio imenso e precisa ser melhor entendido e estudado na formação dos futuros profissionais. Diversos fatores contribuíram para postergar minha formação continuada, mas por fim, no ano de 2021, houve o ingresso no programa de mestrado profissional em Química em rede nacional – mantido em diversas Universidades nacionais, através da UFV – Universidade Federal de Viçosa. Aliado aos dois cargos no Curso Técnico em Química pela FUNEC, a partir do ingresso no programa, tive a oportunidade de viajar semanalmente até a cidade de Viçosa para as disciplinas oferecidas pelo mestrado.

O cansaço inicial foi intimidador, mas o contato com outros professores da área e os docentes das disciplinas ofertadas no curso foram motivadores para a realização da especialização na área. A contribuição dada por todos, em especial a da professora Aparecida de Fátima Andrade da Silva, de disponibilizar seu tempo e experiência para a realização desta jornada foi crucial na caminhada almejada. Neste contexto, em termos pessoais, a motivação por um ensino de qualidade na área da Química é o objetivo principal para o retorno aos estudos na pós-graduação. Durante mais de vinte anos trabalhando como educador em diversas escolas públicas da região

metropolitana de Belo Horizonte, tive contato com a realidade da sala de aula e a com vontade de modificar o ensino através de práticas motivadoras dentro da escola. Por diversos motivos, dentre eles falta de recurso das escolas e de tempo para preparar aulas dentro de um contexto em que o estudante possa construir seu conhecimento, além da falta de uma formação continuada, veio à tona o tradicionalismo de repassar conceitos da química fora do contexto do cotidiano do estudante, por meio de uma visão fragmentada da ciência. O conhecimento adquirido com novas abordagens pedagógicas, em termos de uma formação diferenciada do docente, aumenta as expectativas para a transformação da realidade do Ensino de Química dentro da sala de aula.

Através das disciplinas lecionadas no Curso Técnico de Química da FUNEC, pude trabalhar com a medição de parâmetros físico-químicos que atestam a qualidade da água na disciplina Processos Industriais. Dentre os parâmetros, medidos estão oxigênio dissolvido, turbidez, alcalinidade, pH, coliformes totais, dureza, condutividade elétrica, dentre outros. Todos esses parâmetros são mensurados através de aparelhos específicos ou reações químicas de titulação volumétrica para sua determinação. Após um debate em sala de aula com estudantes do terceiro ano do curso, surgiu a seguinte indagação: Existe a possibilidade de realizar essas medições tão importantes para se determinar a qualidade da água que consumimos, sem utilizar tais aparatos e de forma a levar esse conhecimento para outros estudantes que não possuam formação técnica? Além disso, como trazer assuntos ligados à educação ambiental e sustentabilidade, de forma a despertar o interesse dos estudantes e, ao mesmo tempo, contextualizar de forma construtiva e significativa o ensino e a aprendizagem de conceitos químicos? Esta situação evidenciou o anseio antigo por uma educação transformadora. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi o de levar a química para a sala de aula de uma forma contextualizada, em que o estudante possa enxergar a ciência como importante e integrada ao seu cotidiano, utilizando recursos passíveis de serem aplicados em qualquer escola e tendo como resultado a possibilidade de uma educação científica adequada à realidade social, com o poder de transformação e motivação, além de aliar, através da atividade, a contextualização dos conceitos químicos relativos a tais medições.

### 1.3 Contextualização do Problema

O tema geral acerca da água e de medição dos parâmetros de sua qualidade, de forma a ser utilizada em todas as escolas para uma educação inclusiva, que vise desenvolver nos estudantes habilidades que permitam dominar a linguagem da ciência e fazer dela um instrumento de interpretação e significação do mundo, foi a ideia inicial para a pesquisa. Surgiu então a questão: Como realizar tal tarefa e quais referenciais teóricos deveriam ser utilizados?

A análise da qualidade de água para consumo humano é um importante tema abordado em Cursos Técnicos em Química e os parâmetros que atestam a sua qualidade para consumo são ditados pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde (2011). Nessa portaria, encontram-se as definições e as exigências aplicáveis aos órgãos públicos responsáveis para se atestar a qualidade da água analisada, bem como as classificações em relação aos tipos de água e como devem ser utilizadas para o consumo ou utilização pela população.

A água tratada é definida como aquela que é submetida a processos físicos, químicos ou a combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade definido pelo Ministério da Saúde (2011), sendo então classificada como água de abastecimento após o tratamento. O tratamento da água de abastecimento nas estações de tratamento de água (ETA), segue via de regra, o modo convencional, que consiste em coagulação e floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação.

A utilização de atividades práticas e análises específicas em laboratório no Ensino de Química mostra-se importante no processo de ensino e aprendizagem da disciplina. Entretanto, observa-se uma dificuldade inerente à formação dos docentes em desenvolvê-las, no sentido de construir o conhecimento científico em sala de aula com os estudantes alinhado aos parâmetros educacionais atuais.

Esta construção da alfabetização científica utiliza-se de pilares que norteiam sua utilização em sala de aula, a partir de princípios pedagógicos como a contextualização e a interdisciplinaridade do conhecimento, assim como o desenvolvimento da alfabetização científica com vistas a formar estudantes críticos, responsáveis e ativamente participativos em suas comunidades, desenvolvendo assim a cidadania.

É de suma importância que os materiais instrucionais utilizados pelos docentes

sejam adequados à construção de um conhecimento científico seguindo uma proposta construtivista, com vistas à formação crítica do estudante, bem como à tomada de consciência da responsabilidade pela própria aprendizagem pelo aluno. O Curso Técnico em Química também deve seguir esta realidade, pois é norteado pelos mesmos parâmetros do Ensino Regular. O presente trabalho não se aplica a construir um material instrucional alternativo para a realização do objetivo de pesquisa, mas sim a, por meio de princípios do ensino por investigação, como a utilização de uma situação problema, propor a construção com os estudantes das etapas a serem desenvolvidas na resolução das atividades, conduzindo uma inspeção dos resultados obtidos por meio de instrumentos avaliativos, com o objetivo de verificar a aprendizagem desenvolvida e o conhecimento adquirido.

Aliada a tais questões, é fundamental que, após o desenvolvimento da sequência didática com os estudantes, seja feita uma avaliação do processo de aprendizagem, levando-se em consideração as ideias iniciais dos mesmos antes e depois da sua realização, com o objetivo de mensurar quais os conceitos científicos foram desenvolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

Essa avaliação foi realizada através de questionários disponibilizados aos estudantes, além de outros recursos, como mapas conceituais, roteiros de práticas, sínteses escritas, vídeos e visitas técnicas.

## 1.4 Relevância da Pesquisa

Para atingirmos os objetivos iniciais, é relevante utilizar uma sequência didática investigativa, contextualizada, interdisciplinar e adequada para que a teoria esteja lado a lado com a prática para abordar conceitos químicos. Neste contexto, é importante também encorajar e orientar os estudantes para avaliarem a credibilidade das informações que lhes são apresentadas, no sentido de desenvolver também o pensamento crítico. Tudo isso possibilita ao estudante tomar decisões sobre o tema proposto, levando-o a resolver o problema de forma não superficial.

Neste sentido, segundo o trabalho desenvolvido por Briccia (2013), o estudante não apenas “faz ciência”, mas também aprende “sobre ciências”, não apenas pela argumentação e pela razão, mas com a discussão e emissão de juízo de valor aos conteúdos estudados, passando a compreender os fenômenos do mundo natural, de

maneira que o torne capaz de fazer uma leitura de mundo mais consciente (Briccia, 2013)

A Ciência tem o papel fundamental de estar aliada ao contexto social do estudante para que o conhecimento possua um significado relevante e estimule a tomada de decisões, fazendo com isso que se cumpra seu objetivo de formar cidadãos aptos para viver em sociedade. Assim, é fundamental que o professor demonstre que não é utilizando-se de fórmulas, roteiros e conceitos pré-estabelecidos, sem nenhuma forma de contextualização, que o processo de ensino e aprendizagem pode ocorrer em sala de aula.

A Base Nacional Comum Curricular - BNCC (Brasil, 2018) e os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ (Brasil, 2002) na área de química para o Ensino Médio nos mostra que:

*[...] é necessário promover para os estudantes o desenvolvimento de habilidades e competências para que possam compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação na sociedade e aplicar esse conhecimento para explicar o funcionamento do mundo natural, planejar, executar e avaliar ações de intervenção na realidade natural (Brasil, 2018, p. 20).*

Neste sentido, é importante também atentar para a Agenda 2030 da ONU, a qual propõe um plano de desenvolvimento sustentável, permeando as seguintes dimensões: sociedade, ambiente e economia. O conhecimento científico está muito presente no plano de desenvolvimento sustentável da ONU, o que evidencia a importância do desenvolvimento da alfabetização científica para toda a população, assim como a necessidade de desenvolvermos uma abordagem de ensino com orientação CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), para que possamos estabelecer importantes relações entre a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente, com vistas a promover os objetivos do desenvolvimento sustentável a partir da formação de cidadãos críticos e responsáveis.

Assim, o desenvolvimento da alfabetização científica a partir da utilização de uma sequência didática investigativa com o tema Água, com vistas a promover a

compreensão de conhecimentos químicos relevantes para a sua formação técnica, bem como a sua formação como cidadão crítico e a análise da importância social do tema proposto para o desenvolvimento sustentável possui relevância pedagógica.

Diante desse contexto, a questão de pesquisa escolhida é: Como promover o desenvolvimento da alfabetização científica a partir de conceitos químicos relacionados a temática água e a sustentabilidade?

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Investigar o desenvolvimento da alfabetização científica a partir do estudo do tratamento da água de abastecimento e as análises físico-químicas que atestam sua qualidade, a partir de uma perspectiva de ensino CTSA proposta por Acevedo *et al.* (2003), estabelecendo relações entre a Química e a sustentabilidade.

### 2.2 Objetivos Específicos

- a) Desenvolver a alfabetização científica a partir da aplicação de uma sequência didática com abordagem CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, segundo Acevedo *et al.* (2003), bem como a metodologia de Ensino de Ciências de Delizoicov *et al.* (2009), baseada nas etapas de tratamento da água de abastecimento e a relação com as análises físico-químicas dos parâmetros de qualidade;
- b) Promover importantes reflexões com vistas a desenvolver novos hábitos de consumo e utilização da água;
- c) Problematizar a qualidade da água de abastecimento em Contagem – MG;
- d) Investigar concepções acerca dos conceitos químicos construídos pelos estudantes ao longo do desenvolvimento da sequência didática.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Água – Importância Ambiental e Qualidade

Uma definição menos criteriosa da palavra “água” nos remete a significados relacionados a uma variedade de soluções aquosas, como por exemplo águas marinhas, água superficiais, água pluvial, água subterrânea, águas para abastecimento, água potável, dentre outras. Quando um químico pronuncia a palavra “água”, ele está considerando-a como uma substância pura. Contudo, é notório que a água em questão não existe em fontes minerais, não corresponde à água do mar e nem mesmo a água deionizada.

Dentro deste contexto, a água distribuída pelas estações de tratamento deve ser adequada para o consumo humano, mas não se trata de água pura, pois contém sais minerais que são essenciais ao organismo e possui influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano (Mortimer 2018).

Este importante recurso está cada vez mais escasso e sua utilização por vezes necessita ser racionalizada. Segundo estudo de Clarke e King (2005), devido a esse fator, em um futuro próximo, a expectativa de vida humana diminuirá drasticamente e infecções gastrointestinais, enfermidades de pele e das vias urinárias serão as principais causas de morte, todas resultantes da falta de hidratação ou utilização do recurso sem a devida purificação. Despertar nos estudantes o entendimento sobre a importância do uso racional da água e a preservação dos mananciais é fundamental para garantir aos nossos descendentes um futuro em que o recurso ainda exista, de forma garantir a qualidade de vida. Esta construção deve fazer parte de uma discussão mais abrangente por toda a sociedade. A escola e em particular a ciência tem papel fundamental nessa tarefa.

Em termos de tratamento da água para utilização pela população, é necessário conhecermos, a princípio, a classificação dos tipos de água existentes para uma posterior destinação do recurso. A Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) constitui uma portaria do Ministério da Saúde que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, entre outras providências.

As classificações das águas são feitas de acordo com a natureza ou conforme o destino (uso principal). Pela sua natureza, encontra-se as classes brutas, tratadas ou residuárias, superficiais, subterrâneas, estuarinas, costeiras e marinhas. A classificação pelo uso principal se dá em nove classes assim divididas: águas doces (classe especial, classes 1, 2, 3, 3) salinas (classes 5 e 6) e salobras (classes 7 e 8).

Em termos de utilização humana, focaremos nossa atenção nas águas classificadas como doce e os parâmetros físico-químicos exigidos pela legislação que atestam sua qualidade em termos das especificações relacionadas, segundo as especificações CONAMA 357 (Brasil, 2005).

As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros de qualidade previstos na Portaria 2914 do Ministério da Saúde (2011) devem atender normas internacionais de qualidade, como a Standard Methods of Chemical Analysis (1975). Os parâmetros exigidos como referenciais de qualidade estão no anexo XIII da Portaria 2914 do Ministério da Saúde (2011) e são: cor, turbidez, potencial hidrogeniônico, fluoreto, gosto, odor e coliformes totais. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. As análises físico-químicas exigidas pela legislação para se atestar a qualidade da água de abastecimento devem fazer parte da ementa curricular de um Curso Técnico em Química para a adequada formação do estudante e a sua correta inserção no mundo do trabalho, mas devem também, segundo uma abordagem construtivista do Ensino de Ciências, fazer parte do conteúdo curricular de todas as escolas, devido à sua importância social, dentre outros fatores.

### 3.2 Sustentabilidade

A Organização das Nações Unidas (ONU), através do relatório Brundland (1987), forneceu uma definição clássica de sustentabilidade como o “desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas necessidades e aspirações” (Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1988, p. 46).

Uma visão mais integradora, levando em consideração não somente os seres

humanos, mas todos os seres vivos, foi formulada por Boff (2012):

*Sustentabilidade é toda ação destinada a manter as condições energéticas, informacionais, físico químicas que sustentam todos os seres, especialmente a Terra Viva, a comunidade de vida e a vida humana, visando a sua continuidade e ainda a atender as necessidades da geração presente e das futuras de tal forma que o capital natural seja mantido e enriquecido em sua capacidade de regeneração, reprodução e coevolução (p. 200).*

A última definição enfatiza a importância da integração social, em que os excluídos fazem parte da sociedade sustentável com os mesmos direitos e deveres, sem depender da aceitação dessa mesma sociedade que já os excluiu. Contudo, todas as definições possíveis sobre o tema nos levam a uma constatação inadiável: a de que o desafio de crescimento sustentável nos leva a superar ou ao menos repensar o antropocentrismo. A forma de atuação do homem no meio ambiente já tem evidenciado de maneira incontestável os malefícios que essa prática ocasiona, citando como exemplo o estudo de Clarke e King (2005), já mencionado, sobre o tema água. Essa superação é necessária e parte de uma lógica multidimensional e não unicamente político-econômica, mesmo que estas esferas tenham enorme relevância.

Em 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas (AGNU) definiu metas mundiais chamadas de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para o crescimento sustentável de nossa sociedade, partindo de quatro dimensões: social, ambiental, econômica e institucional. A partir dessas dimensões, definiu dezessete objetivos e cento e sessenta e nove metas globais interconectadas a serem atingidas até o ano de 2030 – conhecidas como Agenda 2030.

As ações dependem dos governantes mundiais e grandes empresas globais para o cumprimento das metas, principalmente nas áreas de erradicação da pobreza e segurança alimentar, mas também recomendam ações mais específicas que envolvem comunidades de qualquer local do planeta, com o objetivo de integrar as responsabilidades de todos em prol do bem comum.

No que tange o objetivo deste trabalho, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 6 é o foco a ser trabalhado, sendo ele “Água Limpa e

Saneamento”. Abaixo, estão relacionadas as metas a serem cumpridas de acordo com a Agenda 2030 até o ano de 2030, de forma a garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos:

*Meta 1 - Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos.*

*Meta 2 - Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade.*

*Meta 3 - Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.*

*Meta 4 - Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.*

*Meta 5 - Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado*  
*Meta 6 - Até 2030, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.*

*Meta 7 - Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso.*

*Meta 8 - Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais para melhorar a gestão da água e do saneamento (ONU, 2015).*

A água exerce um papel indispensável à sobrevivência e ao desenvolvimento da vida e é considerada um recurso natural renovável, mas sua potabilidade, devido

principalmente à ação humana, está cada vez mais escassa. Todas as metas estabelecidas pela Agenda 2030 têm por objetivo garantir que as futuras gerações usufrua, deste recurso imprescindível à manutenção de toda a vida na terra. Os desafios a serem alcançados pelas metas estabelecidas não podem ficar restritos somente às entidades públicas e o cumprimento de tais objetivos é crucial para o desenvolvimento sustentável de nossa sociedade. A educação, em específico a educação científica, tem papel fundamental neste processo, na medida em que promove a conscientização dos estudantes nas escolas e, como consequência direta, sua replicação na sociedade.

### 3.3 A importância do Ensino de Ciências na Construção do Conhecimento

É fundamental que os conhecimentos técnicos em relação aos parâmetros de qualidade da água sejam abordados de forma adequada, em termos de apresentarem uma visão não fragmentada das atividades práticas, tornando o estudante participante ativo do processo de ensino e aprendizagem.

O professor em sala de aula possui papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem de qualquer disciplina. Segundo Zoller (1993), este deveria ter conhecimentos que lhe permitissem propor atividades de ensino que promovessem o desenvolvimento de habilidades cognitivas, possibilitando aos estudantes resolver problemas com autonomia e exercer plenamente sua cidadania, de forma consciente, valorizando o conhecimento. Entretanto, Porlán e seus colaboradores (Porlán, 1993; Martín del Pozo, 1995; Porlán *et al.*, 1997, 1998) nos mostram que o docente, ao planejar suas aulas, tem dificuldades em tratar de temas relacionados ao cotidiano e o fazer científico, podendo citar, segundo os autores:

- *Falta de protagonismo dos docentes em se trabalhar com projetos inovadores e a escassa comunicação entre os meios acadêmicos e escolares (Harres, Woffenbuttel e Delord, 2013);*
- *Os docentes não estão acostumados à inovação e existe uma dificuldade para reproduzi-la em sala de aula;*

- *Dificuldade encontrada pelos docentes em participar de grupos coletivos, por não fazer parte da rotina escolar;*
- *Currículo extenso a ser implementado e com pouco espaço para inovações. (Porlán et al., 1997).*

Neste contexto, a prática pedagógica no Ensino de Química desenvolvida pelos professores precisa ser repensada para desenvolver competências e habilidades que favoreçam a construção do conhecimento científico, permitindo aos estudantes a participação efetiva na sociedade como cidadãos plenos.

Em uma perspectiva de ensino de Ciências, utilizando um modelo didático baseado na investigação em sala de aula, Porlán *et al.* (1997) propõem um modelo didático investigativo, com vistas a promover o desenvolvimento profissional do professor, além de favorecer o desenvolvimento dos estudantes, apresentando os seguintes argumentos teóricos:

- a) Perspectiva construtivista, mostrando que estudantes e docentes possuem concepções científicas bastante particulares e importantes para interpretar os fenômenos, mas há barreiras que dificultam a utilização de diferentes olhares e ações;
- b) Perspectiva sistêmica, em que as concepções dos estudantes e docentes são consideradas como ideias em constante evolução;
- c) Perspectiva crítica, que demonstra que as ideias e as condutas das pessoas não são neutras, possuindo uma gradação de complexidade no processo de ensino e aprendizagem.

Além disso, é importante e necessário o desenvolvimento da alfabetização científica para promover a formação de cidadãos críticos, tal como já foi apontado na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira, de 1996, que está em consonância com os diversos objetivos do plano de desenvolvimento sustentável da ONU (ONU, 2015). Segundo Carvalho *et al.* (1999), o ensino por investigação é fundamental para a construção do conhecimento científico, promovendo o caráter investigativo do aluno através da resolução de problemas e levando-o também a interpretar informações, analisar dados apresentados pelo professor de maneira crítica e, assim, elaborar hipóteses de forma a promover habilidades cognitivas inseridas dentro da

proposta de construção do conhecimento científico. Ainda segundo os autores, tais habilidades são consideradas de alta ordem e os relatos, discussões, ponderações e explicações na resolução da situação problema pela experimentação são processos típicos de uma investigação científica.

A contextualização do conhecimento científico também aparece no movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), de caráter também inovador em relação a práticas de ensino tradicionais, com a perspectiva de compreender melhor a ciência e a tecnologia no seu contexto social (Acevedo *et al.*, 2003). Segundo o autor, este importante instrumento pedagógico pode ser melhor compreendido no contexto educacional científico, dentre outras características, da seguinte forma:

*Mas, o que devemos entender por alfabetização científica-tecnológica? Dentro desta sofisticada expressão, podemos seguir diversos caminhos que se traduzem em diferentes formas de enfrentar as necessidades e carências sociais originadas pelo rápido avanço da ciência e tecnologia. Neste sentido, Waks (1986) afirma que esta expressão serviu para aglutinar diferentes grupos de opinião dispostos a promover seus objetivos específicos e às vezes contraditórios entre si na política educacional. O que se tem em comum em todas estas propostas é a crença, muito abrangente e inicialmente não exclusiva do enfoque CTS, de que é por meio da educação formal que se deve tratar estas questões (Gomez e Herbaig, 1990).” (Acevedo, 1996, p. 39, tradução nossa).*

O desenvolvimento do conhecimento científico aliado a questões da sociedade se tornou fundamental na prática pedagógica do professor de Ciências. Segundo Lemos (2013), o canadense Glen Aikenhead foi um dos pioneiros ao aliar questões ambientais ao movimento CTS. Segundo o autor, é um avanço abordar a mudança do movimento de CTS para CTSA no contexto da alfabetização científica. Tal ideia pode ser melhor compreendida através do trecho abaixo, que também enfatiza a importância do tema no Ensino Técnico:

*Segundo a legislação, o Ensino Técnico de Nível Médio deve propiciar ao educando a integração da formação do cidadão-trabalhador com a realidade do mundo do trabalho contemporâneo, dotando-o de instrumentos para atuar na sociedade de*

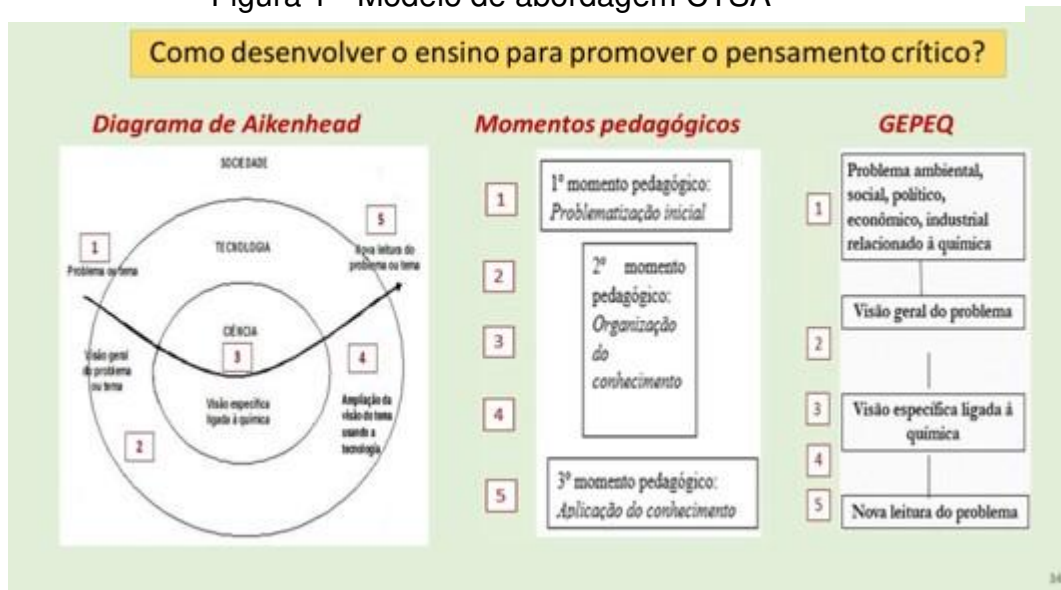
*forma autônoma e crítica, consciente dos princípios éticos do cidadão. Com isso, tornam-se pertinentes as discussões relacionadas com as questões ambientais envolvidas na formação profissional (Lemos, 2013, p. 3).*

Outro importante tópico abordado por Lemos (2013) é o papel fundamental do professor na construção da alfabetização científica na abordagem CTSA:

*Ressalto que o objetivo central da educação de CTSA, no ensino, é desenvolver a Alfabetização Científica e Tecnológica dos cidadãos, auxiliando o discente a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões, assim como é preconizado na EA (Educação Ambiental) tais competências. Vale frisar que a cidadania está amplamente relacionada a fazer EA (Lemos, 2013, p. 3).*

A abordagem CTSA mostra também um rompimento com a visão neutra e salvacionista da ciência e nega o determinismo da tecnologia para o futuro da ciência e da sociedade (Auler, 2002). O diagrama abaixo mostra como o professor deve intervir em sala de aula, utilizando uma abordagem CTSA a partir de uma situação problema que se utiliza de conceitos químicos para sua correta interpretação.

Figura 1 - Modelo de abordagem CTSA



Fonte: Silva e Marcondes (2015, p. 68).

O diagrama revela que as áreas de conhecimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente devem ser tratadas de forma contextualizadas e integradas, com a possibilidade de promover uma análise sobre as dimensões sociais, políticas, econômicas e industriais do tema trabalhado. No modelo esquematizado na figura 1, há um detalhamento de análise das partes das unidades didáticas a serem apresentados pelo professor, conforme apresentado a seguir:

- 1- Situação problema: Identificada pelo título dado à unidade didática em termos de problematização inicial;
- 2- Visão geral do problema: parte do instrumento que permitiu a análise das informações que explicitaram o tema ou problema abordado e as relações com aspectos das áreas CTSA que a unidade trouxe em sua estrutura;
- 3- Conhecimento específico da Química: procura-se verificar se o conhecimento da Química tratado na unidade do professor relaciona-se com o problema e o grau de intensidade desta relação;
- 4- Nova leitura do problema: é feita uma análise sobre se a unidade didática retoma alguma discussão sobre o problema ou não e de que forma a situação ampliou o entendimento sobre o assunto em termos de uma visão crítica sobre a questão analisada.

Segundo Aikenhead (2003), a educação científica CTSA ganhou importância com a insatisfação de professores em considerar a formação exclusiva de futuros cientistas, sendo, portanto, necessária uma educação científica para a formação de cidadãos conscientes e críticos.

### 3.4 A Experimentação no Ensino de Química

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN +) para o Ensino Médio (Brasil, 2002), a Química tem fundamental importância na interpretação do mundo físico e da ação responsável no mundo real e requer o uso constante de modelos elaborados para a explicação de fenômenos. Portanto, deve ser estruturada sobre o tripé transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos

explicativos. Dentro dessa perspectiva, a abordagem metodológica que apresenta relevância para atingir os objetivos propostos é a experimentação:

*No âmbito da área da Educação Química, são muitas as experiências conhecidas nas quais as abordagens dos conteúdos químicos, extrapolando a visão restrita desses, priorizam o estabelecimento de articulações dinâmicas entre teoria e prática, pela contextualização de conhecimentos em atividades diversificadas que enfatizam a construção coletiva de significados aos conceitos, em detrimento da mera transmissão repetitiva de "verdades" prontas e isoladas (Brasil, 2002, p. 32).*

No processo de ensino e aprendizagem na área de Ciências, Pozo e Crespo (2009) enfatizam que concepções metodológicas alternativas a serem utilizadas pelo professor como prática pedagógica são por vezes negligenciadas, se limitando a ensinar conceitos e não dando oportunidade ao estudante de criar uma mudança de atitude em relação à ciência.

Ainda segundo Pozo e Crespo (2009), é papel do professor no desenvolvimento da prática pedagógica para a construção do saber científico:

- *Propiciar um ambiente encorajador para envolver os estudantes;*
- *Propor problemas investigativos que não se limitem a situar o aluno como expectador de aulas;*
- *Disponibilizar tempo e espaço para argumentação sobre os fenômenos estudados, reflexão sobre suas afirmações, construção de conclusões, troca de experiência no grupo, possibilidade de trabalhar com posições contrárias até chegar a evolução dos conceitos envolvidos no fenômeno, possibilidade de resolver situações problema de forma não superficial (Pozo e Crespo, p. 89, 2009).*

Hofstein e Lunetta (1982) nos mostram que as atividades laboratoriais contribuem na melhoria do desempenho dos estudantes, mas desde que sejam por meio da problematização e não como trabalhos rotineiros, sem conteúdo ou carentes de aspectos científicos da Ciência. Essas atividades devem ser concebidas para propiciar o interesse pela ciência nos estudantes, gerando impacto social neste processo. Segundo Hofstein e Manlok-Naama (2007), as aulas experimentais

possuem papel fundamental na melhoria do desempenho dos estudantes, dando-lhes a possibilidade de manipular materiais e equipamentos em laboratório e possibilitando dessa forma a construção do conhecimento a partir dos fenômenos estudados, visto que há oportunidade para observar as evidências, confrontar os dados obtidos e adquirir o conhecimento das ciências.

Hosftein (2004) considera a importância da formação do professor para a realização de atividades experimentais de maneira a proporcionar ao estudante a execução dos experimentos de forma a refletir sobre os dados obtidos e no processo de investigação sobre o tema de estudo. Tais características auxiliam no entendimento de conceitos e na aprendizagem científica significativa.

Hodson (1994) considera necessário para a construção de atividades científicas oferecer aos estudantes oportunidades para explorar suas capacidades de compreender e avaliar seus próprios modelos e teorias relativas à ciência, propondo estímulos que devem estar presentes no material:

- a) Identificar as ideias e pontos de vista dos estudantes;*
- b) Elaborar experimentos para explorar essas ideias;*
- c) Proporcionar incentivos para os estudantes desenvolverem seus pontos de vista;*
- d) Apoiar as tentativas dos estudantes de repensar e reformular as suas ideias e pontos de vista (Hodson, p. 87, 1994 tradução nossa).*

Neste contexto, Hodson (1994) aponta cinco categorias sobre as razões utilizadas pelos professores para evidenciar a importância de atividades práticas:

- 1. Para motivar, procurando estimular o interesse;*
- 2. Para ensinar técnicas de laboratório;*
- 3. Para melhorar a aprendizagem do conhecimento científico;*
- 4. Para fornecer uma ideia sobre o método científico e desenvolver a habilidade em seu uso;*

5. *Para desenvolver certas “atitudes científicas”, tais como considerar as ideias e sugestões dos outros, objetividade e disposição para não fazer pré-julgamentos (Hodson, p. 25, 1994, tradução nossa).*

A importância da atividade investigativa se mostra, portanto, fundamental no processo de alfabetização científica. Segundo Brito e Fireman (2016):

*Tal prática pedagógica leva o aluno não apenas a “fazer ciência”, mas também aprender “sobre ciências”, aprender conceitos pela argumentação e não apenas pela razão, aprender a discutir e a emitir juízo de valor aos conteúdos estudados, passando a compreender os fenômenos do mundo natural de maneira que se torna capaz de fazer uma leitura de mundo mais consciente, tornando-se alfabetizado cientificamente (Brito e Fireman, 2016, p.129)*

### 3.5 Atividades Experimentais Investigativas

Levando em consideração as atividades de laboratório como práticas investigativas, Gil-Perez e Valdés-Castro (1996) defendem a aproximação entre as práticas de laboratório e as atividades desenvolvidas pelos cientistas, deixando de ser exclusivamente experimentais e abordando outros aspectos do conhecimento científico, assim relacionados:

- a) *Apresentar situações problemas abertas de acordo com o nível dos estudantes para que os mesmos possam tomar decisões sobre o assunto.*
- b) *Favorecer temas contextualizados e próximos da realidade social dos estudantes, estimulando o interesse sobre o assunto.*
- c) *Dar ênfase a análise qualitativa para uma compreensão que restrinja até certo ponto a questão levantada, como forma de valorizar os conhecimentos até então disponíveis.*
- d) *Planejar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica.*
- e) *Apresentar análise detalhada dos resultados*

- f) *Planejar possíveis perspectivas de replanejamento de estudo, para outro nível de complexidade.*
- g) *Dar total importância ao desenvolvimento de projetos e planejamento de atividades experimentais pelos alunos.*
- h) *Planejar as considerações de possíveis perspectivas (replanejamento de estudo a outro nível de complexidade, problemas derivados) e contemplar, em particular, as implicações CTS do estudo realizado (possíveis aplicações, repercussões negativas) (Gil-Pérez e Valdés-Castro, p. 23, 1996, Tradução nossa).*

No estudo, os autores fazem uma crítica à prática de laboratório sem nenhuma contextualização, uma vez que o processo de investigação científica é muito mais abrangente de que uma mera atividade experimental. Eles ainda consideram que “[...] uma prática de laboratório que pretenda aproximar-se de uma investigação deve deixar de ser um trabalho exclusivamente experimental e integrar muitos outros aspectos da atividade científica igualmente essenciais” (Gil-Pérez e Valdés-Castro, 1996, p. 156).

Fica evidente, portanto, a dificuldade em se implementar tal proposta no ensino de Ciências em escolas públicas, apesar dos esforços de melhoria do sistema educacional em nosso país. Em termos de atividades experimentais, levando em consideração as interações discursivas, Delizoicov *et al.* (2002) propõem uma dinâmica de atuação do docente para utilizar a problematização como estratégia de ensino e aprendizagem, com uma adequada interação entre os estudantes e os docentes, segundo os seguintes critérios:

- a) **Problematização inicial** – Tem como objetivo, ao apresentar um novo problema aos estudantes por meio de texto, reportagens e vídeos, motivá-los e envolvê-los no estudo, buscando também saber suas concepções prévias sobre o tema e sobre os conceitos químicos envolvidos a partir, por exemplo, de questionários, bem como mostrar que eles precisam buscar outras informações sobre o tema e sistematizar o conhecimento científico.
- b) **Organização do conhecimento** – Os conhecimentos científicos necessários para o entendimento do problema são estudados pelos alunos com a orientação do professor, em atividades experimentais investigativas por exemplo. Neste momento, o docente promoverá discussões acerca dos

conceitos químicos envolvidos no problema e estudados na atividade experimental e, em seguida, sistematizará todo o conhecimento para explicar o conteúdo envolvido, elaborando também conclusões conjuntamente com os alunos. Além disso, diferentes habilidades do pensamento poderão ser desenvolvidas.

- c) Aplicação do conhecimento – nesse momento, o conteúdo conceitual é utilizado para reinterpretar as questões problematizadoras iniciais. Além disso, novas questões podem ser apresentadas aos alunos para favorecer a aplicação do conhecimento estudado. Importante observar que o professor atuará como problematizador, mediador e organizador.

A implementação das atividades experimentais investigativas conforme o modelo apresentado na pesquisa exige uma mudança na postura tradicional do professor e do estudante. Fica claro a importância da formação do professor, levando em consideração a prática pedagógica a ser implementada. Carvalho e Gil Perez (2003) consideram o professor como peça fundamental em qualquer processo de mudança em sala de aula. Segundo os autores, se não houver uma vontade deliberada de aceitação e aplicação de novas propostas de Ensino, nenhuma mudança educativa formal poderá ser efetivada com sucesso.

### 3.6 Alfabetização Científica

Inicialmente, é necessário definir o termo alfabetização científica. Segundo a revisão bibliográfica sobre o tema realizada por Sasseron e Carvalho (2011), podemos destacar algumas definições. O primeiro passo seria a definição do termo “alfabetização”. O trecho transcrito traz a ideia segundo Paulo Freire (1980).

*[...] 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 (p.111).*

Para uma definição de alfabetização científica, utilizo a definição proposta por Sasseron e Carvalho (2011):

*No entanto, usaremos o termo “alfabetização científica” para designar as ideias que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modifica-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (Sasseron e Carvalho, 2011, p. 61).*

Uma outra definição sobre o tema é transcrita abaixo, através do estudo de Sasseron e Carvalho (2011) no qual afirmam que para uma pessoa ser considerada alfabetizada cientificamente, ela

*deve ter conhecimento das relações entre Ciência e Sociedade; saber sobre ética que monitora o cientista; conhecer a natureza da ciência; diferenciar Ciência e Tecnologia; possuir conhecimento sobre conceitos básicos das ciências; e, por fim, perceber e entender as relações entre as ciências e as humanidades (Sasseron e Carvalho 2011, p. 62).*

O estudo bibliográfico de Sasseron e Carvalho (2011) aponta que a alfabetização científica apresenta três dimensões: “O entendimento da natureza da ciência; a compreensão de termos e conceitos chave das ciências; e, o entendimento dos impactos das ciências e suas tecnologias” (Sasseron e Carvalho 2011, p. 63).

Destaca-se também a relevância do currículo de Ciências no século passado, que em sua maioria tinha o propósito de formar indivíduos especializados em suas funções, fossem esses cientistas ou técnicos.

O ensino de Ciências objetivava, pois, a produção cada vez maior de novos conhecimentos sobre o mundo natural e a criação de novas tecnologias. Contudo, tendo em vista que o ensino de Ciências tomou a dimensão de aulas de transmissão dogmática de conceitos e teorias, pouco ou nenhum espaço foi oferecido para discussões que permitissem entender como a ciência e seus significados são

construídos (Sasseron e Carvalho 2011, p. 64).

Fazendo um recorte aos dias atuais, houve uma aproximação do currículo com a abordagem CTSA, devido ao incremento de pesquisas científicas com um caráter social e envolvendo especialistas de diversas áreas do conhecimento, levando também em conta características culturais do indivíduo, conforme afirmam Bybee e DeBoer:

*O currículo de ciências deve ser relevante para a vida de todos os estudantes, e não só para aqueles que pretendem seguir carreiras científicas, e os métodos de instrução devem demonstrar cuidados para a diversidade de habilidades e interesses dos estudantes (1994, p. 376).*

Estas ideias reforçam a complexidade de implementação da alfabetização científica em sala de aula, principalmente devido à dificuldade de universalização de um modelo para a execução prática, pois o contexto sociocultural do estudante dificulta uma padronização, devido à sua diversidade. Fica evidente também que o Ensino de Ciências, ao distanciar-se do foco no ensino de conceitos e métodos, aumenta a importância sobre a natureza das Ciências e suas implicações mútuas com a sociedade e o ambiente.

Como forma de aprofundar as habilidades necessárias ao estudante para alcançar a alfabetização científica, transcrevemos as ideias trabalhadas por Gérard Fourez (1994), trazidas por Sasseron e Carvalho (2011):

Uma pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente:

- a) Utiliza os conceitos científicos, é capaz de integrar valores e sabe fazer por tomar decisões responsáveis no dia a dia.
- b) Compreende que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.
- c) Compreende que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede.
- d) Reconhece também os limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano.
- e) Conhece os princípios, conceitos, hipóteses e teorias e é capaz de aplicá-los.
- f) Aprecia as ciências e as tecnologias pela estimulação intelectual que as suscitam.
- g) Compreende que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos.
- h) Faz distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal.
- i) Reconhece a origem da ciência e compreende que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados.

- j) Compreende as aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações.
- k) Possui suficientes saberes e experiências para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico.
- l) Extrai da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante.
- m) Conhece as fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorre a elas quando diante de situações de tomada de decisões.
- n) Compreende a maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história (Sasseron e Carvalho, p. 26, 2011).

O presente trabalho utilizou das ideias desenvolvidas acima por Fourez (1994) para desenvolver a alfabetização científica em sala de aula. Dentre todas as ideias apresentadas e de acordo com os resultados apresentados pelos estudantes neste processo, penso que os tópicos abaixo foram melhor desenvolvidos para alcançar o objetivo maior, que é a verdadeira construção da alfabetização científica:

- a) Utiliza os conceitos científicos, é capaz de integrar valores e sabe fazer por tomar decisões responsáveis no dia a dia.
- b) Compreende que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.
- c) Conhece os princípios conceitos, hipótese e teorias e é capaz de aplica-los.
- d) Compreende que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos.
- e) Faz distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal.

Na segunda etapa da pesquisa, na fase de Organização e Construção do Conhecimento, teceremos mais detalhes sobre as evidências que justificam as afirmações destacadas acima, mostrando os diálogos apresentados na construção do conhecimento científico.

A inserção da alfabetização científica nas escolas está longe de ser implementada como prática pedagógica corriqueira por professores da área de Ciências. Prova disso são as diferentes formas de conceituação e as diversas proposições sobre as habilidades necessárias. Sasseron e Carvalho (2011) discorrem sobre essa questão da seguinte forma:

*Frente a tantas proposições apontando as habilidades necessárias de se levar em conta para compreender alguém como alfabetizado cientificamente, enfrentamos, agora, o grande problema de pensar e planejar o Ensino de Ciências de modo que,*

*gradativamente, cada uma destas habilidades vá se tornando uma habilidade dos estudantes. Sabemos que esta meta não é fácil de ser atingida e partimos do pressuposto de que a AC não pode ser considerada completa nos anos que encerram o Ensino Fundamental, considerando que está em constante transformação” (p. 70).*

Lemke (2006) nos leva a pensar a alfabetização científica em termos de objetivos diferentes para cada idade do estudante. Esta diferenciação tem como finalidade evidenciar o efeito inesperado e encantador que todos os fenômenos naturais podem produzir, capaz de tornar o estudo mais prazeroso e adequado aos anseios de cada faixa etária.

Para as crianças pequenas, inclui-se o ato de apreciar e valorizar o mundo natural, potencializado pela compreensão, mas sem abandonar o mistério, a curiosidade e o surpreendente. Para as crianças de idade intermediária, há o desenvolver de uma curiosidade mais específica sobre como funcionam as tecnologias e o mundo natural, como desenvolver e criar objetos e como cuidar deles, assim como um conhecimento básico da saúde humana.

Para o ensino médio, pensa-se em proporcionar a todos um caminho potencial para as carreiras científicas e de tecnologia, proporcionar informações sobre a visão científica do mundo, que é de utilidade comprovada para muitos cidadãos, comunicar alguns aspectos do papel da ciência e da tecnologia na vida social, ajudar a desenvolver habilidades de raciocínio lógico complexo e uso de múltiplas representações (Lemke, 2006, p. 6).

Apesar da complexidade do tema, Sasseron e Carvalho (2011), conseguiram elaborar uma síntese das ideias dos diversos pesquisadores, que convergem em três dimensões de conhecimento, competências e habilidades, com vistas a fornecer bases suficientes e necessárias para o planejamento de uma sequência de aulas coerente sobre o tema, em três eixos estruturantes:

- 1) O primeiro refere-se à **compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais**. Com essa compreensão, o conhecimento científico pode ser aplicado em situações que envolvem o dia a dia do estudante.
- 2) O segundo eixo preocupa-se com a **compreensão da natureza das**

**ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.**

Aqui, a ciência é vista em constante transformação, reconhecendo a importância da análise, síntese e decodificação de resultados, ao mesmo tempo em que são fornecidos subsídios para que o caráter social da investigação científica seja referenciado.

- 3) O terceiro eixo compreende **o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.** O entrelaçamento destes tópicos nos leva a pensar que a resolução de um problema científico específico nunca está condicionada a um tema isolado e é necessário aplicar os saberes científicos de forma contextualizada. Este raciocínio é fundamental para um futuro sustentável para a sociedade e o planeta.

A questão que se coloca é a de como promover a alfabetização científica em cada um destes eixos em sala de aula. O estudo proposto por Krupezak *et al.* (2020) traz à tona a ideia de discussões sobre controvérsias sociocientíficas (CSC) como forma de atingir o objetivo proposto.

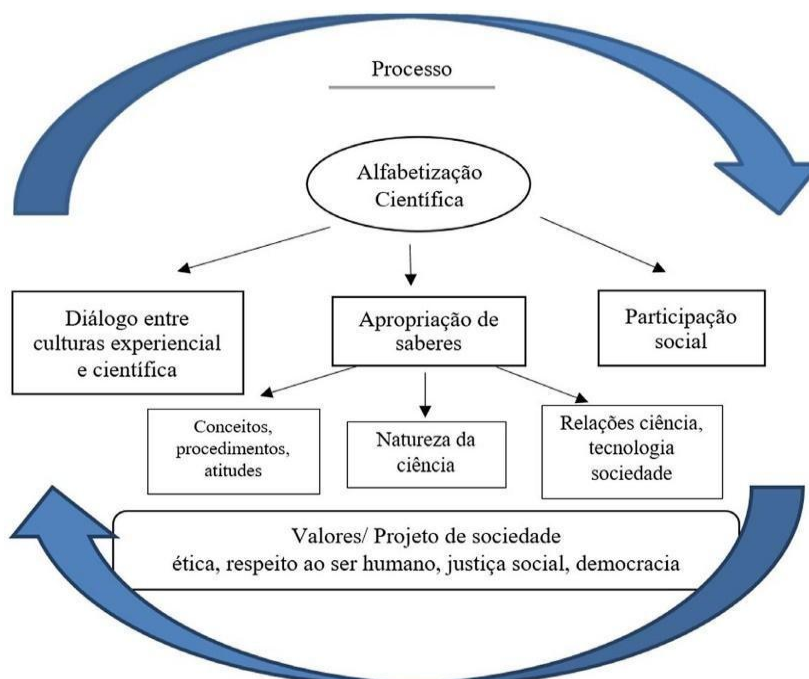
Segundo os autores, as controvérsias sociocientíficas (CSC) podem ser caracterizadas da seguinte maneira:

*As CSC são questões relacionadas à ciência e à tecnologia, as quais envolvem aspectos políticos, sociais, econômicos, ambientais, éticos e morais. Como por exemplo, alimentos transgênicos, efeito estufa e uso de células –tronco. CSC como essas podem servir de contexto para o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos científicos, pois são assuntos que os estudantes veem nos noticiários com frequência e que afetam suas vidas diretamente. Além disso, as CSC evidenciam as relações entre ciência, a tecnologia e a sociedade e destacam aspectos da natureza da ciência. Essas questões podem mostrar, por exemplo, que a ciência não é neutra e que, em algumas situações, os aspectos econômicos podem sobrepor-se aos sociais” (Krupezak et al., 2020 p. 2-3).*

Os três eixos estruturantes para a construção da alfabetização científica proposta por Sasseron e Carvalho (2011) podem ser resumidos na figura a seguir,

proposta por Marques e Marandino (2018).

Figura 2 - Resumo do desenvolvimento da alfabetização científica



Fonte: Marques e Marandino (2018, p. 7)

Segundo Marques e Marandino (2018), a alfabetização científica é uma das condições necessárias para que um sujeito consiga participar da sociedade de forma crítica, ampliando sua visão de mundo:

*[...] a AC deve promover não apenas a apropriação de conhecimentos, mas também a construção do que Freire chama de consciência epistemológica, potencializando a participação social (Marques e Marandino, 2018, p. 7).*

Uma interessante metodologia para a verificação da aprendizagem foi desenvolvida por Sasseron e Carvalho (2008), chamada de indicadores de alfabetização científica. As habilidades adquiridas no processo de ensino e aprendizagem pelos estudantes são medidas quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levam ao entendimento dele (Sasseron e Carvalho, 2008).

Segundo as autoras, os indicadores são distribuídos em três grandes grupos e cada um deles apresenta características de ações que são descritas no quadro 1. Elas são colocadas em prática quando é necessária a análise de um problema segundo a

abordagem da alfabetização científica.

Segundo Sasseron e Carvalho (2008), no primeiro grupo, é necessário analisar os dados empíricos apresentados pelos estudantes em termos da compreensão de determinado assunto ou situação. Conforme as autoras:

*[...] por meio deles que se torna possível conhecer as variáveis envolvidas no fenômeno mesmo que, neste momento, o trabalho com elas ainda não esteja centralizado em encontrar relações entre elas e o porquê de o fenômeno ter ocorrido tal como se pôde observar (2008, p. 6).*

O segundo grupo relaciona a estruturação do pensamento apresentado pelo estudante na resolução de um problema científico, classificando os pensamentos que moldam as afirmações feitas e as falas desenvolvidas durante as aulas.

No terceiro e último grupo, estão os indicadores ligados mais diretamente à busca de relações. Fazem parte dele os seguintes indicadores: levantamento e teste de hipótese, justificativa, previsão e explicação. Devem surgir nas etapas finais das discussões, pois caracterizam-se por trabalhar com as variáveis envolvidas no fenômeno e a busca por relações capazes de descrever as situações para aquele contexto e outros semelhantes.

O quadro 1 apresenta os indicadores de alfabetização científica, que Sasseron e Carvalho (2008) descrevem como importantes para avaliar o nível de Alfabetização Científica dos alunos.

Quadro 1 - Indicadores da alfabetização científica

Grupo	Indicador	Descrição
PRIMEIRO	Seriação de informações	Está ligada ao estabelecimento de bases para a ação investigativa.
	Organização de informações	Surge quando se procura preparar os dados existentes sobre o problema investigado.

	Classificação de informações	Aparece quando se busca estabelecer características para os dados obtidos.
SEGUNDO	Raciocínio lógico	Compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas.
	Raciocínio proporcional	Assim como o raciocínio lógico, é o que dá conta de mostrar o modo que se estrutura o pensamento.
TERCEIRO	Levantamento de hipóteses	Aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema.
	Teste de hipóteses	Trata-se das etapas em que as suposições anteriormente levantadas são colocadas à prova.
	Justificativa	Aparece quando, em uma afirmação qualquer proferida, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto.
	Previsão	Este indicador é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos.
	Explicação	Surge quando se buscam relacionar informações e hipóteses já levantadas.

Fonte: SASSERON; CARVALHO (2008, p. 68)

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Descrição e Análise dos Estudos

Uma das principais finalidades da revisão de literatura é a de permitir situar o estudo face ao conhecimento antes construído e, a partir deste ponto, ser capaz de fundamentar o contributo para a nova pesquisa. Neste contexto, o estudo proporciona a fundamentação para o enquadramento teórico-metodológico da pesquisa (Bento, 2012).

Assim, a investigação deve ser um processo continuado, podendo assumir diferentes realidades, de acordo com o desenvolvimento do estudo. Uma vez delimitado o campo de pesquisa, é necessário proceder um processo de busca aprofundada sobre o tema principal para a correta identificação do que deve ser analisado e interpretado. Uma das possibilidades para a análise das investigações é a utilização do Meta-modelo de Análise e Exploração do Conhecimento Científico (MAECC) proposto por Cardoso, Alarcão e Celorico (2013), tendo como uma das principais características um mapeamento coerente e estruturado em cinco dimensões macro: caracterização, referenciais, metodologias, contributos e implicações. Com a utilização de tal método, é possível a comparação dos dados em ordem cronológica, destacando os tópicos convergentes e divergentes e assim, segundo os autores, mapear o conhecimento: “não é apenas uma descrição do que está sendo estudado, mas vai para além da descrição, assumindo um caráter de interpretação pessoal, num registro de apropriação cognitiva” (Cardoso *et al.*, 2013, p. 294).

Utilizando-se destes critérios, foi realizada uma revisão de literatura do tipo integrativa sobre o tema, buscando artigos dos últimos dez anos, indexados no Portal Capes, por meio de palavras chaves “Sustentabilidade”, “Alfabetização Científica”, “Química”. Os critérios de exclusão foram: artigos com mais de dez anos de publicação e artigos que não tivessem a química como foco principal. Além disso, buscou-se estudos que considerassem a experiência de sustentabilidade no Ensino da Química. Um artigo foi encontrado atendendo a estes pré-requisitos.

O próximo passo da investigação foi a busca no Portal Capes das palavras chave “Química” e “Sustentabilidade”, seguindo os mesmos critérios anteriores. Foram

encontrados 603 resultados e a grande maioria não considerava o Ensino de Química como foco do estudo. Realizou-se, portanto, uma delimitação maior da investigação, adicionando as palavras chaves “Química”, “Sustentabilidade” e “Ensino de Química”. Foram encontrados oito artigos que atendiam aos pré-requisitos da investigação.

Na sequência, trazemos os quadros elaborados para cada artigo selecionado contemplando as cinco dimensões propostas pelo método MAECC.

Quadro 2 - Breve resumo do 1º artigo analisado pelo método MAECC®

<p><b>TRAÇOS IDENTIFICATIVOS</b></p> <p>Autor: Milani, Lara e Costa    Ano: 2022</p> <p>Título: Análise de qualidade da água e do solo utilizando Alfakit®: abordagem teórico-prática para o Ensino de Ciências na Escola Paulo VI, Canoas – RS. Palavras chave: Educação ambiental; sustentabilidade; Ensino de Ciências.</p>
<p><b>METODOLOGIAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividades teóricas: práticas por estudantes do 6º ano e uma escola pública do município de Canoas – RS;</li> <li>• Estudo seguiu o método de pesquisa-ação por Thiollent (2008);</li> <li>• Abordagem teórica inicial sobre parâmetros da qualidade da água;</li> <li>• Aula prática sobre parâmetros de qualidade da água e do solo através do kit educacional Alfakit®;</li> <li>• Visita a nascentes, Estação de Tratamento de Esgoto e riachos locais para coleta de amostras e posterior análise.</li> </ul>
<p><b>REFERÊNCIAS</b></p> <p>Basztzik e Zander. Coliformes fecais, pH, nitrito, nitrato, amônia, oxigênio dissolvido, nitrogênio mineral, 2016</p>
<p><b>CONTRIBUTOS</b></p> <p>Fomentar a discussão do problema ambiental – Análise da água e do solo – de forma colaborativa e participativa, desenvolvida por meio da observação, análise e prática.</p>

### IMPLICAÇÕES

- Autonomia e um movimento maior dos estudantes com relação à construção do conhecimento.
- Desenvolvimento de princípios sustentáveis
- Desenvolvimento de alternativas aos desafios do mundo contemporâneo

Fonte: Autor (2024)

### Quadro 3 - Breve Resumo do 2º Artigo Analisado pelo Método MAECC®

#### TRAÇOS IDENTIFICATIVOS

Autores: Martins, Bernardi, Kreve e Nicolini. Ano: 2017

Título: Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base no Ensino Médio (Parte I). Palavras chave: Ensino de química; antocianinas; química verde; projeto de estudo.

#### METODOLOGIAS

- Foi desenvolvida uma pesquisa envolvendo o conceito de indicadores ácido-base, utilizando a extração de pigmentos de vegetais como indicadores nas atividades práticas a serem desenvolvidas, relacionando o tema sustentabilidade e química verde com a utilização de indicadores não tóxicos (naturais).
- Material desenvolvido como proposta de abordagem ao tema em sala de aula a ser desenvolvida com alunos do Ensino Médio.

**REFERÊNCIAS**

1. Indicadores ácido-base, química verde, equilíbrio químico, pH;
2. Popper (1985); Fonseca e Lara (2015); Amantea e Rizolli (2015).

**CONTRIBUTOS**

Abordagem do conhecimento de forma a integrar a Química Verde na construção do conhecimento científico, utilizando a construção da escala de pH para o desenvolvimento do conceito de soluções ácido-base.

**IMPLICAÇÕES**

Utilização de produtos do cotidiano do estudante para a construção do conhecimento científico, levando ao interesse investigativo e a formação do senso crítico sobre o tema ambiental.

Fonte: Autor (2024)

**Quadro 4 - Breve Resumo do 3º Artigo Analisado pelo Método MAECC®****TRAÇOS IDENTIFICATIVOS**

Autores: Torres Ano: 2019

Título: Cuidando la casa común: experiencias de aula con estudiantes de primer semestre de ingenierías. (Cuidando a casa comum: experiências de sala de aula com estudantes do primeiro semestre de engenharia).

Palavras-chave: educación para la sostenibilidad; experiencias de aula; huella ecológica.

#### METODOLOGIAS

- Trabalho desenvolvido pela (UPB), Universidade Pública Bolivariana que enfatiza a investigação e a inovação para a sustentabilidade.
- Pesquisa desenvolvida com alunos do curso superior de Engenharias, no 1º semestre da disciplina Química Geral, analisando os hábitos de consumo e mensurando o conhecimento de conceitos sobre sustentabilidade dos estudantes.
- Os estudantes foram motivados a propor medidas de racionalização de recursos, mudanças nos estilos de alimentação e forma de locomoção.

#### REFERÊNCIAS

Garcia; Vega (2009); Otero; Bruno (2010). Racionalização de recursos energéticos, resíduos químicos, toxicidade de produtos, Educação Ambiental.

#### CONTRIBUTOS

- Construção do conceito de sustentabilidade e a relação com a educação ecológica, de forma teórica e aplicada, através da análise sobre hábitos de consumo e o impacto gerado no ambiente.
- Espaço para reflexão sobre o uso e gestão de recursos materiais (eletrônicos), bem como a correta utilização dos recursos naturais.

#### IMPLICAÇÕES

Mudança de conduta dos estudantes a favor de ações para o desenvolvimento sustentável da sociedade, aumentando a percepção

e a responsabilidade frente ao cuidado com o meio ambiente.

Fonte: Autor (2024)

#### Quadro 5 - Breve Resumo do 4º Artigo Analisado pelo Método MAECC®

##### TRAÇOS IDENTIFICATIVOS

Autor: Lozano      Ano: 2022

Título: Do CTSA educativo à ambientalização do conteúdo e a formação cidadã ambiental.

Palavras-chave: cuestiones sociocientíficas; cuestiones socialmente vivas; alfabetización científica; ciudadanía ambiental; ambientalización del contenido.

##### METODOLOGIAS

Pesquisa teórica que relaciona a importância do enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) na educação em ciências a partir de cinco aspectos.

- Alfabetização científica na visão tradicional (visão de ciência emancipadora)
- Inter-relação com o ambiente (crise ciência X tecnologia e evolução dos conteúdos de Ensino da Química relacionados com

#### Educação Ambiental e Sustentabilidade)

- Questões sociocientíficas dentro da Educação em Química.
- Como a abordagem CTSA e as questões sociocientíficas aproximam a educação ambiental e científica dos conteúdos dos currículos escolares.

#### REFERÊNCIAS

Ibarra & Lopez (2001); Bazo et al. (2003); Bewall & Hogben (2001). Conteúdo da Química abordados com enfoque CTSA: - Contaminação química por minerais, agrotóxicos, nanotecnologia, transgênicos, impactos da energia nuclear, guerras químicas. Biológicas e digitais, dopagem esportiva.

#### CONTRIBUTOS

A educação em ciências deve não mais ser vista como isolada da sociedade, devendo se relacionar com as educações emergentes: Educação emancipadora, Educação para sustentabilidade, Educação para cidadania e Educação ambiental, e introduzir tais abordagens aos currículos escolares.

#### IMPLICAÇÕES

Utilização de produtos do cotidiano do estudante para a construção do conhecimento científico, levando ao interesse investigativo e a formação do senso crítico sobre o tema ambiental.

Quadro 6 - Breve Resumo do 5º Artigo Analisado pelo Método MAECC®

<p><b>TRAÇOS IDENTIFICATIVOS</b></p> <p>Autor: Pazmino Ano: 2022</p> <p>Título: La Interdisciplinariedad un camino para la inserción de la Sustentabilidad en cursos de Diseño de Producto. Palavras-chave: Interdisciplinariedad - Diseño de producto - Sustentabilidad - Enseñanza del diseño – Disciplina.</p>
<p><b>METODOLOGIAS</b></p> <p>Pesquisa teórica que evidencia a importância do trabalho interdisciplinar (dentre eles a Química) na construção do conhecimento científico, ao se trabalhar com temas sociais relevantes, dentre eles a Educação Ambiental e a Sustentabilidade, mostrando como e quais disciplinas devem se relacionar com determinado tema sobre sustentabilidade, através de uma análise teórica sobre o assunto com referências teóricas de diversos autores.</p> <p>Exemplo: Impactos ambientais e sociais (Química verde, Ecologia Industrial, Medicina, Biomimética, Sociologia e Ética.)</p>
<p><b>REFERÊNCIAS</b></p> <p>Goleman (2009); Couto (1997); Jipiassu (2006). Educação ambiental, química verde, substâncias tóxicas, biodegradabilidade, polímeros.</p>
<p><b>CONTRIBUTOS</b></p> <p>Compartilhamento de reflexões, ideias e desafios sobre a necessidade de utilização da interdisciplinaridade na educação científica</p>

escolar, como proposta de trabalho de um tema tão complexo e primordial: a sustentabilidade.

#### IMPLICAÇÕES

Proposta de melhoria do Ensino de Ciências através de abordagem interdisciplinar e utilizando-se do tema sustentabilidade e Educação Ambiental como eixo motivador para, dentre outros resultados, promover a inclusão social dos estudantes.

Fonte: Autor (2024)

#### Quadro 7 - Breve Resumo o 6º Artigo Analisado pelo Método MAECC®

#### TRAÇOS IDENTIFICATIVOS

Autor: Santos e Silva      Ano: 2017

Título: Potencialidades do filme de ficção Avatar para a alfabetização científica dos sujeitos no contexto da educação básica. Palavras chave: Avatar; cinema; alfabetização científica

#### REFERÊNCIAS

Lovelock (2000); Wapner (1996) Elementos químicos, tabela periódica, novos materiais, Educação Ambiental, extrativismo mineral.

## CONTRIBUTOS

- Com a utilização de recursos áudio visuais, foi demonstrada a importância de se utilizar de recursos metodológicos da etnografia de tela para explorar cenários problematizadores que favoreçam o processo de alfabetização científica.
- O apelo visual do filme associado ao enredo envolvente pode contribuir para despertar nos alunos o interesse pela ciência, não só na área da biologia, mas também na sociologia, filosofia, ensino religioso, geografia, física e química.

Os apontamentos feitos no trabalho demonstraram que o filme pode ajudar no desenvolvimento de um trabalho pedagógico nas diferentes áreas do conhecimento ou em projetos interdisciplinares.

## IMPLICAÇÕES

Apontar a necessidade de avaliação dos limites e possibilidades didáticas do filme para a construção de currículo CTSA centrados na alfabetização científica dos sujeitos em contextos reais de ensino e aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

Lovelock (2000); Wapner (1996) Elementos químicos, tabela periódica, novos materiais, Educação Ambiental, extrativismo mineral.

## CONTRIBUTOS

- Com a utilização de recursos áudio visuais, foi demonstrada a importância de se utilizar de recursos metodológicos da etnografia de tela para explorar cenários problematizadores que favoreçam o processo de alfabetização científica.
- O apelo visual do filme associado ao enredo envolvente pode contribuir para despertar nos alunos o interesse pela ciência, não só na área da biologia, mas também na sociologia, filosofia, ensino religioso, geografia, física e química.
- Os apontamentos feitos no trabalho demonstraram que o filme pode ajudar no desenvolvimento de um trabalho pedagógico nas diferentes áreas do conhecimento ou em projetos interdisciplinares.

## IMPLICAÇÕES

Apontar a necessidade de avaliação dos limites e possibilidades didáticas do filme para a construção de currículo CTSA centrados na alfabetização científica dos sujeitos em contextos reais de ensino e aprendizagem.

Fonte: Autor (2024)

## Quadro 8 - Breve Resumo do 7º Artigo Analisado pelo Método MAECC®

## TRAÇOS IDENTIFICATIVOS

Autor: Júnior, Ferreira e Aranha Ano: 2018

Título: Oficina de tinta de terra: contextualizando pigmentos na disciplina de História da Química na LEdoC/UFMA. Palavras chave: Ensino de Ciências, História da Química, Sustentabilidade, Ensino Contextualizado, Educação do Campo.

## METODOLOGIAS

- Trabalho aplicado a 48 alunos de Licenciatura em Educação do Campo com habilitação em Ciências da Natureza/Matemática UFMA, durante a disciplina História da Química.
- Oficina realizada com aulas expositivas, leitura e interpretação de artigos científicos, debates, e produção da tinta da terra através de atividade prática, avaliação final da oficina.

A metodologia seguiu os 3 processos de contextualização de Katu e Kawasaki (2011):

- Categoria 1- Exemplificação pontual
- Categoria 2 – Estudo e aprendizado científico de situações e fenômenos
- Categoria 3 – Estudo de questões sociais para a formação de cidadão crítico.

Avaliação com questionários a serem respondidos e rodas de diálogo para complementação dos dados qualitativos do questionário.

### CONTRIBUTOS

- A oficina de produção de Tinta de Terra trouxe para a Licenciatura em Educação do Campo contextos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, ao resgatar e contribuir para a valorização dos fatos e experiências do cotidiano, ampliando o potencial de aprendizagem dos alunos.
- Os alunos conseguiram compreender, ao discutir e vivenciar, que tecnologias ambientalmente saudáveis e de baixo custo desempenham função importante para o desenvolvimento sustentável, ao observarem que essas tecnologias minimizam os impactos negativos gerados pelas atividades humanas ao meio ambiente, em função dos materiais utilizados.

### IMPLICAÇÕES

- Desenvolvimento de uma consciência crítico-reflexiva na perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Contribuiu para a valorização e o resgate de fatos e experiências do cotidiano, ao discutir e vivenciar o significado de sustentabilidade, com tecnologia ambientalmente saudável e técnica de baixo custo, portanto, ampliando o potencial do processo de ensino aprendizagem.

Quadro 9 - Breve Resumo do 8º Artigo Analisado pelo Método MAECC®

<p>TRAÇOS IDENTIFICATIVOS</p> <p>Autor: Adams, Alves, Santos e Nunes    Ano: 2020</p> <p>Título: O projeto temático “Química e Energia em Prol de um Desenvolvimento Sustentável”: apontamentos iniciais. Palavras chave: Contextualização, Temas geradores, Metodologias diferenciadas, PIBID.</p>
<p>METODOLOGIAS</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• A pesquisa procurou relatar a experiência de elaboração e desenvolvimento das aulas contextualizadas expositivas/dialogadas denominadas de “Sensibilização” com alunos do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública do interior do Estado de Goiás, que tiveram como tema “Energia e Sustentabilidade”;</li><li>• O trabalho foi realizado através de uma pesquisa qualitativa/quantitativa e o impacto das aulas foi avaliado na construção do conhecimento dos alunos e na formação integral do sujeito;</li><li>• O foco deste projeto foi a conscientização para o uso de uma Energia Sustentável e limpa, de modo que os alunos fossem incentivados a buscar soluções para a problemática de uma futura escassez energética;</li><li>• A avaliação das aulas seguiu o critério de Bogdan e Biklen (1994), utilizando-se de questionários para a coleta de dados avaliando os conhecimentos prévios dos estudantes e o conhecimento adquirido no processo de ensino e aprendizagem.</li></ul>
<p>REFERÊNCIAS</p> <p>Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) Silva e Marcondes (2010). Educação ambiental, resíduos orgânicos e inorgânicos, Energia sustentável, combustíveis, reações de combustão, biomassa.</p>

## CONTRIBUTOS

- As aulas contextualizadas desenvolveram ainda o senso crítico dos alunos e a preocupação com o desenvolvimento sustentável;
- As aulas interligaram as informações químicas (como, por exemplo, o conceito de energia e processos de obtenção de energia) e o contexto social (consumismo e desperdício de energia) para que os alunos desenvolvessem competências como o senso crítico e assim pudessem participar ativamente da sociedade em discussões sobre recursos energéticos.
- Os alunos foram despertados naquele momento para a consciência do impacto de suas ações no cotidiano e, principalmente, estimulados a refletir sobre a necessidade de se adotar novos valores e principalmente novas atitudes frente ao problema abordado.

## IMPLICAÇÕES

- O aprendizado de Química deve possibilitar ao aluno tanto a compreensão dos processos químicos em si, quanto a construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas.
- O Ensino de Ciências deverá conscientizar os alunos para o uso de uma Energia Sustentável e limpa, de modo que eles próprios sejam incentivados a buscar as soluções para a problemática

Fonte: Autor (2024)

## 4.2 Discussão dos Estudos

De posse dos estudos analisados, observa-se muitas possibilidades de relacionar o tema sustentabilidade em sala de aula, com o objetivo de construção do conhecimento científico. Metodologias diversas, como interdisciplinaridade, oficinas temáticas e sequências didáticas contextualizadas com a demanda social podem e devem ser usadas como ferramentas no processo de construção do tema.

Observa-se, com uma análise dos resultados obtidos na pesquisa, que o tema Sustentabilidade no Ensino de Química não foi utilizado de forma numerosa em trabalhos de divulgação científica. Cabe aos futuros profissionais de educação tornar o tema cada vez mais presente na educação científica, pois a sua importância e relevância social é enorme e não pode nem deve ser negligenciada pelas futuras gerações.

A temática ambiental encontra-se presente em todos os artigos analisados, visando, através da utilização de diferentes metodologias, incorporar a temática social na construção do conhecimento científico. Usamos como exemplo a produção de tinta de terra (Júnior, Ferreira e Aranha, 2018), que mostra uma preocupação em desenvolver os conceitos químicos de forma a fazer da Educação Ambiental um elemento transformador da sociedade em que está inserida.

Neste sentido, observou-se, por meio da análise dos artigos estudados, uma certa dificuldade em tratar o tema sobre a abordagem da alfabetização científica e em poucos artigos encontramos como palavras chave o assunto. Essa constatação não quer dizer que a inserção da construção do conhecimento científico atrelada ao contexto social do aluno não seja trabalhada nos estudos analisados, visto que a metodologia CTSA – Ciência, Sociedade, Sociedade e Ambiente está presente na maioria dos trabalhos. Essas considerações estão presentes no estudo de Lozano (2022) e, segundo a autora, a abordagem CTSA tem mudado o conteúdo tradicional do Ensino de Ciências para um conteúdo mais contextual, para formar sujeitos que respondam aos desafios atuais, em especial, os próprios da crise socioambiental. Contudo, essa constatação evidenciada não leva em consideração as dificuldades encontradas no processo de construção da metodologia CTSA nas escolas. Dentre elas, a autora relata como a alfabetização científica na visão tradicional dificulta a construção de conteúdos curriculares nas escolas que abordam a temática ambiental

e, por conseguinte, a sustentabilidade.

Torna-se necessário, portanto, uma maior compreensão da expressão Alfabetização Científica para a construção do conhecimento científico. Nessa ótica, Sasseron e Carvalho (2011), em seu artigo “Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica”, nos mostram diferentes conceitos sobre o assunto obtidos na literatura, indicando claramente que o tema está em constante desenvolvimento.

*O terceiro eixo estruturante da AC compreende o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente. Trata-se da identificação do entrelaçamento entre essas esferas e, portanto, da consideração de que a solução imediata para um problema em uma destas áreas pode representar, mais tarde, o aparecimento de um outro problema associado. Assim, este eixo denota a necessidade de se compreender as aplicações dos saberes construídos pelas ciências considerando as ações que podem ser desencadeadas pela utilização dos mesmos. O trabalho com este eixo deve ser garantido na escola quando se tem em mente o desejo de um futuro sustentável para a sociedade e o planeta (Sasseron e Carvalho, 2011, p. 76).*

Dos artigos analisados, o único que abordou o tema Água como temática principal foi o trabalho de Millani, Lara e Costa (2022). Foram propostas atividades teórico-práticas para estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública do município de Canoas – RS, seguindo os moldes de uma pesquisa qualitativa sob método de pesquisa-ação de Thiollent (2008). Na parte prática, foram medidos os parâmetros de qualidade da água e do solo através do Kit Educacional ALFAKIT, bem como foram feitas visitas a nascentes dos riachos da região para a coleta das amostras a serem analisadas, assim como uma visita a Estação de Tratamento de Esgotos, tendo como contributos da pesquisa fomentar a discussão do problema ambiental de forma colaborativa e participativa, desenvolvida por meio da observação, análise e prática.

Todos os estudos associaram sustentabilidade e Ensino de Química e mostraram a importância da construção do conhecimento científico por meio da inserção do estudante em temas sociais relevantes, relacionando a Educação Ambiental e a sustentabilidade, e tendo como um dos objetivos principais objetivos a

formação de cidadãos críticos perante a situações do cotidiano, inseridas no Ensino da Química de forma contextualizada e interdisciplinar. A abordagem CTSA e a alfabetização científica são as ações pedagógicas mais relevantes na construção destes objetivos.

## 5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA

De acordo com Martins (2013), podemos definir metodologia científica como o conhecimento crítico dos caminhos do processo científico, ou seja, qual a maneira de se fazer Ciência, tendo, portanto, diversos modelos ou padrões científicos para alcançar os objetivos.

Dentre as várias metodologias, a pesquisa qualitativa será a escolhida para a realização de nossa pesquisa, pois apresenta, segundo Martins (2013), algumas características marcantes, em especial a coleta dos dados da pesquisa, como definidas a seguir: “Se há uma característica que constitui a marca dos métodos qualitativos ela é a flexibilidade, principalmente quanto às técnicas de coletas de dados, incorporando aquelas mais adequadas a observação que está sendo feita” (Martins, 2013, p. 292).

André e Ludke (1986) e Bogdan e Biklen (1994) também descrevem certas características marcantes da metodologia de pesquisa qualitativa, que foram utilizadas nesta pesquisa. Para as autoras, a preocupação com o processo é muito maior do que as respostas finais ou produtos. Há um envolvimento direto dos sujeitos em todas as atividades propostas durante o processo de investigação, sendo que os conceitos e questões são construídos a partir da coleta de informações.

André e Ludke (1986) descrevem outras características da pesquisa qualitativa, apresentadas a seguir:

- a. Ter seu ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. Conseqüentemente, há o contato direto e prolongado do pesquisador, com a justificativa de que os fenômenos são muito influenciados pelo seu contexto, sendo tratados em seu ambiente natural.
- b. Os dados coletados são predominantemente descritivos. Encontra-se descrição de pessoas, situações e acontecimentos, inclusive descrições de entrevistas, depoimentos, fotografias, desenhos e extratos de documentos. Sendo considerados importantes representações da realidade, o pesquisador deve atentar para o maior número possível de elementos presentes na situação estudada.

- c. A preocupação com o processo é muito maior que o produto. O pesquisador deve verificar como um determinado problema se manifesta nas atividades, procedimentos e nas interações cotidianas.
- d. A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Não é preocupação dos pesquisadores buscar evidências que comprovem hipóteses definidas *a priori*. De acordo com Ludke e André (1986), as abstrações se formam ou se consolidam a partir da inspeção de dados, num processo de baixo para cima.

A pesquisa foi realizada de acordo com as Resoluções 466, de 12/12/2012, e 510, de 07/04/2016, do Conselho Nacional de Saúde, considerando e respeitando os princípios éticos para a realização de pesquisas na área de Ciências Sociais e Humanas. Para obtenção dos dados da pesquisa realizada, foram utilizados questionários e entrevistas semiestruturadas (Anexos 1 e 4), com vistas a conhecer e compreender as ideias construídas pelos estudantes acerca dos conceitos químicos estudados, bem como investigar o desenvolvimento de algumas habilidades cognitivas e o pensamento crítico adquiridos.

Para analisar os dados obtidos, foi utilizado o Método Análise de Conteúdo de Bardin (2011), o qual é caracterizado por ser uma técnica de investigação que tem por finalidade a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto da comunicação. As etapas do método empregado são as seguintes:

- a) Análise preliminar, que é a fase da organização dos dados e formulação de hipóteses e objetivos, além da elaboração de indicadores para a interpretação final;
- b) Exploração do material, quando temos as etapas de codificação e categorização do material. Na codificação, deve ser feito o recorte das unidades de registro e de contexto. Após essa etapa, deve ser feita a categorização, que seguirá alguns dos seguintes critérios: semântico, sintático, léxico ou expressivo.
- c) Tratamento dos resultados, inferência e interpretação, quando os dados são categorizados e decodificados para permitir a correta interpretação final e descrição das características do conteúdo trabalhado (Bardin, 2011).

Na pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos dados e interpretação necessitam ser seguidas em sequência e com rigor pelo pesquisador para a correta interpretação das informações analisadas. Neste sentido, na pré-análise, foi feita leitura criteriosa do material para se conhecer as primeiras impressões das respostas dadas pelos estudantes, com o objetivo de ampliar o olhar do pesquisador sobre o estudo, estabelecendo conexões com as hipóteses, com a projeção teórica e com os objetivos propostos pela pesquisa (Bardin, 2016).

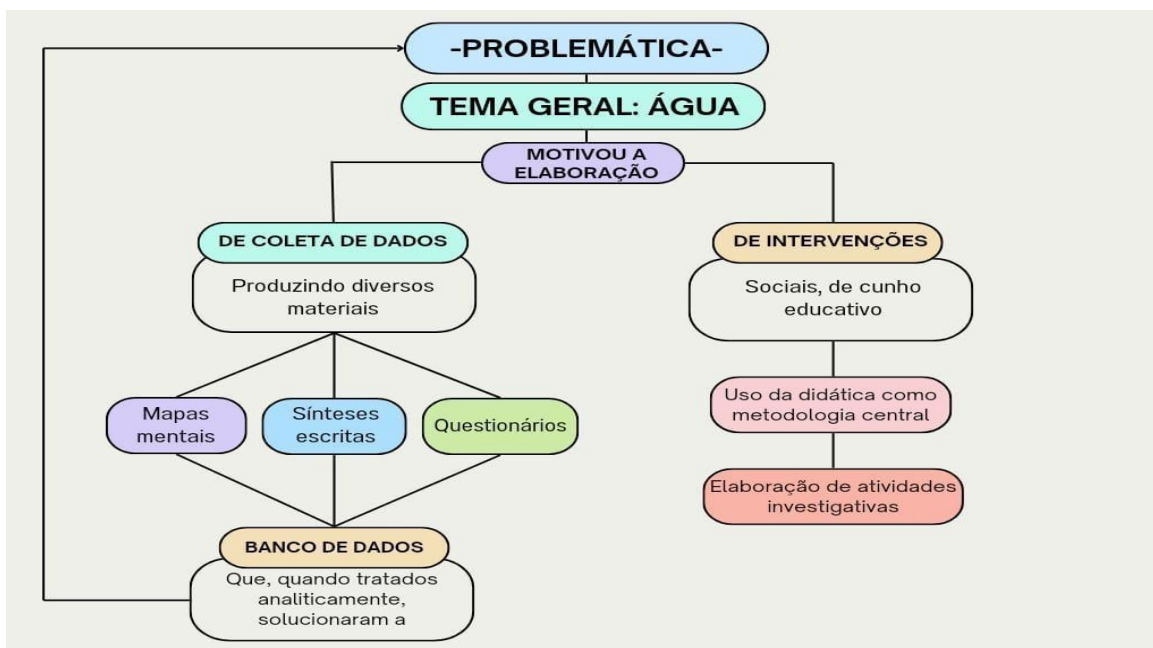
Na fase da exploração do material, foi realizada a categorização dos dados brutos analisados, que representam conceitos importantes para a pesquisa. Para Bardin (2016), essa é “uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos” (Bardin, 2006, p.147).

Após essa etapa, segundo a regra de representatividade de Bardin (2016), foram separadas as ideias semelhantes para determinada pergunta do questionário fornecido aos estudantes, com o objetivo de contemplar critérios idênticos que foram respondidos nas assertivas para serem avaliados e considerados de forma generalizada e, por conseguinte, proporcionar o diagnóstico do real aprendizado do estudante no processo de construção do conhecimento científico.

Na etapa final, foi realizado, segundo Bardin (2016), o tratamento dos resultados e a interpretação. É neste momento que podemos dar sentido e significado às manifestações encontradas na pesquisa e estabelecer diálogo com o arcabouço teórico, trazendo argumentos que auxiliam a explicação ou determinação de um fenômeno, problema e/ou objeto de estudo.

Para auxiliar no entendimento das etapas percorridas por esta pesquisa, elaborou-se o esquema (Figura 3) que ilustra resumidamente o que foi desenvolvido a partir da sequência didática “Água”.

Figura 3 - Etapas percorridas na sequência didática



Fonte: Autor (2024).

## 5.1 Contexto e os Sujeitos da Pesquisa

Realizou-se a presente pesquisa sob os metodológicos e científicos de um estudo de caso, escolhendo um caso particular para estudá-lo. Deste modo, assumiu-se uma postura ativa no envolvimento com os estudantes investigados e os mesmos agiram como observadores participantes, conforme fundamentos de Marconi e Lakatos (2006).

A presente pesquisa tem como um dos objetivos analisar de que forma uma sequência didática, baseada nos três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov et all (2002), bem como nos eixos estruturantes da alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008), pode contribuir na promoção da ensino e aprendizagem científicos. Isso será evidenciado nos indicadores também propostos por Sasseron e Carvalho (2008), que possuem a função de mostrar algumas habilidades necessárias para a construção da alfabetização científica e auxiliam o professor no diagnóstico do nível de aprendizagem adquirida pelos estudantes. Esses indicadores serão obtidos nos Questionários respondidos, bem como quando forem explicitados os conhecimentos científicos representados nos diálogos construídos

durante as diversas etapas do trabalho.

Os indicadores são distribuídos em três grupos: o primeiro está relacionado à obtenção de dados; o segundo, à estruturação do pensamento e o terceiro à busca de relações capazes de descrever as situações para o contexto trabalhado.

O Quadro 10 apresenta os indicadores de alfabetização científica que Sasseron e Carvalho (2008) descrevem como importantes para avaliar o nível de entendimento dos estudantes sobre o assunto.

Quadro 10 - Indicadores de alfabetização científica

Grupo	Indicador	Descrição
	Seriação de informações	Está ligada ao estabelecimento de bases para a ação investigativa.
	Organização de informações	Surge quando se procura preparar os dados existentes sobre o problema investigado.
	Classificação de informações	Aparece quando se busca estabelecer características para os dados obtidos.
	Raciocínio lógico	Compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas.
	Raciocínio proporcional	Assim como o raciocínio lógico, é o que dá conta de mostrar o modo que se estrutura o pensamento.
	Levantamento de hipóteses	Aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema.
	Teste de hipóteses	Trata-se das etapas em que as suposições anteriormente levantadas são colocadas à prova.
	Justificativa	Aparece quando, em uma afirmação qualquer proferida, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto.
	Previsão	Este indicador é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos.
	Explicação	Surge quando se buscam relacionar informações e

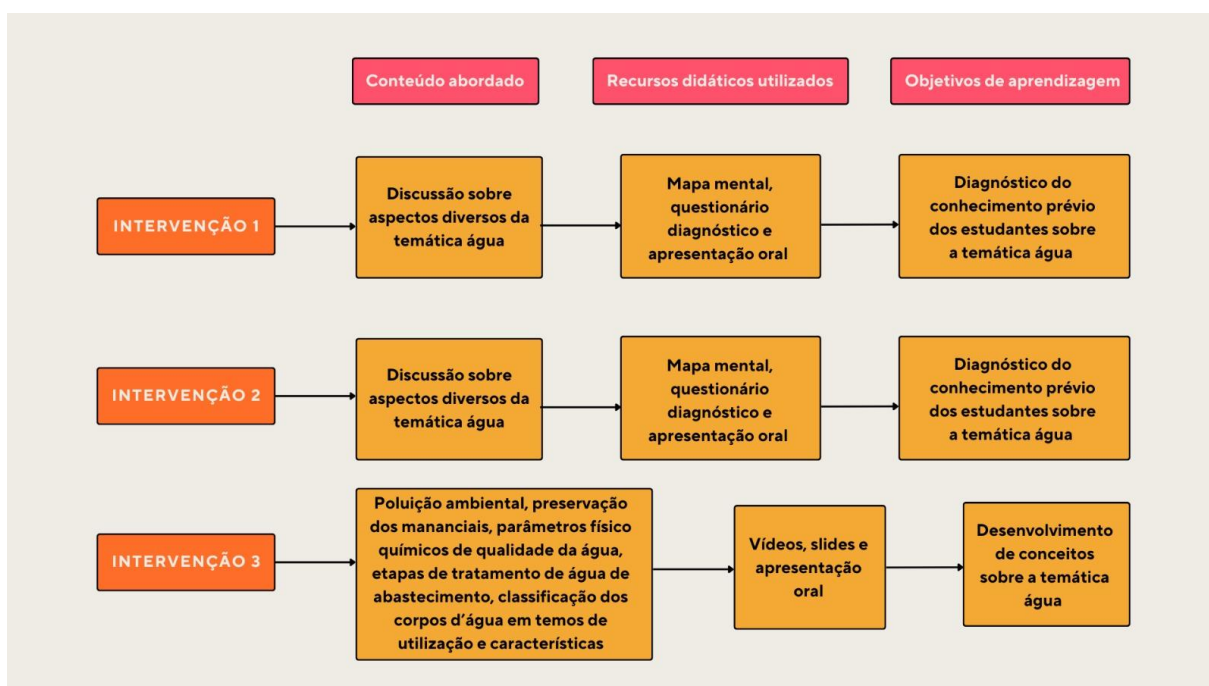
hipóteses já levantadas.

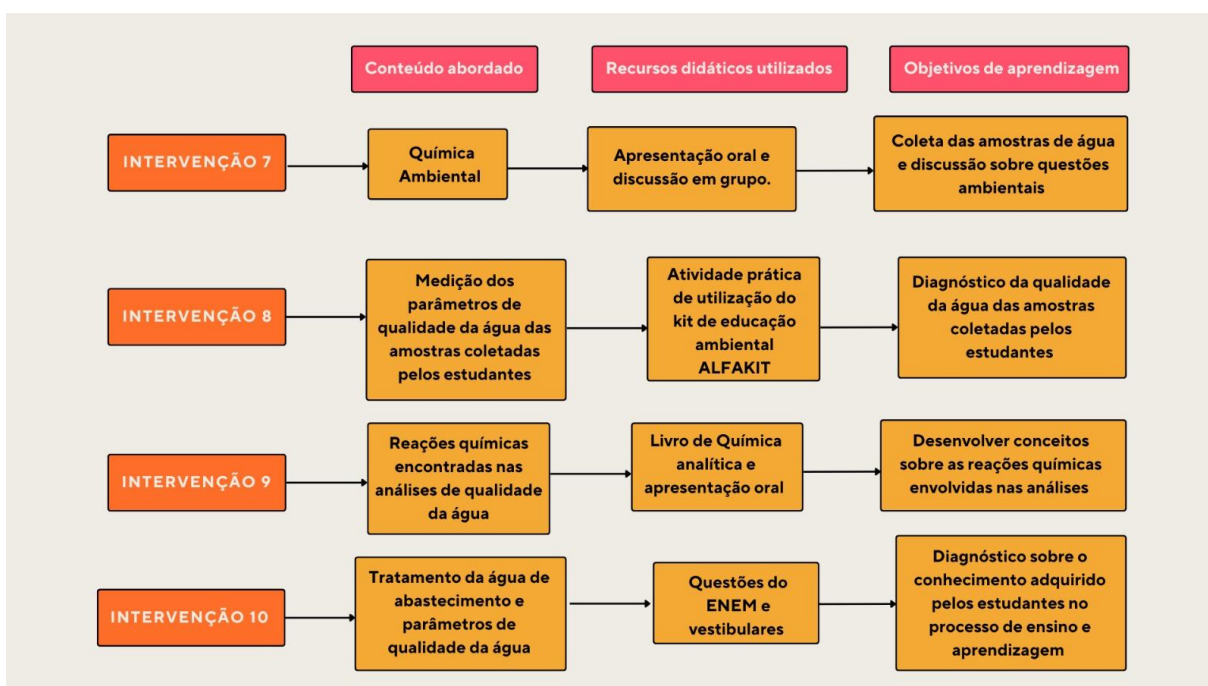
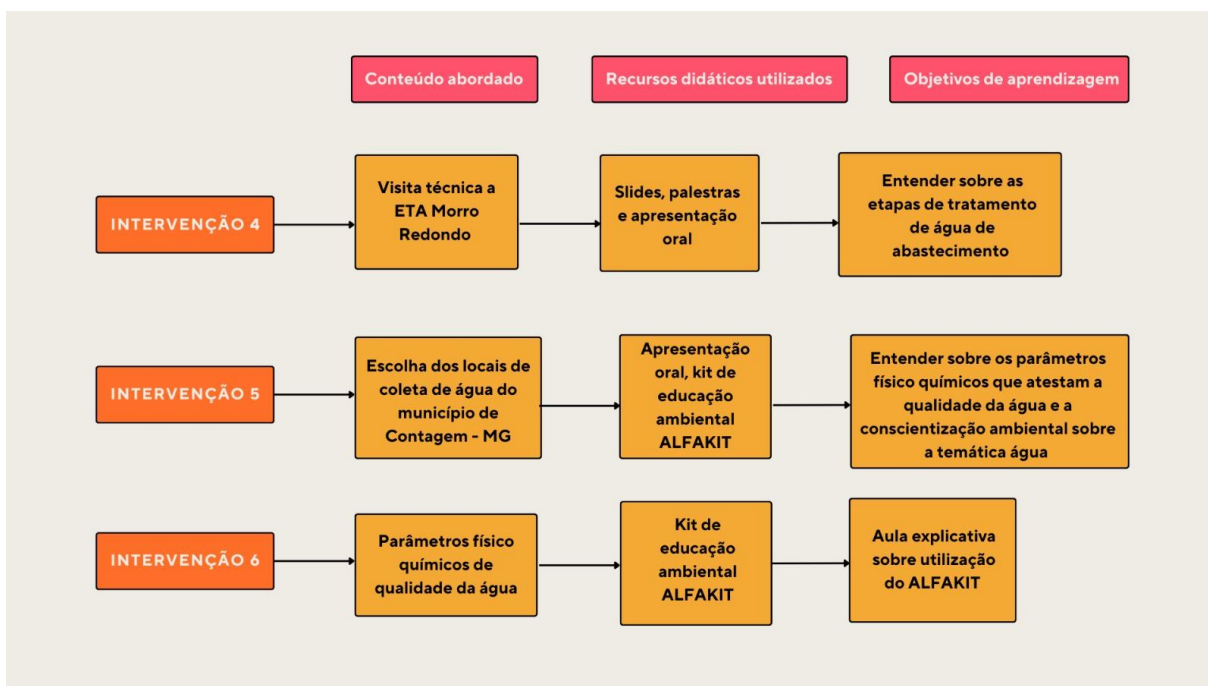
Fonte: (Sasseron e Carvalho, 2008, p. 68).

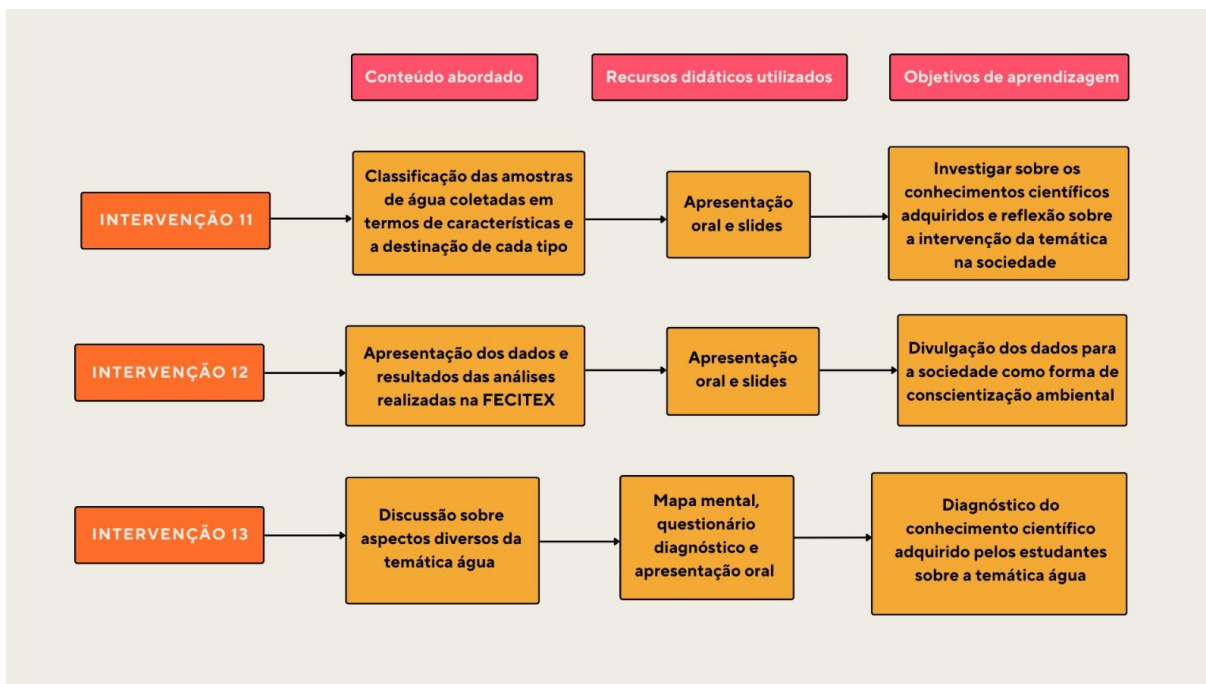
As atividades realizadas na sequência didática sobre a temática água foram sintetizadas no Quadro 11.

### Quadro 11 - Atividades Realizadas na Sequência Didática

Fonte: Autor (2024).







A sequência didática foi desenvolvida para 24 estudantes, durante sete meses, em uma turma do Terceiro ano do Ensino Médio Integrado em Química de uma Escola Municipal do município de Contagem – MG.

A estrutura da escola é boa e organizada, dispendo de quatro laboratórios de Química, sendo eles voltados para Química Orgânica, Físico-Química, Processos Industriais e Química Analítica, além de laboratórios de Farmácia e de Análises Clínicas. Também possui auditório com ar condicionado para cento e cinquenta pessoas, equipado com projetor multimídia e computador, assim como biblioteca, refeitório, dentre outros ambientes para professores e estudantes.

Os laboratórios de Química em que aconteceram algumas intervenções são equipados com balança analítica e equipamentos de segurança, além de diversos outros equipamentos necessários às aulas de cada disciplina. Apresentam também uma grande variedade de vidrarias e reagentes. Para o desenvolvimento das aulas teóricas, foram utilizados o auditório, sala de aula, sala de informática, biblioteca e laboratório de Química Orgânica.

Os alunos do curso de Química possuem, a partir do primeiro ano do Ensino Médio Integrado, diversas disciplinas, como Mineralogia, Introdução à Química Experimental e Química Teórica. No segundo ano, frequentam as disciplinas de Química Orgânica (teórica e prática), Físico-Química (teórica e prática), Inorgânica (teórica e prática), Microbiologia (teórica e prática) e Química teórica. No terceiro

ano, possuem aulas de Química Orgânica Aplicada, Processos Industriais, Química Analítica, Química Instrumental e Química teórica.

As intervenções realizadas na escola foram feitas pelo próprio pesquisador, que é o professor efetivo destes estudantes, também responsável pela sequência didática. A pesquisa foi desenvolvida no período de abril a novembro de 2023, contando com a participação de 24 alunos entre 16 e 18 anos, sendo (onze) 11 meninas e (treze) 13 meninos da terceira série do Ensino Médio Integrado em Química. Os encontros foram por vezes semanais e por vezes quinzenais. Todos os alunos da turma participaram das atividades propostas. A escolha em desenvolver o tema nessa série foi devido aos conhecimentos científicos necessários para sua compreensão, que somente são abordados no terceiro ano do Ensino Médio.

A sequência didática foi desenvolvida durante as aulas regulares da disciplina Química Teórica. A Escola deu completo suporte à implementação da pesquisa e o currículo não se apresenta fechado para a implementação de atividades inovadoras. A temática – Água –, com a medição dos parâmetros físico-químicos que atestam sua qualidade, é desenvolvida na disciplina Processos Industriais no currículo regular. As questões a serem implementadas sobre o tema tiveram o apoio da professora que rege a disciplina e serviram de acréscimo ao conhecimento tradicional dos conceitos adquiridos na pesquisa. A disciplina Química Teórica possui, portanto, liberdade para o acréscimo de temas transversais, como o proposto na sequência implementada. Concomitante ao trabalho realizado, foram trabalhados com os estudantes, na referida disciplina, conteúdos referentes a reações orgânicas e a realização de questões do ENEM sobre todo o conteúdo de química estudado até então. O horário definido com os estudantes foi às sextas feiras, de 9h50min até as 11h30min. Devido a características da pesquisa, nem todas as sextas feira foram dedicadas ao desenvolvimento do trabalho, pois em alguns momentos foi necessário o tratamento dos dados ou análise de resultados e coleta de amostras que deviam ser realizados fora do ambiente escolar.

O tema Água já tinha sido escolhido no ano anterior à pesquisa, devido a um desejo dos estudantes em aprofundarem-se no assunto após a participação de um Seminário realizado na Escola, com o título “ Revitaliza Rio das Velhas”, que mostra a importância da recuperação e preservação desta importante bacia hidrográfica da região metropolitana de Belo Horizonte.

Na aplicação da sequência didática, foram utilizadas diversas ferramentas,

estratégias e metodologias de ensino científico, contando com a participação efetiva de toda a turma nas intervenções.

## 5.2 Detalhamento das Aulas Ministradas Durante a Sequência Didática

A fim de facilitar no entendimento das atividades realizadas, o quadro abaixo apresenta de forma resumida as etapas desta pesquisa, as intervenções realizadas, as atividades desenvolvidas, quais os instrumentos de coleta de dados e o tempo de duração de cada intervenção.

## Quadro 12 - Informações da Pesquisa

**1 ETAPA – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL: LEVANTAMENTO DO CONHECIMENTO PRÉVIO****ATIVIDADES DESENVOLVIDAS:**

- Discussão sobre aspectos diversos da temática “Água”. Explicação sobre mapas conceituais. Construção do 1º mapa mental com concepções prévias dos alunos sobre o tema. Instrumento de coleta: 1. Duração: 2h/aula;
- Questionário diagnóstico sobre as concepções prévias dos alunos relacionado à temática “Água”. Instrumento de coleta: 1. Duração: 4h/aula.

**2 ETAPA – ORGANIZAÇÃO E CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO****ATIVIDADES DESENVOLVIDAS:**

- Desenvolvimento em sala de aula de conceitos para contextualização científica do tema “Água”, utilizando de vídeos, slides e apresentação oral. Instrumento de coleta: 3. Duração: 3h/aula;
- Visita técnica à ETA – Morro Redondo mostrando todas as etapas do tratamento de água de abastecimento e apresentação de palestra sobre o tema. Instrumento de coleta: 4. Duração: 3h/aula;
- Discussão sobre questões problematizadoras e escolha de seis locais do município de Contagem – MG para coleta de amostras de água e posteriores análises físico-químicas para atestar ou não sua qualidade. Instrumento de coleta: 5. Duração: 2h/aula.
- Aula explicativa sobre utilização do ALFAKIT para medição de onze parâmetros físico-químicos de qualidade da água. Instrumento de coleta: 6. Duração 2h/aula;
- Coleta das amostras de água dos locais escolhidos para análise e discussão sobre questões ambientais. Instrumento de coleta: 7. Duração: 2h/aula.
- EXPERIMENTO – Medição dos parâmetros de qualidade das amostras de água coletadas e reflexões sobre o

procedimento e reações envolvidas. Instrumento de coleta: 8. Duração 6h/aula;

- Trabalho em grupo para a pesquisa e explicação em sala dos resultados sobre as reações químicas envolvidas nas análises realizadas. Instrumento de coleta: 9. Duração: 3h/aula;
- Resolução em grupo de questões do ENEM sobre a temática “Água” e apresentação dos resultados em sala com a intervenção do professor. Instrumento de coleta: 10. Duração: 2h/aula.

### 3 ETAPA – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

#### ATIVIDADES DESENVOLVIDAS:

- Reunião dos dados das análises de qualidade da água, classificação segundo Resolução CONAMA 357 e divulgação dos resultados. Instrumento de coleta: 11. Duração: 2h/aula;
- Apresentação na FECITEX – Feira Técnica para divulgação dos resultados e conscientização ambiental. Instrumento de coleta: 12. Duração: 3h/aula;
- Apresentação no Seminário Científico da escola dos resultados obtidos de forma mais detalhada, visando a conscientização ambiental. Instrumento de coleta: 13. Duração: 3h/aula;
- Construção do 2º Mapa Conceitual com o intuito de estabelecer relações entre o conhecimento elaborado ao longo da sequência e seus conhecimentos prévios sobre o tema. Instrumento de coleta: 14. Duração: 3h/aula;
- Aplicação do 2º questionário com o objetivo de avaliar a aprendizagem e a evolução dos alunos no processo, bem como propor novas intervenções. Instrumento de coleta: 15. Duração: 2h/aula;

#### ENCERRAMENTO

Síntese escrita pelos estudantes comentando e se posicionando sobre o estudo em termos de importância e relevância. Instrumento de coleta: 16. Duração: 2h/aula.

Delizoicov et al (2002) consideram que a sala de aula é um local privilegiado para o estabelecimento de interações, entre elas as cognitivas, entre os estudantes e entre o professor e os alunos. Nesse sentido, destacam a importância de o professor conhecer o que os alunos já sabem, de maneira a potencializar essas interações. Os autores defendem a problematização como estratégia de ensino, baseada em uma abordagem temática, e propõem que a dinâmica da atuação docente em sala de aula se realize por meio de três momentos pedagógicos propostos, conforme descrito a seguir (Delizoicov e Angotti, 1991).

### 5.3 1º Momento Pedagógico – Problematização Inicial

Inicialmente, solicitei aos estudantes que construíssem um mapa mental individual, utilizando-se da ferramenta digital Google, com o tema central Água e de maneira livre, valendo-se de seus conhecimentos prévios para a confecção do mapa e seus desdobramentos, conforme apresentado no Anexo 2. Os estudantes tiveram uma semana para a realização do trabalho e na próxima aula, foram escolhidos cinco alunos para apresentarem sua produção de forma oral, para toda a sala, com o auxílio do projetor multimídia.

Além da apresentação do mapa, os alunos tiveram a oportunidade de explanar sobre as dificuldades encontradas para sua realização. Como não foi a primeira vez que utilizaram tal recurso, os desafios encontrados foram na disposição das ideias centrais do tema em termos de importância e significado.

Após a explanação dos mapas conceituais, na aula seguinte, foi aplicado um questionário aos estudantes, sob o título “ Percepções acerca do tratamento de Água de abastecimento para discentes”, apresentado no Anexo 1, de forma a analisar o conhecimento prévio científico e geral sobre o tema (tratamento de água e parâmetros de análise da qualidade da água), seguindo a ideia de formulação de perguntas de Lorencini Jr., 2008, que leva em consideração o discurso reflexivo e os conhecimentos prévios dos estudantes. Segundo o autor:

*O professor deverá compreender também, que nesse processo ele é o mediador na aprendizagem, ele deve reconhecer nos alunos suas concepções prévias e*

*promover neles, por meio de perguntas, maior elaboração cognitiva. É preciso, portanto que ele atue refletindo na sua ação, pois suas intervenções muitas vezes serão feitas a partir das respostas e reações dos alunos que vão gerar novas respostas e reações (Lorencini Jr., 2008, p. 13).*

Foi solicitado a cada estudante no questionário investigativo que expressasse suas concepções relativas as seguintes questões:

- a) Conhecimento de todas as etapas de tratamento de água de abastecimento;
- b) Importância da preservação das águas naturais para a preservação da vida na terra;
- c) Conhecimento dos critérios utilizados para classificar as águas como próprias para o consumo;
- d) Conhecimento do local de origem da água consumida pelo município;
- e) Conhecimento de todos os parâmetros que atestam a qualidade da água fornecidos pela companhia de abastecimento;
- f) Conhecimento do conceito de potencial hidrogeniônico (pH) e turbidez, da maneira de se calcular tais parâmetros em solução aquosa e da sua importância como parâmetro para se atestar a qualidade da água;
- g) Conhecimento do conceito de floculação como etapa do tratamento da água de abastecimento, bem como da quantidade ideal a ser utilizada no processo de tratamento;
- h) Reconhecimento na fatura da companhia de abastecimento de água, do consumo médio utilizado e da identificação dos parâmetros de qualidade medidos e informados.

Na aula seguinte, houve um debate sobre as questões com todos os estudantes envolvidos, com o objetivo de levantar as concepções prévias sobre os temas propostos. As principais ideias utilizadas para definir o tema “Água”, utilizando-se do mapa conceitual produzido, foram também debatidas em sala.

## 5.4 2º Momento Pedagógico – Organização do Conhecimento

Neste momento, houve o desenvolvimento de conceitos em sala de aula para a contextualização científica da temática “Água”. Foram utilizados vídeos e slides, de forma a intervir no processo de produção do conhecimento, fazendo os estudantes reconstruírem suas ideias iniciais sobre o tema.

Temas abordados:

- Poluição ambiental em cursos d’água;
- Importância da preservação dos mananciais hídricos;
- Parâmetros físico-químicos que atestam a qualidade da água de abastecimento;
- Classificação dos corpos d’água em termos de características e utilização;
- Etapas de tratamento da água de abastecimento;
- Medição de parâmetros de qualidade da água e as reações químicas envolvidas;
- Importância ambiental dos parâmetros de qualidade da água.

No próximo momento, foi realizada uma visita técnica com a turma à Estação de Tratamento de Água – Morro Redondo, em Belo Horizonte – MG. A visita iniciou-se com uma palestra ministrada pelo engenheiro responsável pela estação, mostrando, através da apresentação de slides, todas as etapas do tratamento. Após a palestra, os estudantes se dirigiram para visitar presencialmente as etapas do processo na estação. Na semana seguinte, em sala de aula, iniciei os trabalhos retomando a discussão de algumas questões problematizadoras lançadas no primeiro momento pedagógico, como as seguintes perguntas

- De onde vem a água que consumimos no município de Contagem?”
- Quais os principais parâmetros físico-químicos que atestam a qualidade da água de abastecimento?

Durante a discussão, solicitei aos estudantes que escolhessem seis locais do

município de Contagem – MG onde seria possível a coleta das amostras de água para análise dos parâmetros de qualidade. Os locais foram escolhidos de acordo com critérios como proximidade da escola e importância ambiental para a localidade. Foram eles:

- a) Represa Várzea das Flores
- b) Parque das jabuticabas
- c) Córrego do Bairro Nacional
- d) Parque Gentil Diniz
- e) Clube Arvoredo
- f) Água de torneira da escola

Após a escolha pelos estudantes, apresentei em sala de aula o kit de Educação Ambiental – ALFAKIT® – Eco Kit 2, adquirido com recursos próprios, que tem como objetivo medir os parâmetros de qualidade da água dos locais escolhidos anteriormente para posterior análise de sua qualidade. O material se apresenta como um kit educativo composto por frascos, reagentes e outros materiais necessários para realização de análises físico-químicas de onze parâmetros de qualidade da água. Ele é composto também por folhetos e manuais explicando o modo de usar e abordando a importância ambiental dos parâmetros analisados. Uma característica importante do material é possibilitar a utilização de experimentos simples e seguros por estudantes de escolas públicas ou particulares interessados pela questão da qualidade da água, podendo ser realizadas em campo.

No kit adquirido – Eco kit 2, os onze parâmetros medidos são:

- a) Temperatura
- b) pH
- c) Oxigênio dissolvido
- d) Nitrato amoniacal
- e) Nitrogênio na forma de nitrito
- f) Nitrogênio na forma de nitrato
- g) Ortofosfato
- h) Turbidez
- i) Coliformes totais

- j) Coliformes fecais
- k) Demanda Bioquímica de Oxigênio
- l) Temperatura

Após a explicação sobre a forma de medição dos parâmetros do kit educacional, planejei para a próxima aula a coleta de amostra de água de dois locais escolhidos por toda a turma. Foram então coletadas amostras de água da Praça da Jabuticaba e Parque Gentil Diniz. Toda a turma se deslocou aos locais para a coleta durante o horário de aula, devido à relativa proximidade da escola. As amostras foram recolhidas em garrafas de dois litros de água mineral, previamente limpas. A retirada das amostras foi feita utilizando-se de seringa de coleta específica, oferecida pelo kit educacional. Após o procedimento, as garrafas foram armazenadas na geladeira da escola para posterior análise.

Essa atividade em campo foi de extrema importância, pois possibilitou a contextualização da teoria com a prática a ser abordada em termos de uma conscientização ambiental. Os alunos não trazem em sua rotina de leitura ou em livros didáticos o tema abordado e as fontes que fornecem essas informações possuem, no mínimo, pouca profundidade sobre o assunto. Após o retorno para a escola, foi solicitado aos estudantes que coletassem as outras amostras de água dos outros locais. Os estudantes que residiam mais próximos aos locais se dispuseram a fazer a coleta e trouxeram as amostras na próxima semana, para então realizarmos as análises.

Na semana seguinte, iniciou-se a medição dos parâmetros de qualidade das amostras de água coletadas, utilizando-se do kit de educação ambiental ALFAKIT®, conforme roteiro 1 disponibilizado no Anexo 3. Os estudantes foram divididos em dois grupos de doze alunos para a realização da prática. A cada semana um grupo participava das análises, de tal forma a possibilitar uma maior interação do estudante com o procedimento e também minimizar os riscos inerentes ao trabalho prático em um laboratório com a turma completa. Cada grupo analisou duas amostras de água por aula. Como se trata da medição de onze parâmetros, priorizei o bom andamento das atividades sem intercorrências, para a melhor interpretação dos dados analíticos estudados.

Os estudantes se mostraram muito focados e entusiasmados na realização da prática, primeiramente devido à facilidade do método analítico apresentada pelo kit.

As amostras de água são adicionadas em cubetas específicas e os reagentes analíticos são misturados para, então, após a formação da reação química, compararmos a coloração da cubeta com os padrões fornecidos pelo fabricante. Vale ressaltar que, conforme informado pelo fabricante, os resultados possuem confiabilidade e, apesar de não apresentarem uma precisão elevada, como se utilizássemos um aparelho analítico para a medição, por exemplo, os métodos analíticos empregados estão em conformidade com o Standard Methods of Physical and Chemistry (1975).

Na semana seguinte, em sala de aula, foi solicitado aos estudantes que se dividissem em grupos de quatro alunos e que cada grupo ficasse responsável por pesquisar as reações químicas envolvidas em dois dos parâmetros para análise da água utilizado nos métodos. A fonte da pesquisa seria aberta, ou seja, utilizar de informações recolhidas da internet, mas também sugeri uma outra fonte para a pesquisa, o livro “Química Analítica Qualitativa”, de Vogel (1981). A escola conta com sete exemplares do livro e os estudantes foram orientados a utilizar de tal recurso, caso fosse necessário.

Após o término da atividade, foi solicitado aos grupos que preparassem a apresentação das reações para a próxima aula, utilizando o retroprojetor, e que cada grupo explicasse as reações envolvidas nas análises. Na próxima aula, foi distribuída uma lista contendo questões sobre água e tratamento de água e parâmetros de qualidade que foram utilizadas no ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio, desde sua implantação. Orientei que os estudantes se dividissem em grupos e que estabelecessem um diálogo a respeito do que foi discutido até o momento no trabalho para resolverem em conjunto as questões propostas.

### 5.5 3º Momento Pedagógico - Aplicação do Conhecimento

Segundo a metodologia proposta por Delizoicov (2011), no terceiro momento pedagógico, foram propostas atividades com o objetivo de analisar e reinterpretar as temáticas abordadas no trabalho, investigando os conhecimentos adquiridos pelos estudantes. Essas atividades possuem o objetivo de ampliar a visão do conhecimento e possuem a capacidade de fazer com que os estudantes reflitam sobre formas diferenciadas de intervenção da temática na sociedade, além de fomentar a visão

crítica do processo em si, tornando o estudante parte integrante do processo investigativo.

Solicitou-se que os estudantes reunissem os dados das análises de qualidade da água dos mananciais em uma tabela e, em seguida, que classificassem cada amostra em termos da resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005), utilizando-se dos parâmetros físico-químicos medidos no trabalho. Após a classificação, através da utilização de apresentação em sala com o projetor, relembrei as características dos diversos tipos de classe de água segundo essa resolução, suas características e a destinação de cada tipo, como forma de contextualizar os resultados obtidos no trabalho.

De posse dos resultados, solicitei aos estudantes que propusessem alguma forma de divulgação dos dados para a sociedade como forma de conscientização da importância da preservação dos mananciais do município. A intervenção escolhida foi a apresentação dos dados e resultados das análises na Feira de Iniciação Científica FECITEX – que conta com a presença de todos os alunos das outras unidades da FUNEC – além de estudantes de outras escolas municipais. Além da apresentação na feira, um grupo de alunos ficou encarregado de apresentar o tema de forma mais detalhada no seminário científico do curso técnico em Química da Unidade CENTEC, que ocorre anualmente, e conta com a presença de todos os estudantes do curso de Química da unidade.

Em seguida, foi solicitado aos estudantes a realização do segundo mapa mental apresentado no Anexo 5, que possui o objetivo de avaliar o conhecimento construído ao longo da sequência didática e relacioná-lo com os conhecimentos prévios sobre o tema. Cada grupo apresentou oralmente para a turma, com o auxílio do projetor multimídia, os resultados do mapa em termos das relações estabelecidas entre a temática central e os demais conceitos desenvolvidos.

Na semana seguinte, os estudantes responderam ao segundo questionário sob o título “Percepções acerca do tratamento de água de abastecimento para discentes”, apresentado no Anexo 4, relacionado aos assuntos abordados durante a sequência didática e com o objetivo de avaliar a aprendizagem e evolução dos alunos durante o processo, assim como de propor novas ideias para intervenções futuras. Em seguida, todas essas questões foram debatidas em sala de aula com todos os estudantes. Foi um momento importante do trabalho, em que tive a oportunidade de agradecer a participação e empenho de todos e também de estimular, durante a discussão das

respostas, qual a relação entre a concepção científica dos alunos antes e depois do trabalho realizado, mostrando as limitações da utilização do senso comum na construção do conhecimento científico. Por fim, os estudantes foram solicitados a desenvolver uma síntese escrita em forma de texto, comentando e se posicionando sobre o estudo feito em termos de importância para a sua formação.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, serão apresentados os resultados dos instrumentos aplicados previamente ao desenvolvimento da sequência didática, para posteriormente ser realizada uma análise dos dados obtidos em cada um deles, de acordo com cada momento de aplicação da pesquisa.

### 6.1 Instrumento 1 – Concepções Prévias dos Estudantes

Este questionário corresponde ao primeiro instrumento de coleta de dados aplicado durante a sequência (Anexo 1). Ele apresenta nove perguntas que foram elaboradas pelo autor, a partir da funcionalidade das perguntas na elaboração do conhecimento nas aulas de ciências, proposta por Lorencini Júnior (2008), que é um referencial teórico que possibilita compreender e prever os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema geral Água, etapas de tratamento e padrões de potabilidade. A tabela abaixo apresenta a estrutura geral do questionário, no qual as perguntas de 1 a 9 investigam o conhecimento prévio de vinte estudantes que responderam ao procedimento de cada tema abordado. Em cada assertiva, existe um espaço para a elaboração de comentários sobre a questão, que podem ser formuladas espontaneamente. Vale ressaltar que, como instrumento introdutório, nem todos comentaram aos questionamentos.

Tabela 1 - Estrutura do Questionário

PERGUNTAS	DF	DP	NTO	CP	CF
1. Conheço todas as etapas do tratamento de água de abastecimento utilizadas pela companhia de abastecimento do município.	4	5	5	5	1
2. Reconheço a importância da preservação das águas naturais para a manutenção da vida na terra.	0	1	2	7	10

3.Tenho conhecimento dos critérios utilizados para classificar as águas como próprias para o consumo humano	2	4	4	7	3
4.Tenho conhecimento do local de origem da água consumida pelo município	7	2	5	4	2
5.Tenho conhecimento de todos os parâmetros que atestam a qualidade da água fornecidos pela companhia de abastecimento	6	5	4	4	1
6.Tenho conhecimento do conceito de pH e da maneira de se calcular tal parâmetro em solução aquosa, bem como da sua importância como parâmetro para atestar a qualidade da água	2	8	3	5	2
7.Tenho conhecimento do conceito de turbidez e da maneira de se calcular tal parâmetro em soluções aquosas, bem como da sua importância como parâmetro para se atestar a qualidade da água de Abastecimento	3	7	4	4	2
8.Tenho conhecimento do conceito de floculação como etapa do tratamento da água de abastecimento e da maneira de se medir a quantidade ideal de floculante a ser utilizada no processo de tratamento pela companhia de abastecimento	2	6	3	5	4
9.Reconheço na fatura pela companhia de abastecimento o consumo médio utilizado e identifico os parâmetros de qualidade da água medidos e informados	4	4	2	6	4

Fonte: Autor (2024). Legendas: DF = Discordo fortemente C = concordância DP = Discordo parcialmente D = discordância NTO = Não tenho opinião formada CP = Concordo parcialmente CF = Concordo fortemente

A tabela abaixo relaciona o objetivo a ser analisado em cada assertiva para posterior análise segundo os critérios da análise de conteúdo de Bardin (2016).

Tabela 2 - Objetivos das Assertivas do Questionário

PERGUNTA	OBJETIVO
(1) Conheço todas as etapas do tratamento de água de abastecimento utilizados pela companhia de abastecimento do município.	Identificar o nível de conhecimento sobre o tratamento de água para o consumo humano.
(2) Reconheço a importância da preservação das águas naturais para a manutenção da vida na terra.	Verificar qual a bagagem científica sobre a importância da preservação das águas.
(3) Tenho conhecimento dos critérios utilizados para classificar as águas como próprias para o consumo humano	Verificar o nível de conhecimento sobre a classificação das águas segundo Resolução CONAMA 357
(4) Tenho conhecimento do local de origem da água consumida pelo município	Identificar o nível de conhecimento sobre captação da água que abastece o município em termos de localização e origem dos mananciais que abastecem a ETA responsável pelo abastecimento
(5) Tenho conhecimento de todos os parâmetros que atestam a qualidade da água fornecidos pela companhia e abastecimento	Verificar o conhecimento dos parâmetros físico químicos exigidos pela legislação que atestam a qualidade da água
(6) Tenho conhecimento do conceito de pH e da maneira de se calcular tal parâmetro em solução aquosa, bem como da sua importância como parâmetro para atestar a qualidade da água	Verificar o nível de conhecimento sobre o conceito de pH e a relação deste parâmetro em termos de importância na análise da qualidade da água.

(7) Tenho conhecimento do conceito de turbidez e da maneira de se calcular tal parâmetro em soluções aquosas, bem como da sua importância como parâmetro para se atestar a qualidade da água de abastecimento	Verificar o nível de conhecimento sobre o conceito de turbidez e a relação deste parâmetro em termos de importância na análise da qualidade da água
Tenho conhecimento do conceito de floculação como etapa do tratamento da água de abastecimento e da maneira de se medir a quantidade ideal de floculante a ser utilizada no processo de tratamento pela companhia de abastecimento	Verificar o nível de conhecimento sobre o conceito de floculação e a relação deste parâmetro em termos de importância no tratamento da água para abastecimento
Reconheço na fatura pela companhia de abastecimento o consumo médio utilizado e identifico os parâmetros de qualidade da água medidos e informados	Verificar o nível de conhecimento sobre a fatura da Companhia de Abastecimento em termos de importância dos valores dos parâmetros de qualidade informados e a consciência ambiental do consumo familiar da água utilizada

Fonte: Autor (2024)

A próxima etapa foi a organização das respostas em categorias, segundo o critério de representatividade de Bardin (2016). Neste momento, foi evidenciada uma estreita relação com conceitos da abordagem de ensino com orientação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) como forma de diálogo com a fundamentação teórica da pesquisa. Isso justifica, de forma ainda introdutória, a relevância da pesquisa, com o objetivo de impactar nas implicações sociais das Ciências Naturais e das tecnologias na vida dos estudantes, além de desenvolver valores e atitudes para uma ação social responsável. Neste momento, foram adicionadas respostas relevantes de alguns alunos como contextualização do

problema. A Tabela abaixo mostra a relação de cada assertiva em termos de Categoria com sua respectiva subcategoria explicitada pelos estudantes, analisadas a partir do exame dos dados empíricos no processo de construção do conhecimento científico. Vale lembrar que, como se trata de instrumento introdutório de análise, o número de estudantes que respondeu de forma escrita às indagações foi reduzido, o que de certa forma restringiu uma análise mais profunda das questões.

Tabela 3 - Relação entre Categorias e Subcategorias Analisadas

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	Nº DE UNIDADES DE ANÁLISE
(1) Representações de meio ambiente	Conservacionista/preservacionista	2
(2) Tecnologia como ferramenta para a melhoria na sociedade	Medição de parâmetros de qualidade da água para mensurar sua qualidade	1
(3) Ciência como ferramenta de construção do conhecimento na relação entre teoria e prática	Experimentos que mostram as etapas de tratamento da água	1
(4) Relevância social do conhecimento na divulgação de dados ambientais	Análise de parâmetro de qualidade da água na fatura residencial de água para abastecimento	1

Fonte: Autor (2024)

Como forma de explicitar os dados acima mencionados, no quadro abaixo, transcrevemos trechos escritos pelos estudantes sobre as questões levantadas, que entendemos ser as mais importantes para a investigação do conteúdo.

Quadro 13 - Respostas dos estudantes aos questionários separados em categorias

<p>Categoria 1 – Representações de meio ambiente</p> <p>PERGUNTA 2 do Questionário: Reconheço a importância da preservação das águas naturais para a manutenção da vida na terra.</p> <p>Aluno 7: - “Reconheço a importância da preservação dos recursos hídricos do município de Contagem e gostaria de conhecer mais sobre maneiras de conservação e como despertar a consciência. É uma das coisas mais importantes nos dias de hoje, com mudanças climáticas ocorrendo a todo momento, é a conscientização.”</p> <p>Aluno 3: - “Estou entusiasmado com o desenvolvimento de projetos que incentivem e deem visibilidade a prevenção de doenças relacionadas a água contaminada, a conscientização sobre a necessidade de proteger os ecossistemas aquáticos e garantir a sustentabilidade hídrica e claro a preservação do meio ambiente.”</p>
<p>Categoria 2 – Tecnologia como ferramenta para melhoria na sociedade</p> <p>PERGUNTA 3 do Questionário: Tenho conhecimento dos critérios utilizados para classificar as águas como próprias para o consumo humano.</p> <p>Aluno 17: - “Ainda não tive contato, mas tenho interesse no entendimento das análises da água, como coletar a água e desenvolver todos os testes de qualidade, podendo ver na prática a diferença entre os tipos de água coletadas e analisadas.”</p>
<p>Categoria 3 - Ciência como ferramenta de construção do conhecimento na relação entre teoria e prática.</p> <p>PERGUNTA 1 do Questionário: Conheço todas as etapas do tratamento de água de abastecimento utilizados pela companhia saneadora que distribui a água no município.</p>

Aluno 15 - “No ensino fundamental aprendi quais eram as etapas de tratamento da água. Mas agora no Ensino Técnico gostaria de aprofundar no assunto e relembrar o que aprendi antes na escola e compreender a explicação prática das teorias discutidas em sala de aula.”

Categoria 4 - Relevância social do conhecimento na divulgação de dados ambientais.

PERGUNTA 9 do questionário: Reconheço na fatura enviada pela companhia de abastecimento de água o consumo médio utilizado e identifico os parâmetros de qualidade medidos e informados.

Aluno 7: - “Analisar a conta de água da minha casa e percebi que existem cinco parâmetros que são colocados: cor, turbidez, coliformes totais, cloro residual e pH. Antes de responder o questionário nunca tinha observado estes dados. Como técnico em química vejo a necessidade de entender melhor sobre estes parâmetros para garantir a qualidade da água que bebemos.”

Fonte: Autor (2024)

A aplicação do Questionário introdutório mostrou-se adequada para investigar as ideias prévias dos estudantes manifestadas nas respostas e a categorização segundo os critérios de representatividade de Bardin (2016) auxiliou na construção dessa investigação.

Observou-se também, por parte de alguns estudantes após a separação das respostas por categorias, uma preocupação com questões ambientais e específicas sobre a qualidade da água consumida no município e um entusiasmo na continuação da pesquisa para o desenvolvimento de conceitos químicos específicos sobre o tema. O próximo passo foi, através da regra da representatividade proposta por Bardin (2016), reunir ideias semelhantes reproduzidas pelos estudantes na análise dos resultados.

Quadro 14 - Ideias Semelhantes nas respostas dos estudantes

<p>PERGUNTA 6 do Questionário</p> <p>Tenho conhecimento do conceito de potencial hidrogeniônico – pH – e da maneira de se calcular tal parâmetro em soluções aquosas, bem como da sua importância como parâmetro para se atestar a qualidade da água de abastecimento.</p> <p>PERGUNTA 7 do Questionário</p> <p>Tenho conhecimento do conceito de turbidez e da maneira de se calcular tal parâmetro em soluções aquosas, bem como da sua importância como parâmetro para se atestar a qualidade da água de abastecimento.</p> <p>IDEIAS SEMELHANTES COMPARADAS EM RELAÇÃO ÀS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES:</p> <p>Não reconhecimento do pH e da turbidez como parâmetro de qualidade da água.</p>
<p>PERGUNTA 1 do Questionário:</p> <p>Conheço todas as etapas do tratamento de água de abastecimento utilizados pela companhia saneadora que distribui a água no município.</p> <p>PERGUNTA 5 do Questionário:</p> <p>Tenho conhecimento de todos os parâmetros que atestam a qualidade da água fornecidos pela companhia de abastecimento.</p> <p>PERGUNTA 8 do Questionário:</p> <p>Tenho conhecimento do conceito de floculação como etapa do tratamento da água de abastecimento e da maneira de se medir a quantidade ideal de floculante a ser utilizada no processo de tratamento pela companhia de abastecimento.</p> <p>IDEIAS SEMELHANTES COMPARADAS EM RELAÇÃO ÀS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES:</p> <p>Não reconhecimento das etapas de tratamento da água (em especial a floculação) e dos parâmetros físico químicos que atestam a qualidade da água.</p>

PERGUNTA 2 do Questionário:

Reconheço a importância da preservação das águas naturais para a manutenção da vida na terra.

IDEIAS SEMELHANTES COMPARADAS EM RELAÇÃO ÀS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES:

Reconhecimento da importância da preservação ambiental das águas naturais.

Fonte: Autor (2024).

Neste momento, foi feita uma comparação das respostas em termos de porcentagens, por meio de concordância e discordância, conforme o quadro 15, apresentado a seguir.

#### Quadro 15 - Ideias Semelhantes dos Estudantes por Categorias

1. Não reconhecimento do pH e da turbidez como parâmetro de qualidade da água.

Comparando as assertivas 6 e 7, que investigam o conhecimento prévio sobre o conceito de pH e turbidez e a importância da medição destes parâmetros em termos de mensurar a qualidade da água analisada, observamos semelhança no resultados apresentado pelos alunos – 50% desconhecem o que foi perguntado. Neste sentido, observa-se uma linearidade em termos de conhecimento científico específico, evidenciada principalmente por se tratar de assunto ainda a ser trabalhado na pesquisa e a falta de conhecimento sobre o assunto pode nortear as ações futuras, à medida que a sequência se desenvolve.

2. Não reconhecimento das etapas de tratamento da água (em especial a floculação) e os parâmetros físico químicos que atestam sua qualidade.

45% dos estudantes desconhecem as etapas de tratamento da água e a floculação como conceito e como etapa do tratamento, conforme analisado nas assertivas 1 e 8 do questionário. 55% desconhecem quais os parâmetros físico-químicos que atestam a qualidade da água, conforme assertiva 5. Observa-se novamente aqui

semelhança nos resultados obtidos.

### 3. Reconhecimento da importância da preservação ambiental das águas naturais

85% dos estudantes consideram como importante a preservação ambiental das águas naturais. Esta assertiva possui o maior percentual de concordância do questionário e deve ser refletida sobre dois aspectos. O primeiro decorre da consciência ambiental individual dos estudantes e uma análise mais aprofundada sobre a questão deve exigir maiores esforços. O segundo aspecto que chama atenção é a divulgação de tal tema nos meios de comunicação, que certamente facilita a disseminação da questão na sociedade.

Fonte: Autor (2024)

Ainda pensando no desenvolvimento da alfabetização científica, é fundamental a construção do conhecimento pelos estudantes com o objetivo de transformar a forma de pensar e desenvolver habilidades e competências diversas neste percurso. Como afirma Sasseron e Carvalho (2011), o objetivo da alfabetização científica é:

*Planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cercada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (Sasseron e Carvalho, 2011, p. 61).*

## 6.2 Instrumento 2 – Construção do Mapa Mental

De acordo com Aguiar e Correia (2013), os mapas mentais são organizadores gráficos que utilizam suportes visuais para representar esquematicamente o conhecimento construído e reconstruído, auxiliando na retenção e recuperação de informações, facilitando, assim, a discussão e comunicação entre aluno e professor e contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem. Os mapas podem revelar as

conexões dos alunos que não tinham sido reconhecidas anteriormente, permitindo a apropriação de novos conhecimentos em suas estruturas cognitivas prévias, que passam a modificar ou alterar as concepções dos indivíduos.

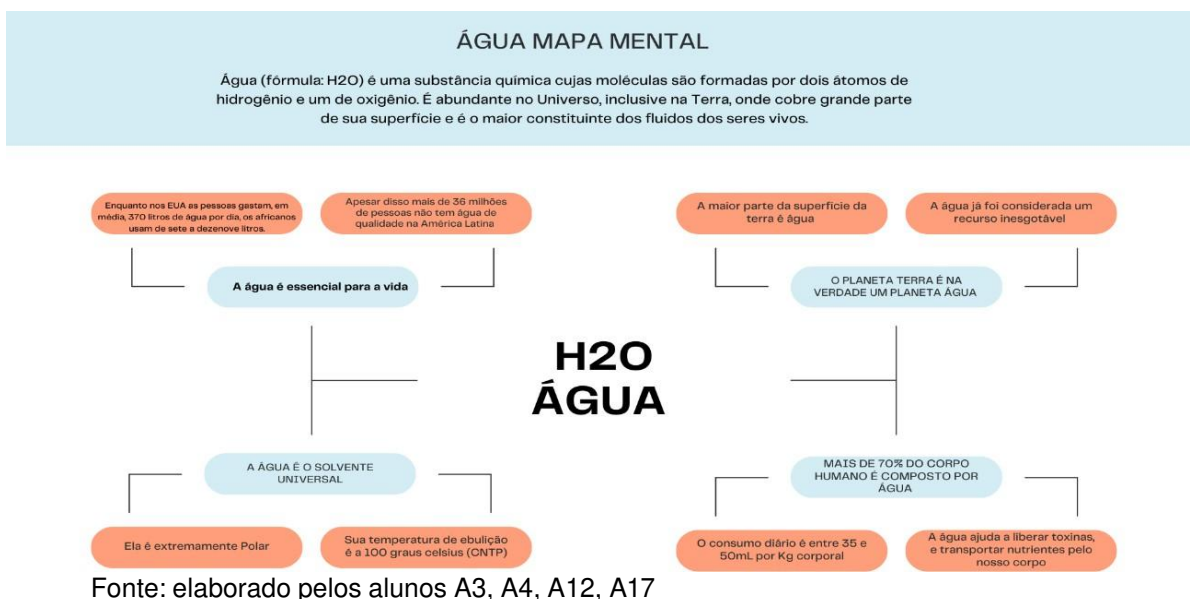
Considerando o instrumento contido do Anexo 5, os alunos foram convidados a se organizarem em grupos de até quatro estudantes, afim de elaborarem um mapa mental colaborativo que estabelecesse relações significativas entre o tema central “água”, utilizando as concepções prévias sobre o assunto de forma livre para uma análise e interpretação do pensamento como forma de mensurar e propor novas abordagens pedagógicas no desenvolvimento do trabalho. Não foram fornecidas palavras chave para a construção do mapa, mas foi sugerido aos estudantes que descrevessem a temática através de seus conhecimentos prévios, levando em consideração sua importância ambiental e para a sociedade.

De acordo com Aguiar e Correia (2013), as atividades colaborativas são estratégias importantes para permitir o intercâmbio social durante o processo de aprendizagem, pois envolvem alunos com diferentes níveis de entendimento sobre o conteúdo e devem ser usadas com mais frequência no ambiente escolar.

Observando a estrutura da rede proposicional de dois mapas conceituais, ou seja, sua forma, foi possível estabelecer uma relação entre a estrutura do mapa e o nível de entendimento que os alunos tinham sobre o tema.

Analisando o mapa 1, elaborado pelos alunos A3, A4, A12, A17 foi possível perceber a importância da explicação ambiental do recurso natural água, sua importância para a vida no planeta e sua constituição química. Contudo, fica evidente a falta de relação o conteúdo com qualquer ação antrópica que possa provocar sua poluição, bem como a não menção a nenhuma forma de tratamento para utilização para consumo humano.

Figura 4 - Mapa 1 produzido pelos alunos A3, A4, A12 e A17

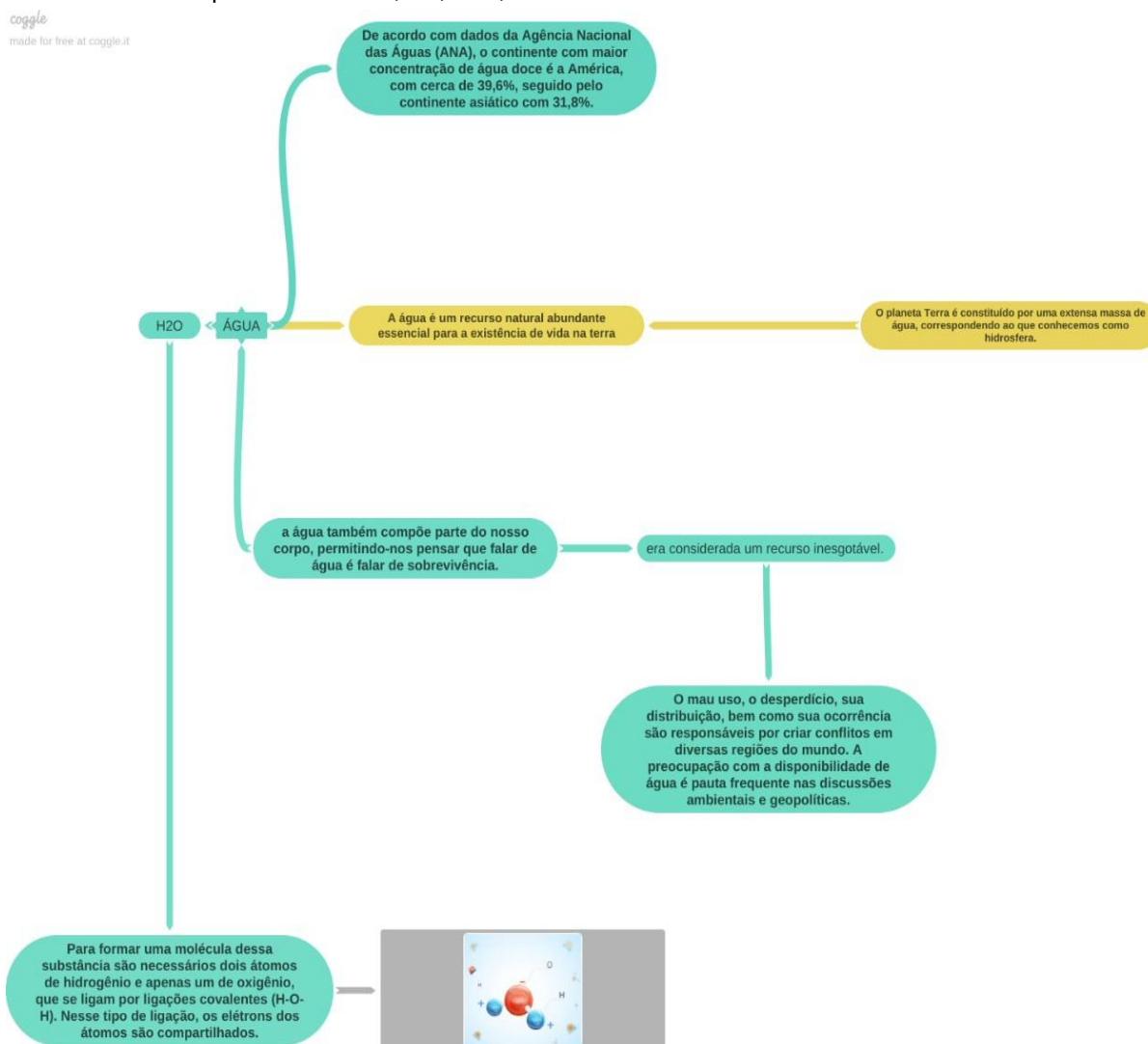


No mapa 2, mostrado na figura abaixo, observamos o mesmo viés ambiental e conservacionista em relação à água, mostrando sua importância como recurso natural e introduzindo algumas características físicas da mesma. Também aqui não há nenhuma relação com o seu tratamento e poluição ambiental, nem mesmo os parâmetros de qualidade necessários para utilização como recurso em nossa sociedade.

Apenas dois mapas mentais foram analisados como amostragem, pois os outros mapas construídos seguiram a mesma ideia básica dos que foram aqui representados. A investigação das ideias prévias dos estudantes em relação ao tema central “água” evidenciou a necessidade de aprofundamento científico e social no desenvolvimento de nosso trabalho. Fica claro a utilização do senso comum sobre o assunto nas respostas e construção dos mapas. Observamos muita dificuldade dos estudantes em estabelecer relações entre o conhecimento químico adquirido na escola e sua utilização na realização da atividade.

Figura 5 - Mapa 2 produzido pelos alunos A6, A9, A13 e A14

Fonte: elaborado pelos alunos A6, A9, A13, A14



## 6.3 2ª Etapa – ORGANIZAÇÃO E CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

### 6.3.1 Parte A – Apresentação de Vídeos – Problematização do Tema

Em sala de aula, foram reproduzidos para os estudantes dois vídeos sobre a temática água. O primeiro vídeo apresenta o título “Conheça os diferentes tipos de água”, produzido pela CETESB – Companhia Ambiental de São Paulo, que traz de forma bastante clara e objetiva os diferentes tipos de água segundo a Resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) e contextualiza a questão ambiental sobre o tema poluição das águas, o consumo inconsciente e o desperdício como os principais

problemas relacionados à gestão sustentável da água na atualidade.

O segundo vídeo, com o título “Água é insuficiente para a população em mais de 60 áreas de Minas Gerais”, produzido pelo Projeto Manuelzão da UFMG, mostra o aumento do consumo de água pela população e a escassez de volumes hídricos de chuva provocada pelas mudanças climáticas, levando a áreas de conflitos hídricos na região do Triângulo Mineiro, na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba e no Noroeste de Minas, na bacia hidrográfica do Rio São Francisco. No relatório, o IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, aponta que o setor agropecuário é o líder disparado no consumo, utilizando 72% dos recursos hídricos captados no estado, seguido pelo abastecimento público e consumo humano, que respondem por 15%, e mineração e indústria, que utilizam 9%. Os outros 4% se referem a usos diversos não especificados. O instituto também lembrou no documento que projeções futuras da Unesco, em nível global, estimam um aumento de pelo menos 30% na demanda de água até 2050, decorrente da semelhante projeção para a produção de alimento, energia e industrial para atendimento da população mundial. Com isso, reforçou o alerta de que, em se tratando de oferecer água de qualidade para todos, os desafios serão cada vez maiores e pedirão esforços também crescentes de gestores, do setor econômico e da sociedade civil.

Após a exibição dos vídeos, iniciei uma discussão acerca do conteúdo abordado nos documentários e solicitei a participação dos estudantes. Diversos deles se mostraram surpresos com as informações, principalmente em relação ao segundo vídeo, pois mostra o estado de Minas Gerais com escassez de água em diversas regiões, fato que todos desconheciam. Além disto, a constatação da agropecuária como o setor que mais gasta recursos hídricos em nossa sociedade causou muita surpresa em todos os estudantes de forma geral. Alguns estudantes também fizeram questão de lembrar sobre as causas de poluição das águas nos mananciais que abastecem as grandes cidades e as formas de solucionar os problemas trazidos pelo primeiro vídeo.

De forma geral, esta etapa do trabalho se mostrou de grande importância, pois acreditamos que, para implementar uma perspectiva dialógica em sala de aula, é necessário também contemplar a visão de mundo implícita na linguagem cotidiana e nos contextos sociais e tecnológicos em que a Química é importante, levando a verdadeira construção do conhecimento científico.

### 6.3.2 Parte B - Visita Técnica à Estação de Tratamento de Água Morro Redondo

Dando prosseguimento a sequência didática, os estudantes foram convidados a participarem de uma Visita Técnica à Estação de Tratamento de Água Morro Redondo, em Belo Horizonte Minas Gerais. Essa estação faz parte do conjunto de reservatórios do Sistema Rio das Velhas da COPASA – MG, que abastece a região metropolitana de Belo Horizonte. Vale ressaltar que o sistema de distribuição de água que abastece a região, inclusive a cidade de Contagem – MG, é constituído pelo sistema do Rio das Velhas e do Paraopeba. O sistema Paraopeba é constituído pelos reservatórios de Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores. Todos os sistemas estão interligados para o abastecimento de toda a região metropolitana, inclusive da cidade de Contagem – MG, onde a escola está inserida.

Como parte da investigação inicial da pesquisa, foi solicitado aos estudantes que indicassem o local de origem do manancial que abastece o município de Contagem – MG. Após analisarmos as repostas do questionário fornecido, constatamos que a maioria dos estudantes não sabiam responder ao questionamento e somente cinco estudantes informaram que o local seria a Represa Várzea das Flores, que se localiza dentro do município.

Na visita técnica, os estudantes foram recepcionados por um Engenheiro Ambiental que realizou uma palestra sobre as etapas de tratamento de água de abastecimento, para posterior visita ao local das etapas e informação de quais eram os parâmetros de qualidade da água medidos na Estação. Houve muitas perguntas feitas pelos estudantes, como por exemplo:

ESTUDANTE A6 – Qual o local de captação de água do município de Contagem?

ESTUDANTE A12 – Como é feita a contagem de coliformes totais e fecais pela estação de tratamento?

O interesse mostrado na palestra e na visita às etapas de tratamento da estação pelos estudantes foi surpreendente e serviu de motivação para a continuidade da pesquisa.

### 6.3.3 Parte C – Texto sobre a Importância da Preservação dos Mananciais e Escolha dos Locais de Coleta das Amostras de Água

O quinto instrumento de coleta de dados, apresentado no Anexo 6, apresenta uma reportagem da Revista Galileu sob o título: “Porquê preservar mananciais é importante para a segurança hídrica”. Os estudantes foram organizados em grupos para a leitura e, em seguida, cada grupo formulou sua explicação oral sobre o texto. Depois da apresentação inicial, foram orientados pelo professor a informar algumas causas e consequências da não preservação dos mananciais nas grandes cidades, identificando possíveis impactos ambientais à nossa sociedade, com o objetivo de despertar uma reflexão dos participantes para o problema.

Após a fala, apresentei, por meio de utilização de recursos multimídia, o site do Projeto Manuelzão da UFMG que, desde o ano de 1997, busca, por meio de ações integradas entre o poder público e a sociedade, a revitalização do Rio das Velhas na região metropolitana de Belo Horizonte e apresenta dentre suas vertentes ideológicas lutar por melhorias nas condições ambientais para promover a qualidade de vida da população.

Após esta intervenção, solicitei que algum estudante se manifestasse sobre a explicação fornecida e a importância do projeto para a sociedade em geral.

ALUNO 7 – Não tinha noção deste projeto e agora sei da sua importância. Ainda mais porque agora sabemos que o Rio das Velhas faz parte da bacia hidrográfica que abastece o município de Contagem e Belo Horizonte.

De acordo com os estudantes A3, A4, A13 e A14 (Grupo 2), “o desenvolvimento de projetos que incentivem e promovam a visibilidade ao tratamento de água são cruciais, pois contribuem para a diminuição de doenças relacionadas a água contaminada, a conscientização sobre a necessidade de proteger os ecossistemas aquáticos e garantir a sustentabilidade hídrica e a preservação do meio ambiente”.

As perguntas feitas aos estudantes foram propostas como forma de investigar a construção do conhecimento científico do primeiro eixo estruturante proposto por

Sasseron e Carvalho (2011). Em seguida, solicitei aos estudantes que escolhessem seis locais do município de Contagem para a coleta de amostras de água, com o objetivo de serem feitas análises da qualidade desses lugares como parte do trabalho de pesquisa. Após a escolha dos locais, foram informados que seriam feitas duas visitas monitoradas por toda a turma nos espaços escolhidos. As outras amostras seriam recolhidas por estudantes que morassem próximos aos locais determinados.

Os espaços escolhidos foram:

- Praça da Jabuticaba
- Parque Gentil Diniz
- Córrego do Bairro Nacional
- Água da torneira da escola
- Parque Arvoredo
- Represa Várzea das Flores

#### 6.3.4 Parte D – Aula Explicativa sobre a Utilização do Kit de Educação Ambiental ALFAKIT

Na próxima intervenção, apresentei aos estudantes o kit de Educação Ambiental ALFAKIT® 2, que mede de maneira simples nove parâmetros físico-químicos de qualidade da água: Temperatura, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, ortofosfatos, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, potencial hidrogeniônico e dois parâmetros microbiológicos: coliformes totais e *Escherischia coli*.

Cada parâmetro medido pelo kit é realizado em cubetas fornecidas pelo fabricante e todos os reagentes utilizados são disponibilizados em frascos conta-gotas de fácil manipulação. Após a adição da amostra de água a ser analisada nas cubetas, os reagentes são adicionados e, através da gradação de cor produzida, são relacionados com os padrões em termos quantitativos fornecidos no manual de utilização. O Colipaper® é o kit microbiológico disponibilizado no material. Ele oferece uma solução eficiente e prática para determinar simultaneamente a presença de *Escherischia coli* e coliformes totais em meios de cultura em DIPSLIDE de papel.

Após a explicação sobre a utilização do material a ser utilizado, indaguei a

turma sobre a importância da medição de tais parâmetros para avaliar a qualidade da água. Essa intervenção serviu para evidenciar a presença do terceiro eixo estruturante para o desenvolvimento da alfabetização científica – entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente proposto por Sasseron e Carvalho (2011).

PROFESSOR: — Qual a importância da medição dos parâmetros físico químicos para avaliar a qualidade da água?

ESTUDANTE A19: — DBO, Demanda Bioquímica de Oxigênio, mede a quantidade de matéria orgânica presente na água. Então, se existe muita matéria orgânica significa que a água está poluída.

Em seguida, fiz a seguinte intervenção, com vistas a convidar o estudante ao raciocínio e saber apresentar suas ideias ou mesmo argumentar, como bem apontado por Stuart e Marcondes (2009).

PROFESSOR: — Você acha que um estudante que não faça um curso técnico em Química saberia desta informação?

ESTUDANTE A19: — Acho que não.

PROFESSOR: — Vocês reconhecem a importância de se medir, por exemplo, a quantidade de ortofosfatos na água para avaliar sua qualidade?

Neste momento, toda a turma respondeu de forma negativa à pergunta feita. Foi solicitado aos estudantes que apresentassem de forma escrita a importância de cada parâmetro físico-químico e microbiológico a ser utilizado no procedimento, através de pesquisa sobre o assunto. Vale ressaltar que o próprio kit apresenta, no seu manual de utilização, tais informações.

No fim da atividade, refiz a pergunta ao estudante A19.

ESTUDANTE A19: — Pelo que pesquisei, o fósforo em grandes quantidades na água leva ao processo de eutrofização devido ao crescimento de algas. E é também nutriente essencial para o crescimento das bactérias responsáveis pelo consumo da matéria orgânica.

Essa resposta evidencia a presença do terceiro eixo estruturante na construção da alfabetização científica, como proposto por Sasseron e Carvalho (2011), de maneira a mostrar o entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.

Sasseron e Carvalho (2011), analisando os trabalhos realizados sobre alfabetização científica, citam o estudo de Shamos (1995), relacionando as três dimensões necessárias para o entendimento adequado do assunto. Assim como Miller, o autor confere três extensões para AC: cultural, funcional e verdadeira. A primeira forma estaria relacionada à cultura científica da qual tratamos anteriormente, suas especificidades e como suas construções relacionam-se com a sociedade; a forma funcional da AC aconteceria quando a pessoa soubesse sobre os conceitos e ideias científicos e utilizasse-os de maneira adequada para se comunicar, ler e construir novos significados e, por fim, a AC verdadeira ocorreria quando a pessoa entendesse como uma investigação científica se passa e esboçasse apreço pela natureza da ciência (Shamos, 1995, apud Sasseron e Carvalho, 2011, p.63).

Neste sentido, é desta maneira que o professor deve intervir para que seus estudantes estabeleçam diálogos entre as visões cotidianas e científicas de mundo e aprendam os vários conceitos científicos que devem ser tratados em sala de aula.

Após a intervenção inicial sobre a utilização do Kit de Educação Ambiental - ALFAKIT®, foi solicitado aos estudantes que respondessem a um novo Questionário (Anexo 7) sobre o mesmo tema gerador, mas agora utilizando-se de perguntas formulados com viés ambiental e relacionadas ao Ensino de Química. No quadro abaixo, foi transcrito o questionário aplicado e, em seguida, foi realizado o procedimento analítico proposto.

#### Quadro 16 - Questionário Investigativo Sobre Análise de Qualidade da Água

**QUESTÃO GERADORA:** COMO OS ALUNOS DESENVOLVEM O TEMA “MEDIÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS DA ÁGUA” UTILIZANDO-SE DO KIT DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL ALFAKIT E QUAIS OS CONCEITOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS

1 QUANDO VOCÊ PENSA EM QUALIDADE DA ÁGUA, O QUE LHE VEM EM MENTE?

Objetivo da questão: Identificar a representação de qualidade da água que os

estudantes possuem.

2 HOJE, VIVENCIAMOS INÚMEROS PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS À POLUIÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA, COMO BACTÉRIAS, VÍRUS, PARASITAS, FERTILIZANTES, PESTICIDAS, MEDICAMENTOS, NITRATOS, FOSFATOS, PLÁSTICOS, RESÍDUOS FECALIS E ATÉ SUBSTÂNCIAS RADIOATIVAS. A QUÍMICA TERIA ALGUM IMPLICAÇÃO NESSAS MUDANÇAS? PORQUE?

Objetivo da questão: Verificar a ideia que o estudante possui da atividade química, se é causadora do problema ou não.

3 É POSSÍVEL USAR A QUÍMICA PARA A MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA?

Objetivo da questão: Identificar sua predisposição a trabalhar com a temática.

4 QUAIS OS CONHECIMENTOS DE QUÍMICA PODERIAM SER TRABALHADOS COM O TEMA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA? COMO FARIA ISSO?

Objetivo da questão: Verificar se o estudante consegue perceber a relação dos conceitos/conteúdos químicos com a temática análise de água.

5 ALÉM DO CONHECIMENTO QUÍMICO, QUE OUTROS ASPECTOS PODEMOS RELACIONAR COM O ENTENDIMENTO DA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO?

Objetivo da questão: Verificar se o estudante supera o a abordagem tradicional de ensino e aborda outros aspectos tais como os sociais, políticos e econômicos sobre o tema.

6 HÁ LIMITES E DIFICULDADES DE SE TRABALHAR COM ESTA TEMÁTICA? QUAIS SÃO E POR QUÊ?

Objetivo da questão: Verificar quais as limitações para este trabalho.

7 VOCÊ CONSIDERA O TEMA TRATAMENTO DE ÁGUA COMO

RELACIONADO AO CONTEÚDO CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE? POR QUÊ?

Objetivo da questão: Averiguar se o estudante consegue relacionar a abordagem CTSA com o trabalho.

8 DE QUE FORMA A MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO-SE DO KIT DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL ALFAKIT PODE FACILITAR O ENTENDIMENTO SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL?

Objetivo da questão: Verificar quais são as limitações e vantagens de fazer medições analíticas de forma prática e facilitada.

9 DE QUE FORMA A MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO-SE DO KIT DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL ALFAKIT PODE FACILITAR O ENTENDIMENTO SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL?

Objetivo da questão: Verificar quais são as limitações e vantagens de fazer medições analíticas de forma prática e facilitada.

Fonte: Autor (2024)

Na fase final, organizamos a categorização, ou seja, explicitamos categorias e as subcategorias com base nas unidades de sentido identificadas anteriormente. Os detalhes do trabalho dialogaram com o referencial teórico, com o objetivo de embasar as análises dando sentido a interpretação.

Na tabela a seguir, estão apresentadas as categorias e as subcategorias que resultaram da análise do tema proposto inicial:

Tabela 4 - Categorização das Respostas dos Estudantes ao Questionário

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	Nº DE UNIDADES DE ANÁLISE

REPRESENTAÇÕES DE MEIO AMBIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservacionista/preservacionista</li> <li>• Antropocêntrica</li> <li>• Representações socioambientais</li> <li>• Representação científica</li> </ul>	4 2 3 2
EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE QUÍMICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abordagem CTSA –Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente</li> <li>• Importância da Educação Ambiental</li> <li>• Currículo com pouco espaço para inovações</li> <li>• Importância da temática Sustentabilidade</li> </ul>	2 3 1 2
ANÁLISE PRÁTICA DOS PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise Química qualitativa facilitadora de ensino</li> <li>• Ensino de técnicas de laboratório</li> </ul>	4 2

Fonte: Autor (2024)

A tabela acima foi elaborada como resultado de todo o processo de análise e apresenta de forma condensada as ideias que foram discutidas pelos estudantes. Do total de categorias e de subcategorias, agora são apresentados alguns destaques, conforme quadro abaixo. Das nove perguntas formuladas no questionário, selecionamos quatro respostas dos estudantes que entendemos ser mais importantes na análise dos resultados.

#### Quadro 17 - Respostas dos Alunos ao Questionário

PERGUNTA 2 – HOJE, VIVENCIAMOS INÚMEROS PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS A POLUIÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA COMO BACTÉRIAS, VÍRUS, PARASITAS, FERTILIZANTES, PESTICIDAS, MEDICAMENTOS, NITRATOS, FOSFATOS, PLÁSTICOS, RESÍDUOS FECAIS E ATÉ SUBSTÂNCIAS RADIOATIVAS. A QUÍMICA TERIA ALGUM IMPLICAÇÃO NESSAS MUDANÇAS?

PORQUE?

CATEGORIA – REPRESENTAÇÕES DO MEIO AMBIENTE – Subcategoria: Antropocêntrica.

**ESTUDANTE A7** – Entendo que a contaminação dos recursos naturais é uma consequência dos impactos ambientais. E o ser humano é o grande causador deste fenômeno. O crescimento desenfreado da população leva a uma alteração da natureza para que ela possa atender as nossas necessidades sociais. Existem diversas medidas que podem ser tomadas para a diminuição da interferência humana no meio ambiente e a conscientização é a principal delas. Toda sociedade precisa entender que a preservação dos cursos d'água é fundamental para o futuro de nossos filhos. A química ao invés de alterar o meio ambiente de forma negativa pode ser uma aliada na sua preservação. A atividade desenvolvida em sala de aula, utilizando-se de conceitos e aparelhagens de medição dos parâmetros de qualidade da água é um exemplo de sua importância e não é de forma nenhuma a causadora do desequilíbrio ambiental.

PERGUNTA 5 – ALÉM DO CONHECIMENTO QUÍMICO, QUE OUTROS ASPECTOS PODEMOS RELACIONAR COM O ENTENDIMENTO DA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO?

CATEGORIA: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE QUÍMICA Subcategoria: Importância da Educação Ambiental.

**ESTUDANTE A12** – O trabalho que desenvolvemos durante o ano foi importante em diversos aspectos. Tivemos contato com formas alternativas de medição dos parâmetros físico químicos que avaliam a qualidade da água que consumimos. O tema foi proposto inicialmente por toda a turma e acho que com isso tivemos mais interesse sobre o assunto. Também podemos comparar as análises técnicas de medição dos parâmetros feitas em laboratório com o ALFAKIT® e o resultado foi semelhante nos dois métodos. A química é uma ciência de estudo e diálogo apropriado para a Educação Ambiental, pois possibilita diferentes percepções sobre a realidade, ampliando nossas concepções de mundo e natureza. Ela também auxilia no entendimento da necessidade de aprimorar a conscientização da população para uma melhor relação entre sociedade e o meio ambiente.

PERGUNTA 7 – VOCÊ CONSIDERA O TEMA TRATAMENTO DE ÁGUA COMO RELACIONADO AO CONTEÚDO CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE? PORQUE?

CATEGORIA – EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE QUÍMICA –  
Subcategoria: Abordagem CTSA –

Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

**ESTUDANTE A4** – Depois da sequência didática apresentada pelo professor, pude tomar conhecimento que a Ciência é produzida pelo homem e está presente na vida de todos sem exceção. Com isso, é muito importante o acompanhamento do desenvolvimento da Ciência para que tenha um impacto positivo na sociedade. É a que precisa se conscientizar e participar das decisões para que haja um crescimento ordenado da população sem a destruição dos recursos naturais. A tecnologia é aliada da Ciência neste papel e contribui como um todo para que o objetivo principal seja atingido que é a aplicação deste conhecimento no dia a dia das pessoas.

PERGUNTA 8 – DE QUE FORMA O CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA PROPICIA O ENTENDIMENTO SOBRE A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DOS CURSOS D'ÁGUA?

CATEGORIA: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE QUÍMICA – Subcategoria:  
Currículo com pouco espaço para inovações.

**ESTUDANTE A5** – As análises da qualidade da água são fundamentais para conseguirmos entender mais sobre educação ambiental. A forma que o professor iniciou o projeto facilitou para nós, alunos, o entendimento porque tudo começou com uma pergunta inicial e nós alunos que fomos construindo o que seria ser feito. No curso Técnico, normalmente, os roteiros de prática já estão prontos e precisamos apenas aplicar o que está escrito. Achei interessante da forma que foi trabalhado e sugiro que, na medida do possível, todo o conteúdo do curso pudesse ser feito desta maneira, onde pudesse ser sugerido temas que os alunos pudessem propor e não o que já está presente no conteúdo normal do curso.

PERGUNTA 9 – DE QUE FORMA A MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA, UTILIZANDO-SE DO KIT DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

ALFAKIT, PODE FACILITAR O ENTENDIMENTO SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL?

CATEGORIA: ANÁLISE PRÁTICA DOS PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA.

Subcategoria: - Análise Química qualitativa facilitadora de ensino.

**ESTUDANTE A11** – A utilização do kit para a medição dos parâmetros de qualidade da água facilitou e muito o entendimento do assunto. No curso técnico tivemos a oportunidade de medirmos alguns parâmetros utilizando o método analítico convencional. Um exemplo foi a determinação de oxigênio dissolvido pelo método de titulação. Para um técnico é muito importante o aprendizado do procedimento, mas os cálculos e a prática são muito trabalhosos. Com o kit pudemos realizar a medição de onze parâmetros em poucas horas. Sei que os valores não apresentam grande precisão nos resultados, mas o objetivo final que é determinar a qualidade da água que está sendo feita a medição ficou muito mais fácil. Além disso, penso que este procedimento poderia ser utilizado em um Ensino Médio normal, em escolas que não apresentam recursos sofisticados para que o conhecimento da Química possa ser trabalhado para a população em geral.

Fonte: Autor (2024)

Como forma de contextualizar as respostas dos estudantes com o referencial teórico abordado na pesquisa, abaixo transcrevemos novamente a resposta do estudante A7 para a questão 2 do questionário proposto:

ALUNO A7 – Entendo que a contaminação dos recursos naturais é uma consequência dos impactos ambientais. E o ser humano é o grande causador deste fenômeno. O crescimento desenfreado da população leva a uma alteração da natureza para que ela possa atender as nossas necessidades sociais. Existem diversas medidas que podem ser tomadas para a diminuição da interferência humana no meio ambiente e a conscientização é a principal delas. Toda sociedade precisa entender que a preservação dos cursos d'água é fundamental para o futuro de nossos filhos. A química ao invés de alterar o meio ambiente de forma negativa pode ser uma aliada na sua preservação. A atividade desenvolvida em sala

de aula, utilizando-se de conceitos e aparelhagens de medição dos parâmetros de qualidade da água é um exemplo de sua importância e não é de forma nenhuma a causadora do desequilíbrio ambiental.

Nesta resposta, podemos evidenciar as seguintes características que um estudante deve apresentar em termos de ser alfabetizado cientificamente, conforme estudo de Fourez (1994):

- a) Utiliza os conceitos científicos, é capaz de integrar valores, e sabe fazer por tomar decisões responsáveis no dia a dia.
- b) Compreende que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.
- c) Conhece os princípios conceitos, hipótese e teorias e é capaz de aplicá-los.
- d) Compreende que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos.
- e) Faz distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal.

Segundo Sasseron e Carvalho (2008, p. 4), a alfabetização científica “não será completamente alcançada em aulas de Ensino de Ciências”, pois “é um processo em constante construção, apesar disso é possível almejá-la e buscar desenvolver certas habilidades entre os alunos”. O ensino que objetiva a promoção da alfabetização científica deve estar baseado em um currículo diferenciado, que permita um Ensino de Ciências mais significativo. São várias as habilidades julgadas necessárias quando se almeja a alfabetização científica e deveriam ser o ponto de apoio na idealização, planejamento e análise de propostas para o Ensino de Ciências.

No trabalho desenvolvido por Milani, e Lara e Costa (2022) sob o título “Análise de qualidade da água e do solo utilizando Alfakit – Abordagem teórico prática para Ensino de Ciências na escola Paulo VI – Canoas, RS” e citado na revisão de literatura, buscou-se como objetivo também o desenvolvimento da alfabetização científica ao aproximar o estudante de problemas locais por meio de questionamentos e da busca por solução de questões da comunidade onde estão inseridos.

Além de um planejamento diferenciado, é necessária uma atuação docente que enfatize uma educação crítica, transformadora, inovadora e formadora de opiniões. Não cabe somente ao professor este desafio, mas ao sistema educacional como um

todo, o qual deve proporcionar condições materiais, profissionais e intelectuais capazes de assegurar aos professores uma atuação educativa mais efetiva.

### 6.3.5 Parte E – Visita Monitorada para Coleta das Amostras de Água

Como forma de evidenciar a presença do primeiro, segundo e terceiro grupo dos indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008) ,durante o início da intervenção em sala de aula, fiz o seguinte questionamento aos estudantes:

PROFESSOR: - Quais os locais do nosso município que vocês consideram importantes para coletarmos as amostras de água e posteriormente fazermos as análises dos parâmetros físico-químicos que atestam sua qualidade?

A resposta dada pelo estudante A6 evidenciou a presença indicador Sieriação de informações, ligado ao estabelecimento de bases para a ação investigativa, e pode ser uma lista ou uma relação dos dados trabalhados. O estudante respondeu:

ESTUDANTE A6 – Acho que devemos escolher locais próximos da escola para as coletas serem realizadas mais facilmente e também locais que possam mostrar para a comunidade se a água é de qualidade ou não. As nascentes dos parques devem possuir água limpa e os córregos sabemos que estão muito poluídos. Devemos utilizar destes critérios para escolhermos.

Ainda durante a intervenção, fiz a seguinte pergunta aos estudantes:

PROFESSOR: Mas que certeza temos de que o córrego que passa perto de nossa escola está poluído?

A resposta dada pelo estudante A4 evidenciou a presença do indicador Teste

de hipóteses, etapa em que as suposições levantadas anteriormente são colocadas a prova, ocorrendo no nível das ideias, baseadas em atividades de pensamento que se utilizam de conhecimento anteriores.

ESTUDANTE A4 – Todos nós sabemos que a água é poluída. É só olhar a cor da água e o cheiro que ela exala. Mas nós devemos, como estudantes de Química, fazer as análises para comprovar que está poluída. E depois de comprovar devemos mostrar para a população o que está acontecendo.

Após a fala, apresentei, por meio de utilização de recursos multimídia, o site do Projeto Manuelzão, da UFMG, que desde o ano de 1997 busca, por meio de ações integradas entre o poder público e a sociedade, a revitalização do Rio das Velhas, na região metropolitana de Belo Horizonte, e apresenta dentre suas vertente ideológica: lutar por melhorias nas condições ambientais para promover qualidade de vida da população. Após esta intervenção, solicitei que algum estudante se manifestasse sobre a explicação fornecida e a importância do projeto para a sociedade em geral.

ALUNO A7 – Não tinha noção desse projeto e agora sei da sua importância. Ainda mais porque agora sabemos que o Rio das Velhas faz parte da bacia hidrográfica que abastece o município de Contagem e Belo Horizonte.

De acordo com os estudantes A3, A4, A13 e A14 (Grupo 2) “O desenvolvimento de projetos que incentivem e promovam a visibilidade ao tratamento de água é crucial, pois contribuem para a diminuição de doenças relacionadas à água contaminada, à conscientização sobre a necessidade de proteger os ecossistemas aquáticos e garantem a sustentabilidade hídrica e a preservação do meio ambiente”.

As perguntas feitas aos estudantes foram propostas como forma de investigar a construção do conhecimento científico do primeiro eixo estruturante proposto por Sasseron e Carvalho (2011).

Na próxima etapa do trabalho, foi realizada uma visita monitorada pelo professor com toda a turma, no horário de aula, a dois locais de coleta escolhidos anteriormente pelos estudantes: A praça da Jabuticaba e o Parque Gentil Diniz. Os locais foram escolhidos por serem próximos à escola, o que viabilizava o retorno dentro do horário estipulado para as aulas da disciplina. Na praça da Jabuticaba,

local organizado para atividades culturais para a população do município e que contém diversas árvores frutíferas, dentre elas a fruta que leva o seu nome, a coleta foi realizada e, de forma geral, houve por parte de toda a turma certa surpresa e preocupação com o estado da água no local.

Abaixo, foram reproduzidos alguns diálogos presenciados durante a intervenção. Neste momento, a construção do conhecimento se deu através dos três eixos estruturantes da alfabetização científica proposto por Sasseron e Carvalho (2011).

O estudante A3 fez a seguinte intervenção:

ESTUDANTE A3 — Não sabia do estado dessa água. Tem um cheiro muito forte, está escura e suja. Estou até com nojo de manipular.

Após a fala, fiz a seguinte intervenção, buscando diálogo com o primeiro eixo estruturante da alfabetização científica:

PROFESSOR — O termo água escuro está relacionado com qual parâmetro de qualidade da água?

ESTUDANTE A9 — Turbidez.

PROFESSOR — E como faremos para ter certeza que esta água está realmente suja?

ESTUDANTE A9 — Temos que realizar as análises na escola para determinar a qualidade da água.

PROFESSOR — Quais são estas análises?

ESTUDANTE A9 — Turbidez, coliformes fecais, teor de cloro, oxigênio dissolvido.

PROFESSOR — De onde você lembrou que o teor de cloro e coliformes fecais são parâmetros que atestam a qualidade da água?

ESTUDANTE A9 — Da conta da COPASA.

Neste momento, a intervenção evidenciou a presença do primeiro eixo estruturante da alfabetização científica proposto por Sasseron e Carvalho (2011) pois refere-se a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos que circundam sua prática.

O local recebe rejeitos de esgoto não tratado de um córrego que passa atrás de suas dependências e a área é considerada nobre no município localizada no centro da cidade. Os estudantes se mostraram surpresos com a situação e questionaram como o poder público municipal permitia o contato desta água com a população.

O estudante A8 fez a seguinte observação:

ESTUDANTE A8 — Isso é caso de saúde pública. Um absurdo.

PROFESSOR — O que podemos fazer para alertar ao poder público sobre o problema?

ESTUDANTE A8 — Podemos realizar as análises da água e levar o resultado para os vereadores.

PROFESSOR — Você acha que isso solucionará o problema?

ESTUDANTE A8 — Precisamos tentar.

PROFESSOR — Mas além dos vereadores, que poderíamos alertar?

ESTUDANTE A8: — Tenho certeza que toda a população deveria saber e se preocupar com o que está acontecendo.

PROFESSOR — Você já parou para pensar que talvez a maioria da população saiba do problema e não se preocupa com o caso?

ESTUDANTE A8 — Tem razão. Mas é nossa função alertar.

O diálogo relatado acima evidencia a presença do segundo eixo estruturante da alfabetização científica conforme Sasseron e Carvalho (2011), fazendo o estudante compreender a natureza das ciências em termos de decodificação dos resultados, mostrando seu caráter social da investigação.

Em seguida, foi feita a coleta da água no Parque Gentil Diniz. O local é totalmente arborizado e conta com uma nascente de água dentro de suas dependências. A amostra de água recolhida para análise foi retirada da nascente e os estudantes puderam evidenciar a clareza da água retirada. De forma geral, a turma não sabia da existência da nascente dentro do parque e se mostraram surpresos com a constatação.

O estudante A8 considerou:

ESTUDANTE A8 — Será que essa água está contaminada? Será que tem esgoto aqui perto que suja essa água também? Seria horrível isso.

Neste momento, fiz a seguinte observação:

PROFESSOR — A água tem influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano. É nosso papel fazer nossa parte neste processo e cobrar do poder público políticas públicas de preservação deste recurso.

A partir desse episódio relatado, em que o professor estabelece um diálogo com os estudantes, pode-se afirmar que tal intervenção evidenciou a presença do terceiro eixo da alfabetização científica, atitudes em relação a ciência, que diz respeito ao impacto da ciência e tecnologia na sociedade, proposto por Sasseron e Carvalho (2011).

Esta intervenção se mostrou muito eficiente na promoção da conscientização dos estudantes para promover a preservação dos mananciais e também possuiu o papel de levar os estudantes para fora das dependências da escola. O conhecimento construído neste curto espaço de tempo certamente promoverá a divulgação destes acontecimentos para toda a comunidade envolvida.

A Ciência contribui para a formação da cidadania (Lorenzetti, 2000; Chassot, 2000), o que significa que a educação permite que os alunos atuem de forma mais ativa na sociedade, possibilitando o desenvolvimento do processo de alfabetização científica. Sendo assim, a alfabetização científica é o processo pelo qual a linguagem das ciências naturais adquire significados, de modo a possibilitar aos alunos a compreensão de seu universo, propiciando o acesso a novas formas de conhecimento e cultura e capacitando-os a exercer a cidadania na sociedade em que vivem (Lorenzetti, 2000).

### 6.3.6 Parte F – Medição dos Parâmetros de Qualidade da Água das Amostras Coletadas

A parte seguinte da sequência foi realizada em laboratório, sendo a turma distribuída em duas partes para um melhor acompanhamento, permitindo a realização individual com cada grupo. Seguindo o manual de utilização do ALFAKIT® – ECO II,

foram medidos os parâmetros mencionados abaixo. Vale salientar que o aparato para medição da turbidez consegue medir a partir de valores de 25 NTU. As amostras coletadas todas tinham valores abaixo das especificações e, por esse motivo, não foram mensuradas. Para a medição da DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, foram medidos valores de oxigênio dissolvido em dois períodos de tempo fornecidos pelo fabricante e, a partir dos valores obtidos, calculou-se o valor para o parâmetro. A medição dos coliformes totais e *Escherischia coli*, utilizando-se de Colipaper®, foi realizada através da permanência na estufa a 36° C por 16 horas, conforme especificações no manual de utilização.

Tabela 5 - Valores dos Parâmetros Medidos para as Amostras de Água Coletadas

TEMPERATURA	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	NITRATO AMONIACAL	NITROGÊNIO - NITRATO	NITROGÊNIO - NITRITO	ORTO FOSFATO	pH & TURBIDEZ	COLIFORMES FECAIS	D.B.O	
Parque das Jabuticabas	24°C	9,0 mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	2,0 mg L <sup>-1</sup> N-NH <sub>3</sub>	2,5 mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,2 mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,75 mg L <sup>-1</sup> PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	pH: 7 Turbidez: <25 NTU	104.115 UFC/100mL	2 mg/L
Água da Torneira	22°C	9,0 mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	0,0 mg L <sup>-1</sup> N-NH <sub>3</sub>	0,10 mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0 mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,0 mg L <sup>-1</sup> PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	pH: 7 Turbidez: <25 NTU	Zero	1 mg/L
Várzea das Flores	----	9,0 mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	1,0 mg L <sup>-1</sup> N-NH <sub>3</sub>	0,7 mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-----	----	pH: 7 Turbidez: -----	----	
Córrego B Nacional	-23,5°C	9,0 mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	3,0 mg L <sup>-1</sup> N-NH <sub>3</sub>	0,0 mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0 mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,0 mg L <sup>-1</sup> PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	pH: 7 Turbidez: <25 NTU	17.075 UFC/100mL	3,4 mg/L
Parque Gentil Diniz	----	----	0,0 mg L <sup>-1</sup> N-NH <sub>3</sub>	-----	0,0 mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	----	pH: 6 Turbidez: <25 NTU	22 UFC/100mL	----

					2				
Arvoredo	25°C	8,0 mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	01,0 mg L <sup>-1</sup> N NH <sub>3</sub>	2,5 mg L <sup>-1</sup> N-NO <sup>-</sup> 3	0,025 mg L <sup>-1</sup> N-NO <sup>-</sup> 2	0,75 mg L <sup>-1</sup> PO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4	pH: 8 Turbidez: <25 NTU	800 UFC/100mL	1 mg/L

Fonte: Autor (2024)

Durante a realização dos experimentos, algumas intervenções foram feitas pelos estudantes em relação ao procedimento.

O estudante A1 fez a seguinte indagação:

ESTUDANTE A1 — No procedimento realizado, não conseguimos medir a turbidez porque o equipamento não apresentava sensibilidade para a medição em valores abaixo de 25 NTU. Se fosse necessário a medição, como iríamos realizar?

Realizei então a seguinte intervenção:

PROFESSOR — Segundo informações do fabricante, o KIT educacional utilizado possui certificação do Standard Methods of Physical Chemistry, mas não possui precisão em suas medidas. Os valores obtidos são confiáveis, mas se for necessária uma análise mais precisa dos valores, devemos utilizar os equipamentos individuais para a sua medição que no caso seria o turbidímetro de bancada. Sabemos que nossa escola possui em sua estrutura equipamentos diversos para estas medições, dentre eles o turbidímetro e o peagâmetro. O kit de educação ambiental foi utilizado como ferramenta pedagógica devido à sua simplicidade de medição dos parâmetros analisados e contextualização com o conteúdo ambiental que nosso projeto se destina a realizar.

As análises em laboratório dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água e a contextualização dos dados de certos parâmetros em termos de precisão e confiabilidade, conforme relatado no diálogo acima, evidencia a presença do primeiro eixo estruturante da alfabetização científica, conforme estudo de Sasseron e Carvalho (2011), levando o estudante à compreensão básica de termos científicos inerentes ao procedimento realizado.

Dando prosseguimento à intervenção, propus a seguinte indagação:

PROFESSOR — Vocês seriam capazes de relacionar quais as reações químicas envolvidas em cada método utilizado, bem como os reagentes envolvidos?

Os estudantes negaram possuir tal conhecimento sobre a pergunta realizada. Vale ressaltar que o Kit educacional separa os reagentes em frascos específicos para cada método, mas não revela quais seriam os reagentes utilizados nas análises. Continuando a intervenção, informei aos estudantes que as análises foram realizadas corretamente, mas que, na sequência do projeto, a próxima etapa seria a pesquisa das reações e os métodos envolvidos em cada processo analisado.

Em relação aos dados coletados, o aluno A6 observou a seguinte situação:

ESTUDANTE A6 — Pelo que pude observar dos valores obtidos, os valores mais altos de coliformes estão relacionados com também maiores valores de outros parâmetros, como a DBO.

Segundo o estudo de Sasseron e Carvalho (2011), na alfabetização científica:

*É necessário, pois, a 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 (Sasseron e Carvalho, 2011, p. 73).*

Neste contexto, até o presente momento, podemos afirmar que, de acordo com as ideias manifestadas pelos estudantes, o processo de alfabetização científica está ocorrendo após a promoção da atividade experimental e se mostra condizente com os objetivos propostos em sua introdução.

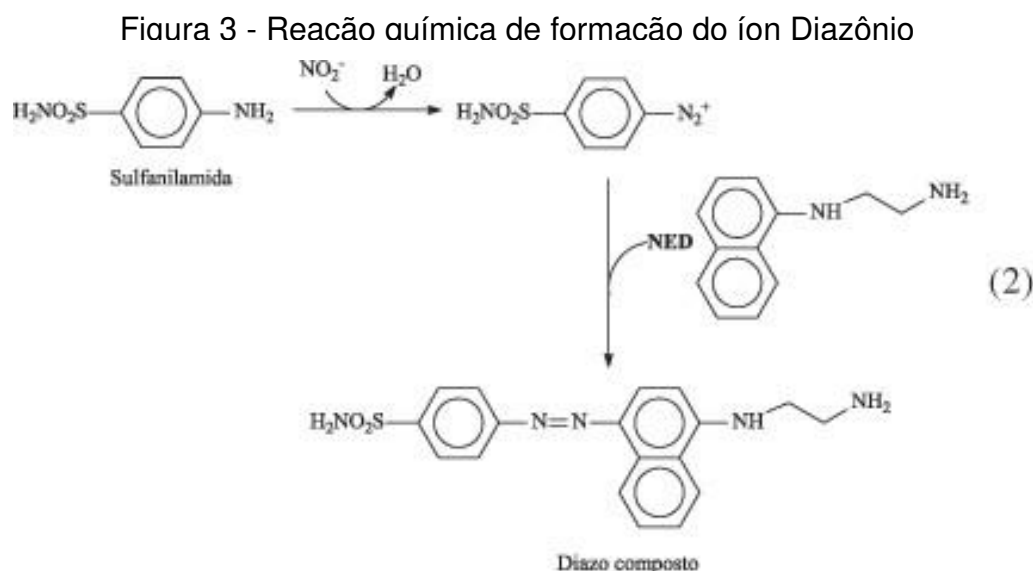
### 6.3.7 Parte G – Reações Químicas Envolvidas nas Análises de Água Realizadas

Neste momento, foi solicitado aos estudantes que realizassem uma descrição

detalhada de todas as reações químicas envolvidas nas análises. O primeiro desafio foi descobrir na ficha de reagentes do fabricante quais os reagentes utilizados, pois os frascos não continham tal informação. A turma foi organizada em grupos e cada grupo deveria fazer a pesquisa solicitada. Furneci como referência para a pesquisa o livro de “Química Analítica Qualitativa” (Vogel, 1979), mas os estudantes poderiam pesquisar em qualquer fonte disponível para a realização da atividade.

Certamente este foi o momento de maior dificuldade dos estudantes em encontrar o que foi solicitado. Inicialmente, estava previsto que dois horários de aula em sala seria o tempo necessário para o término. Após esse período, poucos grupos tinham encontrado algumas reações do método e houve, portanto, a necessidade de prolongar esta etapa da pesquisa para a outra semana. Iniciei a aula subsequente com uma pequena apresentação da reação química envolvida na determinação dos íons nitrito e nitrato.

Na reação original de “Griess”, o nitrito reage com o ácido sulfanílico sob condições ácidas para formar um íon diazônio, o qual acopla com a  $\alpha$ -naftalina para formar um corante azo – vermelho violeta, solúvel em água, conforme a reação:



Fonte: Ana (2004)

Em águas e efluentes, as formas de nitrogênio de maior interesse são nitrato, nitrito, amônia e nitrogênio inorgânico. A contaminação ambiental por compostos nitrogenados ocorre principalmente devido a fertilizantes agrícolas e efluentes domésticos e industriais.

O nitrito constitui um estado de oxidação intermediário do nitrogênio, presente

tanto na oxidação de amônia a nitrato, quanto na redução de nitrato. Essa forma intermediária pode estar presente em estações de tratamento de efluentes, sistemas de abastecimento de água e águas naturais. O nitrito é um composto que causa preocupação em relação à saúde pública, pois é agente causador da doença Metahemoglobinemia (redução da disponibilidade de oxigênio às células do corpo) e potencial de formação de compostos carcinogênicos (nitrosaminas). A Portaria GM/MS Nº 888, de 2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 2017, lista o nitrito como substância inorgânica que representa risco à saúde e deve ser monitorado, com valor máximo permitido de 1 mg/L.

Logo após, levantei algumas questões para a turma:

PROFESSOR — Fica claro na reação fornecida que o que determina a coloração do íon nitrito na análise realizada era a formação do diazo composto analisado na reação acima. Quem transforma o nitrito a nitrato em ambientes aquáticos e qual a consequência desse fenômeno na qualidade da água?

ALUNO A3 — São as bactérias presentes na água.

PROFESSOR — E qual a consequência?

ALUNO A7 — As bactérias consomem o oxigênio da água nesse processo. O teor de oxigênio dissolvido diminui. Então, se existe matéria orgânica na água e a presença de bactérias transformam o nitrogênio e consomem o oxigênio.

O diálogo relatado acima evidencia a presença do primeiro eixo estruturante da construção da alfabetização científica, conforme Sasseron e Carvalho (2011), levando o estudante à compreensão básica de termos científicos inerentes ao procedimento realizado.

PROFESSOR — O limite máximo pela legislação para a concentração de nitrito é de 1 mg/L na água. Os valores que obtivemos como resultado das análises feitas estão condizentes com o esperado?

ALUNO A7 — Sim. Todas as concentrações deram valores baixos. Apenas a água da praça da jabuticaba que teve um valor mais alto. E também todos os parâmetros medidos deram altos em comparação com os outros

medidos. Até mesmo da água do Córrego do bairro Nacional. No parque Arvoredo, deu um valor significativo também. Lá a água coletada foi de um lago, que praticamente tinha água parada. Então eu acho que deve ser o processo de eutrofização que está acontecendo e fazendo com que o nitrogênio se transforme em nitrito e depois nitrato.

O diálogo relatado acima evidencia a presença do terceiro eixo estruturante da alfabetização científica, relatado por Sasseron e Carvalho (2011), relacionando o entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente. Além da explicação da reação acima, os grupos explicitaram sobre as principais dificuldades encontradas para a sua realização, já que houve uma reclamação anterior sobre o tema.

GRUPO 1 — A maior dificuldade que tivemos foi de encontrar essas reações. Elas envolvem reagentes químicos e métodos que não são fáceis de serem encontrados nos livros. Achamos essas reações muito complexas para serem explicadas para uma pessoa leiga no assunto.

GRUPO 2 — Achamos muito difícil relacionar as reações químicas envolvidas ao que está acontecendo na água analisada para explicar o fenômeno de cada análise.

GRUPO 3: — Sua explicação durou mais de trinta minutos para explicar apenas uma análise. Nos assustamos com isso, porque não é fácil a explicação.

### 6.3.8 Parte H – Resolução de Questões do ENEM sobre Tratamento de Água

O oitavo instrumento de coleta de dados, apresentado no Anexo 8, constou de um questionário com dezesseis questões sobre tratamento de água que estiveram presentes no Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM, e em vestibulares para ingresso ao curso superior de diversas instituições do país.

Foi solicitado aos estudantes que fizessem a leitura individual das questões e que respondessem às questões apresentadas. O objetivo deste momento foi fazer

uma avaliação do nível de entendimento do assunto “tratamento de água”, que foi um dos tópicos trabalhados na pesquisa para uma avaliação quantitativa do nível de aprendizado adquirido pelos estudantes.

Após a correção da atividade, obtivemos a porcentagem de acertos totais de cada estudante, conforme tabela abaixo.

Tabela 6 - Pontuação dos Estudantes no questionário ENEM

ESTUDANTE	PORCENTAGEM DE ACERTO
A1	82
A2	76
A3	82
A4	88
A5	70
A6	76
A7	76
A8	82
A9	88
A10	94
A11	94
A12	70
A13	88
A14	82
A15	94
A16	94
A17	82

Fonte: Autor (2024)

De acordo com os resultados obtidos, observamos que, efetivamente, houve uma significativa contribuição do tema da pesquisa – tratamento de água – para o desenvolvimento científico específico sobre o assunto. Esta intervenção evidenciou a presença do terceiro momento pedagógico, que deve estar presente na construção do conhecimento científico, conforme proposta por Delizoicov (2009), em que ocorre a

aplicação do conhecimento. Nesse momento, o conteúdo conceitual é utilizado para reinterpretar as questões problematizadoras iniciais. Além disso, novas questões podem ser apresentadas aos alunos para favorecer a aplicação do conhecimento estudado.

## 6.4 3ª ETAPA – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

### 6.4.1 Parte A – Classificação das Amostras de Água Segundo Resolução CONAMA 357

No primeiro instrumento de aplicação do conhecimento, foi solicitado aos estudantes que enquadrassem as amostras de água analisadas de acordo com a Resolução CONAMA 357 (2005), que estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas segundo seu uso preponderante. Essa classificação é realizada considerando principalmente que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, à saúde e o bem-estar humano e ao equilíbrio ecológico aquático.

Nessa resolução, são classificadas segundo seus usos preponderantes, em treze classes, as águas doces, salobras e salinas. Para águas doces, tipo de água analisada neste estudo, há cinco classificações (ver Tabela 7). Para cada classe de água, a resolução estabelece limites/condições máximas para os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Tabela 7 - Classificação das Águas de acordo com o uso preponderante, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05

Classificação	Uso Preponderante
Classe especial	Abastecimento para consumo humano com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Classe I	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), conforme Resolução CONAMA nº 357/2005; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que são ingeridas sem remoção de película; Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
Classe II	Abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), conforme Resolução CONAMA nº 357/2005; Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; Aquicultura e atividade de pesca.
Classe III	Abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; Recreação de contato secundário; Dessedentação de animais.

Fonte: Ana (2004)

Na tabela abaixo, encontra-se os valores máximos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos que foram medidos na pesquisa, para cada tipo de classe de água, segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 8 - Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos Medidos na Pesquisa

PARÂMETRO	CLASSE1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
Valores máximos		Valores máximos	Valores máximos	Valores máximos
Oxigênio Dissolvido	> 6 mg/L O <sub>2</sub>	> 5 mg/L O <sub>2</sub>	>4 mg/L O <sub>2</sub>	>2,0 mg/L O <sub>2</sub>

Nitrogênio Amoniacal	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH =8,0	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH =8,0	5,6 mg/L N, - para 7,5 < pH =8,0	
NITROGÊNIO Nitrato	10,0 mg/L N	10,0 mg/L N	10,0 mg/L N	-
Nitrogênio - Nitrito	1,0 mg/L N	1,0 mg/L N	1,0 mg/L N	-
Ortofosfato	0,1 mg/L P	0,1 mg/L P	0,15 mg/L P	-
Ph	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez	40 NTU	100 NTU	100 NTU	-
Coliformes Termotolerantes	200/100mL	1.000/100mL	2.500 (contato- secundário) /100mL 1.000 (para criação de animais) /100mL 4.000 (demais usos) /100mL	-
D.B.O	3 mg/L O <sub>2</sub>	5 mg/L O <sub>2</sub>	10 mg/L O <sub>2</sub>	-

Fonte: Autor (2024)

De posse destas informações, os estudantes realizaram a classificação das amostras segundo os critérios fornecidos e o resultado foi fornecido abaixo:

- Classe 1 - Água de torneira e Parque Gentil Diniz, considerando todas as análises que estão abaixo dos limites da resolução CONAMA nº357.
- Classe 2 - Arvoredo e Várzea das flores são segundo a Resolução CONAMA nº 357 satisfatórias (até 1000 coliformes) e em termos de coliformes, são Classe II, conforme a Resolução CONAMA nº 357<sup>[14]</sup>.
- Classe 3 - Nenhuma amostra foi classificada como classe 3.
- Classe 4 – Praça da Jabuticaba e Córrego Nacional são do tipo classe 4,

devido ao elevado valor de ortofosfatos e coliformes, que não possuem valores limites para estes parâmetros, justamente pela tendência de serem muito altos.

Em seguida, solicitei aos estudantes que calculassem o IQA – Índice de Qualidade da Água, como forma suplementar de avaliação da qualidade das amostras de água realizadas. O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. Devido ao fato que a amostra de água de torneira representa a única amostra analisada que foi submetida a tratamento preliminar, o cálculo do IQA foi realizado somente para essa amostra. Vale também ressaltar que foi realizado uma aproximação dos valores, uma vez que não houve a medição dos resíduos totais.

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que esse índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (exemplo: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

O IQA é composto por nove parâmetros (ver descrição dos parâmetros do IQA), com seus respectivos pesos ( $w$ ), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (tabela abaixo).

Tabela 9 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e Respetivo Peso

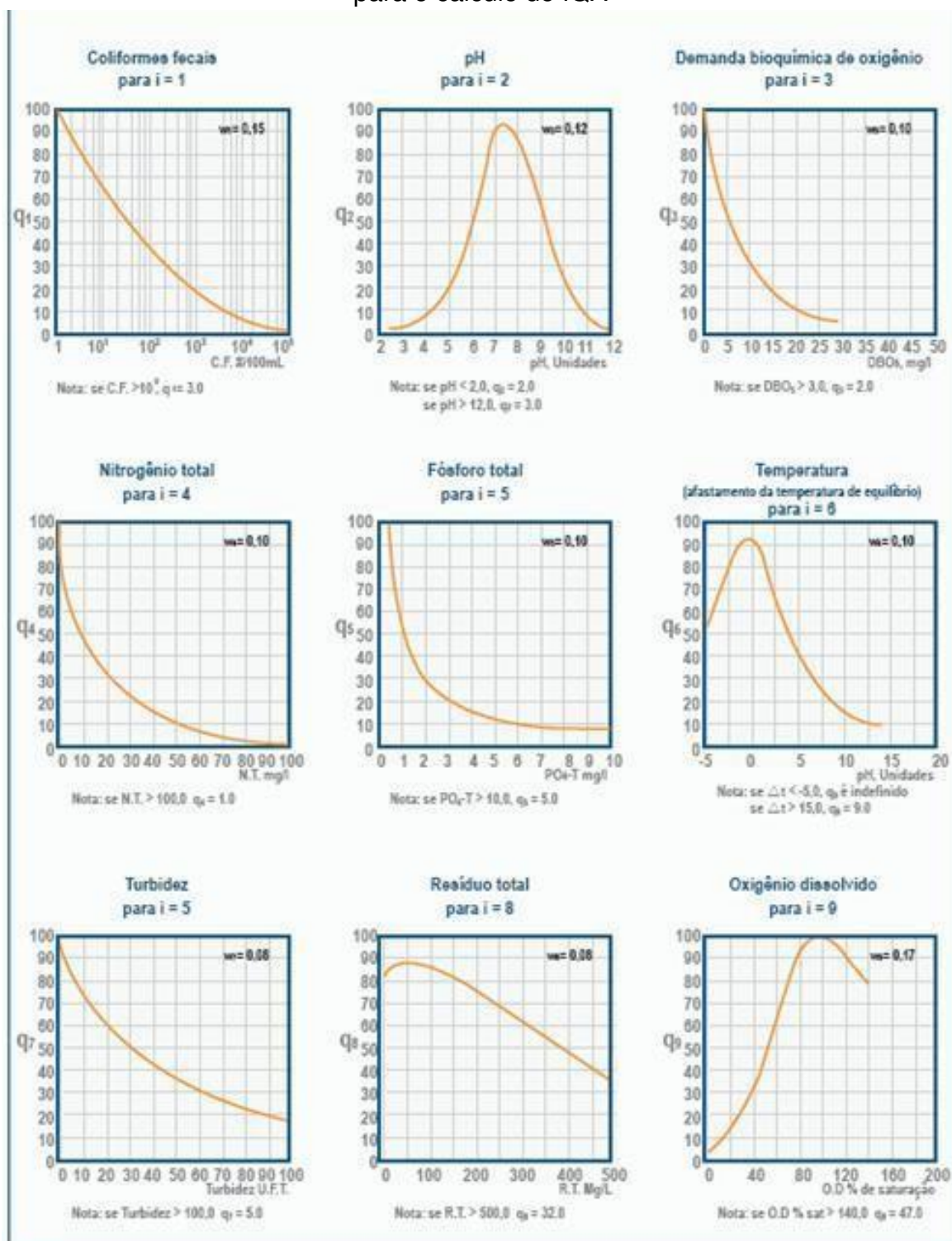
PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO ( $w$ )
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO <sub>5,20</sub>	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10

Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: Ana (2004)

Além de seu peso ( $w$ ), cada parâmetro possui um valor de qualidade ( $q$ ), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida (figura abaixo).

Figura 4 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA



Fonte: Ana (2004).

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

- IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;
- $q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);
- $w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Sendo  $n$  o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros (tabela abaixo).

Tabela 10 - Valores de IQA por Regiões

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Razoável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

Fonte: Ana (2004)

Para a amostra de água da torneira, os valores obtidos na prática são assim calculados:

$$IQA = q^{w1} \times q^{w2} \times q^{w3} \times q^{w4} \times q^{w5} \times q^{w6} \times q^{w7} \times q^{w8}$$

Onde:

Q1 = variação de temperatura da água medida = 1° C Q2 = Oxigênio dissolvido = 9 mg/L

Q3 = nitrogênio total (nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito) = 0,10 mg/L Q4 = fosfato total (ortofosfato) = 0,0 mg/L

Q5 = potencial hidrogeniônico pH = 7 Q6 = Turbidez = 0 NTU

Q7 = Coliformes totais = 10 UFC/100 MI

Q8 = Demanda bioquímica de oxigênio = 1 mg/L Q9 = Resíduos totais = 1 mg/T (valor aproximado)

Observação: Para encontrarmos a porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido, é necessária a temperatura medida da amostra (22°C) e, numa tabela de conversão, obtemos % de saturação de O. D. = 8,69 ppm (observe que o valor medido foi de 9 mg/L).

- % saturação de oxigênio = oxigênio dissolvido/saturação de oxigênio x 100
- % saturação de oxigênio = 9/8,69 = 103 = 100 %.
- $IQA = 90^{0,10} \times 100^{0,17} \times 90^{0,10} \times 100^{0,10} \times 90^{0,12} \times 100^{0,08} \times 95^{0,15} \times 90^{0,10} \times 85^{0,08}$   
= 89,46

Esse valor de IQA encontrado nos mostra a qualidade da água como sendo boa para o estado de Minas Gerais, mas muito próximo do valor excelente. Considerando a margem de erro do procedimento, podemos constatar uma água de muito boa qualidade.

O cálculo do IQA foi realizado conjuntamente com toda a turma e o professor

relacionou o valor encontrado com a qualidade da água de torneira fornecida pela Companhia de Abastecimento. Os estudantes se mostraram muito entusiasmados com os cálculos e o valor encontrado, tendo mais uma vez uma contextualização entre a teoria e a prática na construção do conhecimento científico.

Como forma de evidenciar a importância desta atividade no processo de ensino e aprendizagem, foi transcrito abaixo um breve relato feito pelo estudante A8.

ESTUDANTE A8 – Penso que essa parte do trabalho se mostrou a mais trabalhosa, mas na minha opinião, foi a que mais aproximou a química da parte teórica. Tivemos que mostrar as reações químicas, calcular todos os parâmetros de qualidade da água e com certeza foi fundamental para a aplicação do conhecimento prático e será muito útil em nosso futuro como técnicos.

Em uma perspectiva de Ensino de Ciências utilizando um modelo didático baseado na investigação em sala de aula, Porlán *et al.* (1997) propõem um modelo didático investigativo em sala de aula apresentando problemas relevantes aos estudantes, com os seguintes argumentos teóricos:

- d) Perspectiva construtivista, mostrando que estudantes e docentes possuem concepções científicas bastante particulares que são importantes para interpretar os fenômenos, mas constituem-se como barreiras que dificultam a utilização de diferentes olhares e ações.
- e) Perspectiva sistêmica, em que as concepções dos estudantes e docentes são consideradas como ideias em constante evolução.
- f) Perspectiva crítica, que demonstra que as ideias e as condutas das pessoas não são neutras, possuindo uma gradação de complexidade no processo de ensino e aprendizagem.

A intervenção realizada neste tópico evidenciou as características de uma sequência didática investigativa, segundo Porlán *et al.* (1997), de tal forma a proporcionar ao estudante o desenvolvimento da alfabetização científica em sala de aula.

## 6.4.2 Parte B – Participação na FECITEX – Feira Científica e Tecnológica da FUNEC de Contagem

Os estudantes da turma apresentaram uma palestra intitulada “AVALIANDO A QUALIDADE DA ÁGUA DO MUNICÍPIO DE CONTAGEM – MG” na FECITEX – Feira Científica e Tecnológica da FUNEC – Contagem – MG. Essa feira é promovida pela Fundação de Ensino de Contagem, com o objetivo de divulgar para a sociedade e as outras escolas do município os trabalhos desenvolvidos de Iniciação Científica Júnior, mantidos pela fundação, nas diversas unidades da FUNEC. A Iniciação Científica conta com convênio da FAPEMIG – MG e disponibiliza, com recursos próprios, bolsas de estudo durante a realização do projeto, que são selecionadas por uma comissão avaliadora e têm a duração de um ano. O professor orientador desenvolve a pesquisa junto com o estudante e, ao final o trabalho é apresentado na FECITEX, que tem por objetivo a divulgação científica desenvolvida pela Fundação e a promoção da participação dos estudantes no processo de desenvolvimento da ciência, levando a bagagem adquirida por toda a vida e promovendo também a inserção da sociedade em geral no processo de entender e assimilar o ponto de vista científico da educação.

A feira conta com amplo suporte da prefeitura do município, sendo aberta a toda a comunidade e as escolas municipais participam ativamente das apresentações, o que serve de grande motivação para os estudantes do projeto científico.

Os estudantes apresentaram, durante a feira, um seminário com suporte em tela multimídia, em que divulgaram os resultados obtidos na pesquisa em sala de aula, mostrando os valores de medição dos parâmetros de qualidade da água dos diversos locais do município escolhidos anteriormente e relacionando-os com a qualidade da água medida em termos de classificação CONAMA 357/2005. Além dos resultados, enfatizaram a importância da preservação dos mananciais e a conscientização da população em geral neste processo, não apenas com o conhecimento sobre o assunto, mas levando a uma participação social efetiva para que o objetivo de preservação seja alcançado, incitando a reflexão sobre a importância do assunto para a melhoria da saúde pública de toda a população.

Durante a apresentação, os estudantes levaram o ALFAKIT® – ECO II para a demonstração das análises realizadas na escola, explicaram a importância e como é

feita a medição de cada parâmetro de forma interativa, indicando que todos os participantes puderam entrar em contato com o procedimento, o que permite o manuseio e visualização dos resultados obtidos.

De todas as intervenções realizadas, a participação na FECITEX foi a que mais gerou impacto positivo na turma. Após sua realização, os relatos dos estudantes foram de satisfação e sensação do dever cumprido. Fizeram também questão de mencionar a importância social do desenvolvimento da pesquisa e enfatizaram o crescimento educacional e científico adquirido durante o percurso.

Tendo em vista o processo de construção do conhecimento científico, que não se resume a um produto acumulado de teorias e conceitos, a pesquisa possui o caráter de evidenciar o processo dinâmico da Ciência, em específico da Química, mostrando que, segundo Pozo e Crespo (2009), a Ciência deverá ser ensinada como conhecimento histórico e provisório e que os professores deverão proporcionar aos estudantes a vivência da cultura científica em busca de significados e de interpretação.

Figura 6 - Participação dos estudantes na FECITEX



Fonte: Autor (2024)

Figura 5 - Participação dos estudantes na FECITEX



Esta intervenção evidenciou a presença do terceiro eixo estruturante da alfabetização científica segundo Sasseron e Carvalho (2008), em que o estudante compreende o entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio-ambiente e promove o desejo de um futuro sustentável para a

sociedade.

### 6.4.3 Parte C – Reconstrução do Mapa Mental

Considerando o instrumento contido no Anexo 5, os estudantes foram convidados a se organizarem no mesmo grupo, a fim de reelaborar o mapa mental colaborativo, a partir do conteúdo aprendido ao longo da sequência didática. A finalidade era a de estabelecer relações significativas entre o tema central “água” e os treze conceitos fornecidos na atividade, totalizando 14 conceitos, que necessariamente deveriam estar presentes no mapa.

Os conceitos obrigatórios eram ‘poluição’, ‘desinfecção’, ‘tratamento’, ‘saúde pública’, ‘parâmetros físico-químicos’, ‘resolução CONAMA 357’, ‘preservação dos mananciais’, ‘fatura da COPASA’, ‘parâmetros microbiológicos’, ‘estação de tratamento de água’, ‘estação de tratamento de esgoto’, ‘qualidade da água’, ‘desinfecção’ e ‘origem da água de Contagem’, contudo, os estudantes tinham liberdade para escolher outros conceitos, bem como autonomia para estabelecer livremente as proposições, de modo a estabelecer relações significativas entre o conhecimento elaborado (aprendido e construído), seus conhecimentos prévios e o tema central “água”.

Além disso, o mapa é um bom instrumento, porque torna visíveis as estruturas do conhecimento, bem como suas transformações ao longo do tempo, e mede a qualidade da aprendizagem.

Segundo o estudo de Aguiar e Correia (2013), existem parâmetros de referência para construção de um bom mapa mental. Se não existe termo de ligação entre os conceitos ou os termos de ligação não apresentam verbos, ocorre a representação de um mapa mental, que se limita a representar a associação entre os conceitos, não sendo capaz de representar a relação conceitual com precisão.

Após a análise dos mapas, observou-se claramente a não utilização dos termos de ligação em sua construção. Considerei tal observação durante a intervenção com a turma, na tentativa de entender o motivo. Os estudantes relataram a dificuldade de relacionar os termos, pois os conceitos, segundo os mesmos, já estariam todos interligados e, apesar de terem o conhecimento dos conceitos envolvidos, não conseguiram estabelecer uma conexão com o que foi solicitado pelo professor. Essa

dificuldade em relacionar as palavras propostas na atividade com os conceitos químicos construídos durante a pesquisa pelos estudantes evidenciou uma falta de organização e compreensão do que a atividade se propõe.

Conforme estudo proposto por Aguiar e Correia (2013), sobre a construção de mapas mentais:

*A técnica de mapeamento conceitual é uma ferramenta de organização e representação do conhecimento que pode levar a um alto nível de aprendizagem significativa. Entretanto, a facilidade em compreender como se elabora um MC pode ser uma armadilha perigosa para os professores, visto que eles podem deduzir que sua utilização em sala de aula é igualmente trivial. O sucesso na utilização dos MCs como uma estratégia inovadora em sala de aula depende de um período de*

Figura 7 - Mapa mental construído pelo Grupo 1



*treinamento na técnica, que deve envolver professores (primeiro) e seus alunos (depois) (Aguiar e Correia, 2013, p. 157).*

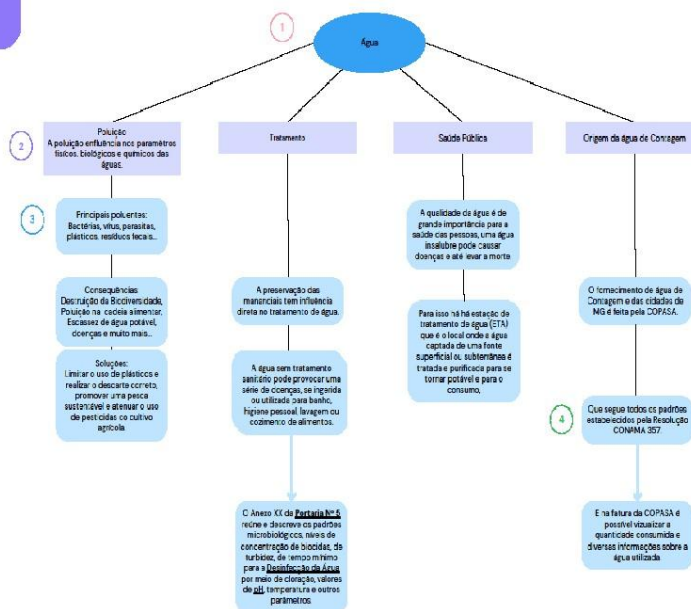
Figura 8 - Mapa mental construído pelo Grupo 3



Fonte: Autor (2024)

Figura 9 - Mapa mental construído pelo Grupo 2

Erik Felipe Dias Da Silva  
Lucas Linhares Netto

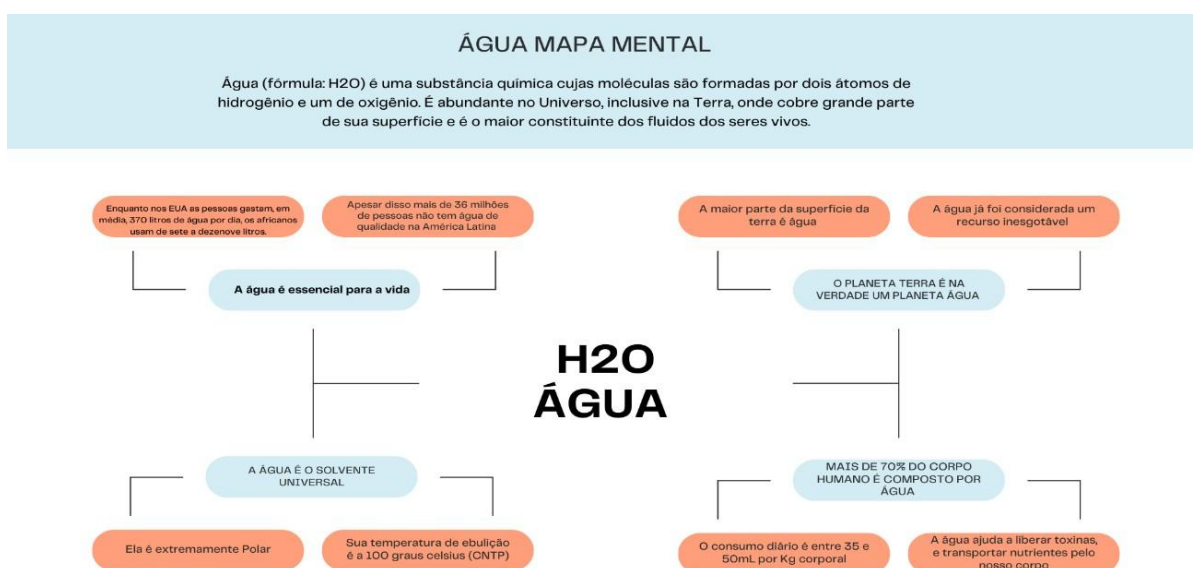


Fonte: Autor (2024)

Como forma de evidenciar a presença de indicadores de Sasseron e Carvalho (2008) na construção do Mapa mental sobre a temática, observamos os seguintes indicadores da alfabetização científica:

a) Classificação de informações – Aparece quando se procura estabelecer características para os dados obtidos, ordenando os tópicos relacionados. No mapa mental construído pelos estudantes A3, A4, A12 e A17, existe a tentativa de relacionar as características da água, de forma a organizar suas propriedades como forma de evidenciar sua importância como recurso natural.

Figura 10 - Mapa Mental construído pelos alunos A3, A4, A12 e A17



Fonte: Autor (2024).

Uma análise dos mapas mentais construídos pelos estudantes evidenciou a presença dos indicadores do primeiro grupo, em que os dados relacionados à temática água foram organizados, classificados e seriados como forma de estabelecer relações com o tema proposto. Estes indicadores são importantes, porque, segundo Sasseron e Carvalho (2008), é por meio deles que

*[...] se torna possível conhecer as variáveis envolvidas no fenômeno mesmo que, neste momento, o trabalho com elas ainda não esteja centralizado em encontrar relações entre elas e o porquê de o fenômeno ter ocorrido tal como se pôde observar (p. 6).*

Não foi evidenciada a presença dos indicadores do segundo e terceiro grupos nos mapas mentais construídos pelos estudantes. Uma explicação para tal fato é que

esses mapas possuem a limitação de estabelecer ligação entre a temática principal e os tópicos, sem retratar as conexões entre as ideias, e também possuem menor variedade de informações entre os fenômenos que deveriam ser utilizadas para explicar satisfatoriamente os indicadores do segundo e terceiro grupo da alfabetização científica.

#### 6.4.4 Parte D – Reaplicação do Questionário Diagnóstico

O quarto instrumento de coleta de dados (Anexo 4) se deu por meio da reaplicação, no final da sequência didática, do questionário diagnóstico baseado na análise de conteúdo de Bardin (2011), apresentado inicialmente no instrumento 1, como meio para avaliar a aprendizagem e evolução dos alunos durante todo o processo.

Após a aplicação do questionário, elaborou-se uma tabela comparando os dados antes da aplicação da sequência didática, demonstrados no instrumento 1, com dados obtidos ao fim da sequência, apresentados pelo instrumento 15.

Tabela 11 - Questionário Semiestruturado

PERGUNTAS	ANTES DA APLICAÇÃO					DEPOIS DA APLICAÇÃO				
	DF	DP	NTO	CP	CF	DF	DP	NTO	CP	CF
Conheço todas as etapas do tratamento de água de abastecimento utilizadas pela companhia de abastecimento do município.	4	5	5	5	1	0	0	0	2	18
Reconheço a importância da preservação das águas naturais para a manutenção da vida na terra.	0	1	2	7	10	0	0	0	1	19
Tenho conhecimento dos critérios utilizados para classificar as águas como próprias para o consumo humano.	2	4	4	7	3	0	0	0	1	19
Tenho conhecimento do local de origem da água consumida pelo município.	7	2	5	4	2	0	0	0	2	18

Tenho conhecimento de todos os parâmetros que atestam a qualidade da água fornecidos pela companhia e abastecimento.	6	5	4	4	1	0	0	0	1	19
Tenho conhecimento do conceito de pH e da maneira de se calcular tal parâmetro em solução aquosa, bem como da sua importância como parâmetro para atestar a qualidade da água.	2	8	3	5	2	0	0	0	2	18
Tenho conhecimento do conceito de turbidez e da maneira de se calcular tal parâmetro em soluções aquosas, bem como da sua importância como parâmetro para se atestar a qualidade da água de abastecimento.	3	7	4	4	2	0	0	0	2	18

Tenho conhecimento do conceito de floculação como etapa do tratamento da água de abastecimento e da maneira de se medir a quantidade ideal de floculante a ser utilizada no processo de tratamento pela companhia de abastecimento.	2	6	3	5	4	0	0	0	2	18
Reconheço na fatura da companhia de abastecimento o consumo médio utilizado e identifico os parâmetros de qualidade da água medidos e informados.	4	4	2	6	4	0	0	0	5	15

Fonte: Autor (2024). Legendas: DF = Discordo fortemente C = concordância DP = Discordo parcialmente D = discordância NTO = Não tenho opinião formada CP = Concordo parcialmente CF = Concordo fortemente

Os resultados apresentados mostraram que, na primeira pergunta, inicialmente nove estudantes discordaram de ter conhecimento sobre todas as etapas de abastecimento de água que fazem parte do nosso cotidiano, contudo, após o desenvolvimento da sequência didática, constatou-se que esses estudantes conseguiram reconhecer as etapas de tratamento, pois 18 estudantes mostraram ter conhecimento completo do assunto.

Analisando o item 2, verificou-se que antes da aplicação da sequência, dez estudantes não tinham uma posição definida sobre a importância da preservação das águas naturais para a manutenção da vida na terra, ou seja, não tinham um conhecimento suficiente sobre a assertiva. Após a aplicação, verificou-se que 19 estudantes se conscientizaram de que a água é um componente fundamental do meio ambiente e, sendo um “recurso natural dinâmico”, a água é passível de ser degradada em função do uso inadequado pelo homem. Além disso, apesar de ser um bem natural renovável, a ação antrópica do homem afeta sua capacidade de regeneração dentro de um curto ou médio período de tempo.

A partir da análise do item 3, verificou-se que, antes da aplicação da sequência didática, dez estudantes não possuíam conhecimento apropriado sobre a assertiva. Essa constatação dos dados permitiu concluir que os estudantes, apesar de estarem cursando um curso técnico de química, não tinham conhecimento suficiente sobre as resoluções normativas que tratam da classificação das águas em nosso país e apenas três estudantes mostraram ter conhecimento integral do assunto. Porém, analisando após o desenvolvimento da sequência, constatou-se que 19 estudantes concordaram com a afirmativa, o que permite concluir que a grande maioria dos estudantes compreendeu e foi capaz de associar a importância dos critérios de classificação das águas em termos de legislação, não apenas como ferramenta importante para o curso técnico de química, mas para a sociedade em geral.

Na mesma direção, ao analisarmos o item 4, 14 estudantes não possuíam conhecimento correto sobre a assertiva, sendo a questão com maior grau de discordância da afirmativa, o que permitiu concluir que os estudantes não tinham conhecimento suficiente do local de origem da captação do município. Em diálogo em sala de aula, afirmavam de forma incorreta que a água seria captada pela Represa Várzea das Flores, em Contagem – MG. Entretanto, após o desenvolvimento da

sequência, verificou-se que 18 estudantes compreenderam como é feita a captação de água pelo município, principalmente após a visita técnica feita à Estação de Tratamento de Água Morro Redondo.

Ao analisar o item 5, verificou-se que antes da aplicação da sequência didática, 15 estudantes não concordavam com a assertiva, demonstrando desconhecimento sobre o tópico. Após a aplicação da sequência, 19 estudantes compreenderam e foram capazes de associar quais seriam os métodos que atestam a qualidade e como são feitas suas medições em termos de importância dos parâmetros e a relação com os valores obtidos na classificação das águas analisadas durante o trabalho.

No item 6, verificou-se que, antes da sequência, 13 estudantes não souberam se posicionar, ou seja, não possuíam conhecimento sobre a assertiva, mesmo já tendo estudado o assunto na parte teórica, o que evidencia a falta de relação entre teoria e prática e o despreparo em reconhecerem o papel desse parâmetro para analisarmos a qualidade da água coletada. De forma muito parecida, os itens 7 e 8, que tratam da importância da floculação e turbidez, apresentaram resultados muito semelhantes. Porém, analisando após o desenvolvimento da sequência, constatou-se que 18 estudantes se posicionaram positivamente, o que permite concluir que a quase totalidade dos estudantes compreendeu e foi capaz de associar a importância dos conceitos de tal parâmetro e de relacionar com a qualidade da medição da água analisada.

No item 9, verificou-se que antes da aplicação da sequência, 10 estudantes não souberam se posicionar e apenas 4 estudantes concordaram completamente, o que demonstra claramente que os estudantes não tinham um conhecimento suficiente sobre a assertiva. Após a aplicação, 15 estudantes concordaram com a afirmativa, o que permite concluir que a maioria dos estudantes compreendeu e foi capaz de associar na fatura da companhia de água de abastecimento os parâmetros de qualidade exigidos pela legislação e também relacionar os valores fornecidos com a qualidade da água que chega até sua residência.

Como forma de evidenciar a presença dos indicadores do segundo e terceiro grupos da alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008), transcrevemos algumas respostas dos estudantes ao questionário diagnóstico e qual o indicador evidenciado.

- a) Raciocínio lógico – Relaciona o modo com o qual o estudante formula as ideias que são desenvolvidas e apresentadas durante uma pergunta sobre determinado tema. Na segunda pergunta apresentada no questionário diagnóstico (Anexo 1) - Reconheço a importância da preservação das águas naturais para a manutenção da vida na terra, o estudante A4 respondeu: “Tenho plena consciência e estou informado sobre essas questões ambientais sobre a água em nossa planeta,” evidenciando a maneira direta e afirmativa sobre a pergunta feita.
- b) Raciocínio proporcional - Além de mostrar o modo como se estrutura o pensamento, mostra a maneira como as variáveis possuem relação entre si. Na terceira pergunta apresentada no questionário diagnóstico (Anexo 1), o estudante A4 respondeu: “Que a água deve ser insípida, incolor e inodora.” evidenciando que o estudante concorda com a afirmação feita e relaciona as características da água que justificam sua afirmação, mostrando características de um raciocínio proporcional.
- c) Justificativa – Neste indicador, em uma afirmação proferida, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto, tornando a afirmação mais segura. Na quarta pergunta apresentada no Questionário diagnóstico (Anexo 1), o estudante A4 respondeu: “A água é infinita, mas a água potável tem fim. Por isso é necessário preservar as fontes de água e desenvolver tecnologias de tratamento.”
- d) Explicação – Surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Na primeira pergunta apresentada no Questionário diagnóstico (Anexo 1), o estudante A4 respondeu: “Tinha um conhecimento superficial de floculação, filtração e decantação. A visita técnica realizada a Estação de Tratamento de Água Morro Redondo me ajudou no entendimento do assunto e as explicações do professor e a participação na palestra me trouxeram um conhecimento maior sobre o tema.”

#### 6.4.5 Parte E – Síntese escrita sobre o desenvolvimento da pesquisa

Na parte final da pesquisa, foi solicitado aos estudantes que realizassem uma síntese escrita sobre a pesquisa realizada, tecendo comentários e se posicionando sobre o estudo em termos de sua importância e relevância.

A seguir, foram transcritas três sínteses elaboradas pelos Estudantes 4, 9 e 16, como forma de contextualização e posterior análise de suas ideias.

ESTUDANTE 4 — Durante nossa jornada de estudos sobre a água, mergulhamos em um oceano de conhecimento que foi enriquecido por diversas experiências educativas. Participamos do seminário FECITEX que explorou as diversas facetas da importância da água e suas etapas vitais de tratamento. Esses momentos não apenas ampliaram nossos horizontes, mas também instigaram um profundo senso de responsabilidade ambiental. A melhor parte dessa imersão educacional foi a visita técnica a Estação de Tratamento de Água Morro Redondo. Lá testemunhamos em primeira mão os processos de tratamento de água, compreendendo a explicação prática das teorias discutidas em sala de aula, conhecemos mais sobre o nosso município de Contagem e como existem vários processos até a chegada da água em nossas casas. O contato direto com profissionais da área e a observação dos equipamentos em operação reforçaram nossa compreensão sobre a importância vital desse recurso precioso. Além disso, o aspecto prático de nossa aprendizagem foi ampliado pelas análises físico-químicas que conduzimos. Cada estudante teve a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos para avaliar a qualidade da água. Ao realizarmos as análises, pudemos identificar variáveis como pH e concentração de substâncias químicas. Essas também nos capacitaram a tomar decisões no nosso cotidiano, após tomarmos contato com a legislação que rege a gestão das águas. Aprendemos a valorizar não apenas a água em si, mas também os esforços complexos e minuciosos envolvidos no processo de tratamento,

que garantem que esse recurso essencial esteja disponível com qualidade para todos. Em resumo, essa jornada educativa foi mais do que uma sequência de eventos, foi um mergulho no mundo da água, desde os aspectos teóricos até a aplicação prática, deixando-nos equipados não apenas com informações, mas também com um compromisso duradouro com a sustentabilidade e a proteção do recurso vital para a vida.

ESTUDANTE 9 – Os processos de tratamento de água abordados no ano letivo tinham como funcionalidade abordar os conhecimentos necessários sobre a obtenção de água potável partindo-se da identificação da rede fluvial que abastece o município de Contagem e a realização das análises em laboratório desta água, possibilitando a caracterização de acordo com a resolução CONAMA 357 do manancial.

Durante os estudos, pode-se perceber que a maioria dos estudantes sequer sabia que a rede que abastece o município é oriunda não somente da Represa Várzea das Flores, mas de outras represas da região metropolitana. Após a identificação da rede, coletou-se cerca de um litro da água de diversos locais do município e deu-se o início as análises laboratoriais.

As análises tinham como meta a classificação da amostra de acordo com a resolução CONAMA, através do material denominado ALFAKIT, que permite a realização de todas as análises descritas de uma forma simples e prática, podendo ser utilizada por qualquer pessoa.

Após as práticas, concluiu-se que as amostras de água de alguns mananciais estudados eram impróprias para o consumo se não forem tratadas. Aliada com a teoria abordada no curso, os alunos visitaram a estação de tratamento da COPASA, onde puderam vislumbrar os processos aprendidos em sala de aula, ressaltando a importância da preservação dos corpos d'água para a população.

ESTUDANTE 16 – Primeiramente o professor propôs participarmos de seu projeto de mestrado onde mostrou a importância da água, justamente na

semana do dia da água. A aceitação da turma foi total, prontamente se organizando para o projeto.

Em uma das primeiras aulas práticas de Química Aplicada, junto com a grade curricular da matéria, o professor introduziu o projeto de análise de água com a utilização do ALFAKIT, onde se pode observar na prática como analisar e classificar as águas com base em sua potabilidade, considerando a legislação específica, no caso a resolução CONAMA 357, onde foi possível compreender coletivamente o assunto e posteriormente tomar conhecimento da importância e necessidade de cada parâmetro, ainda mais com a apresentação de um seminário com o tema “ Análises e água dos mananciais de Contagem com uso do ALFAKIT e feira técnica FECITEX.

Após a introdução da prática, o professor ministrou vídeos para a fundamentação teórica que diziam a respeito dos desafios enfrentados por estações de tratamento de água (ETA) e de estações de tratamento de esgoto (ETE), bem como da dificuldade de distribuição de água potável e sistema de canalização de esgotos em locais de baixa condição social, o que é bem agravado pela desigualdade social e desenfreada industrialização e crescimento das cidades que promovem a poluição dos cursos hídricos e a impermeabilização dos solos, pois o que se vê em excesso é o desperdício de água potável em locais de boa condição social. Realizamos uma visita técnica à Estação de Tratamento de água de Morro Redondo que foi fundamental para atender na prática as etapas do tratamento de água.

Todas as atividades desenvolvidas foram fundamentais para compreender a importância da água, as análises para relacionar sua qualidade, as etapas de tratamento e distribuição para a população e para a indústria, além de ser uma importante ferramenta na conscientização de futuras técnicas. A abordagem aprofundada do tema com certeza será um diferencial na vida de cada aluno que participou do projeto. Vale ressaltar que todas as atividades foram desenvolvidas com o consentimento dos alunos e ou responsáveis.

As sínteses escritas foram analisadas segundo a metodologia proposta por Bardin (2011). Após a etapa da pré-análise do material, respeitando os critérios de validade qualitativa, as principais ideias dos estudantes foram distribuídas em categorias que são expressões ou palavras significativas em função das quais o conteúdo que será organizado. Na etapa final, foi realizada a classificação e a reunião dos dados, escolhendo as categorias teóricas responsáveis pela especificação do tema (Bardin, 2011) para a interpretação das ideias apresentadas pelos estudantes. As tabelas relacionadas a seguir evidenciam as categorização e classificação das ideias apresentadas nas sínteses escritas analisadas.

Tabela 12 - Relação entre Categorias e Subcategorias Analisadas

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	Nº DE UNIDADES DE ANÁLISE
(1) Representações de meio ambiente	Responsabilidade e importância ambiental	3
(2) Tecnologia como ferramenta para melhoria na sociedade	Análises físico-químicas utilizando o ALFAKIT	3
(3) Ciência como ferramenta de construção do conhecimento na relação entre teoria e prática	Visita técnica à Estação de Tratamento de Água	3
(4) Relevância social do conhecimento na divulgação de dados ambientais	Participação do seminário FECITEX	3

Fonte: Autor (2024)

Como forma de explicitar os dados acima mencionados, no quadro abaixo, transcrevemos trechos escritos pelos estudantes sobre as questões levantadas que entendemos ser as mais importantes para a investigação do conteúdo.

Quadro 18 - Ideias dos Estudantes demonstradas nas sínteses escritas separadas em Categorias

**Categoria 1 – Representações de meio ambiente**

Aluno 4: “Esses momentos não apenas ampliaram nossos horizontes, mas também instigaram um profundo senso de responsabilidade ambiental.”

Aluno 9: “Após as práticas, conclui-se que as amostras de água de alguns mananciais estudados eram impróprias para o consumo se estas não forem tratadas. Aliada com a teoria abordada no curso, os alunos visitaram a estação de tratamento da COPASA, onde puderam vislumbrar os processos aprendidos em sala de aula, ressaltando a importância da preservação dos corpos d’água para a população.”

Aluno 16: Após a introdução da prática, o professor ministrou vídeos para a fundamentação teórica que diziam a respeito dos desafios enfrentados por estações de tratamento de água (ETA) e de estações de tratamento de esgoto (ETE), bem como da dificuldade de distribuição de água potável e sistema de canalização de esgotos em locais de baixa condição social, o que é bem agravado pela desigualdade social e desenfreada industrialização e crescimento das cidades que promovem a poluição dos cursos hídricos e a impermeabilização dos solos, pois o que se vê em excesso é o desperdício de água potável em locais de boa condição social

**Categoria 2 – Tecnologia como ferramenta para melhoria na sociedade**

Aluno 4: “Além disso, o aspecto prático de nossa aprendizagem foi ampliado pelas análises físico-químicas que conduzimos. Cada estudante teve a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos para avaliar a qualidade da água. Ao realizarmos as análises, pudemos identificar variáveis como pH e concentração de substâncias químicas. Essas também nos capacitaram a tomar decisões no nosso

cotidiano, após tomarmos contato com a legislação que rege a gestão das águas.”

Aluno 9: “As análises tinham como meta a classificação da amostra de acordo com a resolução CONAMA através do material denominado ALFAKIT, que permite a realização de todas as análises descritas de uma forma simples e prática, podendo ser utilizada por qualquer pessoa.”

Aluno 16: “Em uma das primeiras aulas práticas de Química Aplicada, junto com a grade curricular da matéria, o professor introduziu o projeto de análise de água com a utilização do ALFAKIT, onde se pode observar na prática como analisar e classificar as águas com base em sua potabilidade, considerando a legislação específica, no caso a resolução CONAMA 357 onde foi possível compreender coletivamente o assunto e posteriormente tomar conhecimento da importância e necessidade de cada parâmetro.”

**Categoria 3 - Ciência como ferramenta de construção do conhecimento na relação entre teoria e prática.**

Aluno 4: “A melhor parte dessa imersão educacional foi a visita técnica a Estação de Tratamento de Água Morro Redondo. Lá testemunhamos em primeira mão os processos de tratamento de água, compreendendo a explicação prática das teorias discutidas em sala de aula, conhecemos mais sobre o nosso município de Contagem e como existem vários processos até a chegada da água em nossas casas.”

Aluno 9: “Após as práticas, conclui-se que as amostras de água de alguns mananciais estudados eram impróprias para o consumo se estas não forem tratadas. Aliada com a teoria abordada no curso, os alunos visitaram a estação de tratamento da COPASA, onde puderam vislumbrar os processos aprendidos em sala de aula.”

Aluno 16: “Realizamos uma visita técnica à Estação de Tratamento de Água de Morro Redondo que foi fundamental para atender na prática as etapas do tratamento de água.”

**Categoria 4 - Relevância social do conhecimento na divulgação de dados ambientais.**

Aluno 4: “Durante nossa jornada de estudos sobre a água, mergulhamos em um

oceano de conhecimento que foi enriquecido por diversas experiências educativas. Participamos do seminário FECITEX que explorou as diversas facetas da importância da água e suas etapas vitais de tratamento.”

Aluno 9: “Durante os estudos, pode-se perceber que a maioria dos estudantes sequer sabia que a rede que abastece o município é oriunda não somente da Represa Várzea das Flores, mas de outras represas da região metropolitana.”

Aluno 16: “Em uma das primeiras aulas práticas de Química Aplicada, junto com a grade curricular da matéria, o professor introduziu o projeto de análise de água com a utilização do ALFAKIT, onde se pode observar na prática como analisar e classificar.”

Fonte: Autor (2024)

Como forma de contextualizar as ideias apresentadas dos estudantes com o referencial teórico abordado na pesquisa, abaixo transcrevemos um trecho da síntese escrita apresentada pelo estudante 4:

“Em resumo, essa jornada educativa foi mais do que uma sequência de eventos, foi um mergulho no mundo da água, desde os aspectos teóricos até a aplicação prática, deixando-nos equipados não apenas com informações, mas também com um compromisso duradouro com a sustentabilidade e a proteção do recurso vital para a vida.”

Nesse trecho, podemos evidenciar as seguintes características que um estudante deve apresentar em termos de ser alfabetizado cientificamente, conforme estudo de Fourez (1994):

- a) Utiliza os conceitos científicos, é capaz de integrar valores, e sabe fazer por tomar decisões responsáveis no dia a dia.
- b) Compreende que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.
- c) Conhece os princípios conceituais, hipóteses e teorias e é capaz de

aplicá-los.

- d) Compreende que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos.
- e) Faz distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal

Como forma de evidenciar a construção da alfabetização científica no trabalho apresentado, segundo os três eixos estruturantes propostos por Sasseron e Carvalho (2011), abaixo transcrevemos trechos reproduzidos pelos estudantes com esta finalidade.

ESTUDANTE 4 – Além disso, o aspecto prático de nossa aprendizagem foi ampliado pelas análises físico-químicas que conduzimos. Cada estudante teve a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos para avaliar a qualidade da água. Ao realizarmos as análises, pudemos identificar variáveis como pH e concentração de substâncias químicas. Essas também nos capacitaram a tomar decisões no nosso cotidiano, após tomarmos contato com a legislação que rege a gestão das águas. Aprendemos a valorizar não apenas a água em si, mas também os esforços complexos e minuciosos envolvidos no processo de tratamento, que garantem que esse recurso essencial esteja disponível com qualidade para todos.

Este trecho evidencia o primeiro eixo estruturante proposto por Sasseron e Carvalho (2011), referindo-se à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais para a aplicação destes conceitos no dia a dia do estudante.

ESTUDANTE 16 – Após a introdução da prática, o professor ministrou vídeos para a fundamentação teórica que diziam a respeito dos desafios enfrentados por estações de tratamento de água (ETA) e de estações de tratamento de esgoto (ETE), bem como da dificuldade de distribuição de água potável e sistema de canalização de esgotos em locais de baixa

condição social, o que é bem agravado pela desigualdade social e desenfreada industrialização e crescimento das cidades que promovem a poluição dos cursos hídricos e a impermeabilização dos solos, pois o que se vê em excesso é o desperdício de água potável em locais de boa condição social.

Este trecho evidencia o segundo eixo estruturante proposto por Sasseron e Carvalho (2011), preocupando-se com a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.

ESTUDANTE 4 – Além disso, o aspecto prático de nossa aprendizagem foi ampliado pelas análises físico-químicas que conduzimos. Cada estudante teve a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos para avaliar a qualidade da água. Ao realizarmos as análises, pudemos identificar variáveis como pH e concentração de substâncias químicas. Essas também nos capacitaram a tomar decisões no nosso cotidiano, após tomarmos contato com a legislação que rege a gestão das águas. Aprendemos a valorizar não apenas a água em si, mas também os esforços complexos e minuciosos envolvidos no processo de tratamento, que garantem que esse recurso essencial esteja disponível com qualidade para todos.

Este trecho evidencia o terceiro eixo estruturante da alfabetização científica, proposto por Sasseron e Carvalho (2011), que compreende o entendimento das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio-ambiente, mostrando a necessidade de se compreender as aplicações dos saberes construídos na construção de um futuro sustentável para nossa sociedade.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Contextualizando com a revisão bibliográfica realizada na pesquisa, pode observar que o trabalho realizado por Milani, Lara e Costa (2022) utiliza a medição dos parâmetros de qualidade da água e do solo por meio do kit de Educação Ambiental ALFAKIT®, assim como em nossa pesquisa, buscando o desenvolvimento de princípios sustentáveis, além de uma maior autonomia e um movimento maior dos estudantes com relação à construção do conhecimento científico. Dos oito artigos analisados na revisão, este trabalho foi o único que abordou a temática água e sustentabilidade e certamente serviu de parâmetro motivador para o desenvolvimento de nossa pesquisa.

A metodologia utilizada foi a de pesquisa-ação proposta por Thiollent (2008), realizada pelo autor com estudantes do Ensino Fundamental de uma escola do interior do estado do Rio Grande do Sul.

Em nosso trabalho, a sequência didática aplicada aos estudantes do Ensino Médio de uma escola do município de Contagem – MG seguiu os fundamentos de metodologia científica de forma qualitativa nos moldes do estudo de caso, proposto por Marconi e Lakatos (2006). Utilizamos a análise conteúdo de Bardin (2011) para a análise do conhecimento científico adquirido pelos estudantes, bem como a análise dos habilidades adquiridas no processo através dos três eixos estruturantes da construção da alfabetização científica, propostos por Sasseron e Carvalho (2011), e os indicadores que evidenciam tais habilidades e auxiliam no diagnóstico do nível de aprendizagem adquirida pelos estudantes, também proposto por Sasseron e Carvalho (2008).

Por meio dos resultados obtidos em nossa pesquisa, pode concluir que a abordagem CTSA e a alfabetização científica são as ações pedagógicas mais relevantes na construção destes objetivos e é necessária uma maior divulgação dessa metodologia na formação dos professores de Química, para que haja a correta contextualização entre teoria e prática na construção do verdadeiro saber científico.

Ainda em relação à utilização da alfabetização científica como processo pedagógico para a construção do conhecimento científico e desenvolvimento de

habilidades cognitivas nos trabalhos analisados na revisão bibliográfica, que utilizaram das palavras chave “Química”, “Sustentabilidade” e “Alfabetização Científica”, apenas um foi encontrado atendendo estes pré-requisitos. Esta realidade nos mostra a importância de difundir tais conceitos em sala de aula, principalmente devido à sua importância social e com o objetivo de formar estudantes preparados para enfrentar e tomar decisões corretas para o futuro de nossa sociedade.

Com relação aos objetivos propostos no início da pesquisa, cabe, neste momento, avaliarmos sua eficácia. Estão eles listados a seguir:

- a) Desenvolver a alfabetização científica a partir da aplicação de uma sequência didática com abordagem CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, segundo Acevedo *et al.* (2003), bem com a metodologia de Ensino de Ciências de Delizoicov *et al.* (2009), sobre etapas de tratamento da água de abastecimento e a relação com as análises físico-químicas dos parâmetros de qualidade;
- b) Promover importantes reflexões com vistas a desenvolver o pensamento crítico e novos hábitos de consumo e utilização da água;
- c) Problematizar sobre a qualidade da água de abastecimento em Contagem;
- d) Promover a visão crítica do Ensino de Ciências;
- e) Investigar concepções acerca dos conceitos químicos construídos pelos estudantes ao longo do desenvolvimento da sequência didática.

Na parte de discussão dos resultados, em diversos momentos e situações, podemos evidenciar que todos os objetivos foram, em algum momento, trabalhados durante o desenvolvimento da pesquisa. O que se torna necessário avaliar é o nível que esses propósitos se mostraram eficazes na construção do conhecimento.

Utilizando-se da análise de conteúdo de Bardin (2011), também, em diversos momentos relatados, podemos concluir que tais objetivos foram atingidos com significativo êxito, uma vez que as análises puderam comprovar a eficácia da metodologia aplicada aos estudantes.

A metodologia qualitativa utilizada na pesquisa apresentou vantagens, como a proximidade e o domínio sobre as informações coletadas, tornando os resultados mais

assertivos, e trouxe inúmeros aprendizados na área educacional da escola onde leciono. Penso que o principal objetivo pedagógico de todo o trabalho realizado é o desenvolvimento da alfabetização científica, em particular do Ensino de Química em sala de aula. Minha opinião pessoal é a de que houve avanços muito significativos nesta direção e o conhecimento adquirido certamente teve o poder transformador ao qual se propôs desde o início da jornada.

Podemos concluir que o desenvolvimento da alfabetização científica por meio da abordagem CTSA foi favorecido na pesquisa realizada, possibilitando assim a construção de conceitos científicos, competências e habilidades para a compreensão da natureza da ciência e estabelecendo relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, com vistas a construir uma visão de mundo adequada.

## 8 REFERÊNCIAS

ACEVEDO. J. A. La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. **Enseñanza de las Ciencias**, v.14, p. 35-44,1996.

ACEVEDO. J. A.; VÁZQUEZ, A; MANASSERO M. A. Papel de la educación CTSA em uma alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. **Revista Electrônica de Enseñanza de las Ciências**, Palma de Mallorca, v. 2, n. 2, 2003.

ACOSTA, E.; CIASCA, B. & GARCIA, E. Por que preservar mananciais é importante para a segurança hídrica. **Revista Galileu**, 03 de setembro de 2022. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2022/09/por-que-preserved-mananciais-e-importante-para-seguranca-hidrica.html>>. Acesso em: 21 out. 2024.

AIKENHEAD, G. STS Education: a rose by any other name. In: CROSS, R. (Editor). **A Vision for Sciences Education: Responding to the work of Peter Fensham**. Saskachewan: University of Saskachewan, 2003.

AMANTEA, C. S; RIZOLLI, M. A. A Ambiência Criativa da Bauhaus e a Educação Colaborativa dos Projetos de Trabalho: Um Diálogo Pedagógico favorável ao Ensino Superior de Design. **Revista Primus Vitam**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, 2015.

APHA. **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater – SMEWW**. 22<sup>a</sup> ed. Washington: American Public Health Association – APHA, 2012.

AULER, D. **Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 1ª edição revisada e atualizada. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARTZIK, F. & ZANDER, L. D. A importância das aulas práticas de ciências no ensino fundamental. **Arquivo Brasileiro de educação**, Belo Horizonte, v. 4, n. 8, p. 31-38, 2016.

BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I.; TEIXEIRA, L. Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade). **Cadernos de Ibero-América y OEI**, Madri, v. 1, 2003.

BENTO, A. Como fazer uma revisão da literatura: considerações teóricas e práticas. **Revista JA (Associação Académica da Universidade da Madeira)**, Madeira, v. 7, n. 65, p. 42-44, 2012.

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é – o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BOFF, L.; TERRA, A. **Opção. Sustentabilidade e educação**. v. 7. São Leopoldo: Instituto Humanitas Unisinos, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. 3. ed. Brasília: MEC/SEF, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. 3. ed. Brasília: MEC/SEF, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. Brasília: SVS, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília, 2005.

BRICCIA, V. Sobre a natureza da ciência e o ensino. In: CARVALHO, A. M. P. de. (Org.) **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 111-128.

BRITO, L., FIREMAN, E. C. (2016). **Ensino de Ciências por Investigação: Uma Estratégia Pedagógica para a Promoção da Alfabetização Científica nos Primeiros Anos do Ensino Fundamental**. Revista Ensaio. Belo Horizonte, MG, 18(1), 123-146. DOI: 10.1590/1983-21172016180107

BRUNDTLAND, G. H. **Nosso Futuro Comum**. Oxford: Oxford University Press, 1987, p. 540-542,.

BUSS, D. F.; BUSS, P. M.; FRANCO NETTO, F. A.; GALLO, E.; MAGALHÃES, D. P.; MACHADO, J. M. H. & SETTI, A. F. F. Saúde na agenda de desenvolvimento pós-2015 das Nações Unidas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, p. 2555-2570, 2014.

BYBEE, R. W.; DEBOER, G. E. **Research on Goals for the Science Curriculum**. v.1. New York: McMillan, 1994.

CARDOSO, T.; ALARCÃO, I.; CELORICO, J. A. MAECC: um caminho para mapear investigação. **Indagatio Didactica**, Aveiro, v. 5, n. 2, 2013.

CARVALHO, A. M. P.; PESSOA, A. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, p. 765-794, 2018.

CLARKE, R.; KING, J. **O atlas da água**. 1. ed. São Paulo: Publifolha, 2005, p. 128.

CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

FONSECA, R. G.; LARA, L. M. Valores e atributos da profissão na perspectiva de estudantes de Educação Física. **Acta Scientiarum: Education**, v. 37, n. 1, p. 91-102, 2015.

FOUREZ, G. **Alphabétisation Scientifique et Technique**: essai sur les finalités de l'enseignement des sciences. Bruxelas: DeBoeck-Wesmael, 1994.

GARCÍA, R. & VEGA, P. **Sostenibilidad, valores y cultura ambiental**: v. 1. Madrid: Ediciones Pirámide, 2009.

IBARRA, A. Y. & LÓPEZ CERREZO, J. **Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad**: v. 1. Madrid: Biblioteca Nueva y OEI, 2001.

GIL-PÉREZ, D. & VALDÉS-CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

HODSON, D. Hacia um Enfoque más crítico del Trabajo de laboratório. **Enseñanza de Las Ciências**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOFSTEIN, A. The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 5, n. 3, p. 247-264, 2004.

HOFSTEIN, A. & LUNETTA, V. A. The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. **Review of Educational Research**, v. 52, n. 2, p. 201-217, 1982.

KRUPCZAK, C.; LORENZETTI, L.; AIRES, J. Controvérsias sociocientíficas como forma de promoção dos eixos da alfabetização científica. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, v. 1, 2020.

LEAL, M. C.; MORTIMER, E. F. Apropriação do discurso de inovação curricular em química por professores do ensino médio: perspectivas e tensões. **Ciência & Educação**, São João Del-Rei, v. 14, n. 1, p. 213-131, 2008.

LEMKE, J. L. Investigar para el Futuro de la Educación Científica: Nuevas Formas de Aprender, Nuevas Formas de Vivir. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, 2006.

LEMOS, J. L. S. Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA). **Revista Ciências & Ideias**, v. 4, n. 2. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/270>. Acesso em: 10 abr. 2020.

LEMOS, R. A.; VERÍSSIMO, M. O. R. Estratégias metodológicas para elaboração de material educativo: em foco a promoção do desenvolvimento de prematuros. **Ciência & Saúde Coletiva**, Juiz de Fora, v. 25, p. 505-518, 2020.

LOPES JÚNIOR, M. L.; CANTÃO, E. F.; PEREIRA, E. J. D.; SILVA, L. O.; SANTOS, L. S.; ARAÚJO, R. N. M.; CORRÊA, M. J. C.; MONTEIRO, G. D. S. Metodologias de ensino e aprendizagem no Ensino de Ciências na Escola Euclides Moreira Pontes Comunidade Quilombola São Benedito do Vizeu - Pará. **Revista Brasileira de Educação do Campo**, Tocantinópolis, v. 7, e12104, 2022.

LORENCINI JR., A. **O Professor e as perguntas na construção do discurso reflexivo em sala de aula**. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LOZANO, D. L. P. Del CTSA educativo a la ambientación del contenido y la formación ciudadana ambiental. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS**, Bogotá, V. 17, n. 51, p.117-140, 2022.

LÜDKE, M. & ANDRÉ, M. E. D. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas (Temas Básicos de Educação e Ensino). São Paulo: EPU, 1986.

LÜDKE, M. & ANDRÉ, M. E. D. **Temas básicos de educação e ensino**. 1ª ed. São Paulo: EPU, 1986.

MARCONI, M. A. & LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 2006.

MARQUES, A. & MARANDINO, M. **Educação Pesquisa**. v. 44. São Paulo: USP, 2018.

MARQUES, M. F. C. **Agenda 2030**: objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU: desafios ao desenvolvimento tecnológico e à inovação empresarial. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2019.

MARTÍN DEL POZO, R. El conocimiento escolar e profesional sobre el cambio químico en el diseño curricular Investigando Nuestro Mundo. **Investigación en la Escuela**, v. 27, p. 39-48, 1995.

MARTINS, R.D.C., BERNARDI, F., DANGUI KREVE, Y., NICOLINI, K.P. e NICOLINI, J. Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base no Ensino Médio (Parte I). , **Educación Química**, n.28, p. 246-253, 2017.

MILANI, J.; LARA, D. & COSTA, E. Análise de qualidade da água e do solo utilizando Alfakit®: abordagem teórico-prática para Ensino de Ciências na Escola Paulo VI. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, Canoas, v. 8, n. 1, p. 94-105, 2022.

MORTIMER, E. F. & SILVA, P. S. Águas urbanas: a lagoa da Pampulha, Elaborando Sequências Didáticas para o Ensino Médio de Química. **FAPEMIG/FaE-UFMG**, Belo Horizonte, 1. ed., p. 28-75, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **A Agenda 2030**. 2015. Disponível em:  
<<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em 16 jun. 2024.

OTERO, A. & BRUNO, C. **Taller de educación ambiental**: Actividades y juegos didácticos para docentes de todos los niveles. v. 1. Buenos Aires: Ediciones Novedades Educativas, 2010.

PAZMINO, A. V. La Interdisciplinariedad un camino para la inserción de la Sustentabilidad en cursos de Diseño de Producto. **Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación**, v. 15, n. 140, 2021.

PORLÁN, R. **Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado em investigación**. Sevilla: Díada, 1993.

PORLÁN, R.; RIVERO, A. & MARTÍN DEL POZO, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 2, p. 155-173, 1997.

PORLÁN ARIZA, R.; AZCÁRATE GODED, P.; MARTÍN DEL POZO, R.; MARTÍN TOSCANO, J. & RIVERO GARCÍA, A. Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores: fundamentos y principios formativos. **Investigación en la Escuela**, [S.l.], n. 29, p. 23–38, 2021.

PORLÁN, R. & MARTÍN DEL POZO, R. Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores, II: Estudios Empíricos y Conclusiones. **Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**, v. 16 n. 2, p. 271-288, 1998.

POZO, J. I. & CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RODRIGUES, C. & MORTIMER, E. F. Projeto Água em Foco e letramento científico. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 15, 2010, Brasília. **Anais...** Brasília, 2010.

SASSERON, L. H. & CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, dez. 2008.

SASSERON, L. H & CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: Uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 59–77, 2016.

SILVA, E. L. & MARCONDES, M. E. R. Materiais didáticos elaborados por professores de química na perspectiva CTS: uma análise das unidades produzidas e das reflexões dos autores. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 1, p. 65-83, 2015.

THIOLLENT. M. **Metodologia da pesquisa-ação**. v.1. São Paulo: Cortez Editora, 2003.

TORRES, R. V. Cuidando la casa común: experiencias de aula con estudiantes de primer semestre de ingenierías. **CTS - Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad**, Medellín, v. 14, n. 41, p. 251-261, 2019.

ZOLLER, U. & WATSON, F. G. Technology education for nonscience students in the secondary school. **Science Education**, Nova York, v. 58, n. 1, p. 105-116, 1974.

## 9 ANEXOS

### **Anexos 1 e 4 – Questionário de percepções acerca do tratamento de água de abastecimento para discentes**

Solicitamos que responda a algumas perguntas relativas aos seus conhecimentos prévios sobre alguns tópicos sobre o tratamento da água de abastecimento no município de Contagem. Considerando o seu conhecimento sobre os assuntos citados, avalie sua concordância ou discordância em relação às declarações abaixo, de acordo com a seguinte escala:

- 1) Discordo fortemente
- 2) Discordo parcialmente
- 3) Não tenho opinião formada
- 4) Concordo parcialmente
- 5) Concordo fortemente

\_\_\_\_\_ Conheço todas as etapas do tratamento de água de abastecimento utilizados pela companhia saneadora que distribui a água no município.

Comentários:

---

---

---

---

\_\_\_\_\_ Reconheço a importância da preservação das águas naturais para a manutenção da vida na terra.

Comentários:

---

---

---

\_\_\_\_\_Tenho conhecimento dos critérios utilizados para classificar as águas como próprias para o consumo humano.

Comentários:

---

---

---

\_\_\_\_\_Tenho conhecimento do local de origem da água consumida pelo município.

Comentários:

---

---

---

---

\_\_\_\_\_Tenho conhecimento de todos os parâmetros que atestam a qualidade da água fornecidos pela companhia de abastecimento.

Comentários:

---

---

---

---

\_\_\_\_\_Tenho conhecimento do conceito de potencial hidrogeniônico (pH) e da maneira de se calcular tal parâmetro em soluções aquosas, bem como da sua importância como parâmetro para se atestar a qualidade da água de abastecimento.

Comentários:

---

---

---

---

\_\_\_\_\_ Tenho conhecimento do conceito de turbidez e da maneira de se calcular tal parâmetro em soluções aquosas, bem como da sua importância como parâmetro para se atestar a qualidade da água de abastecimento.

Comentários:

---

---

---

---

\_\_\_\_\_ Tenho conhecimento do conceito de floculação como etapa do tratamento da água de abastecimento e da maneira de se medir a quantidade ideal a ser utilizada de floculante no processo de tratamento pela companhia de abastecimento.

Comentários:

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_ Reconheço na fatura enviada pela companhia de abastecimento de água o consumo médio utilizado e identifico os parâmetros de qualidade medidos e informados.

Comentários:

---

---

---

## **Anexo 2 – Construção de um mapa mental**

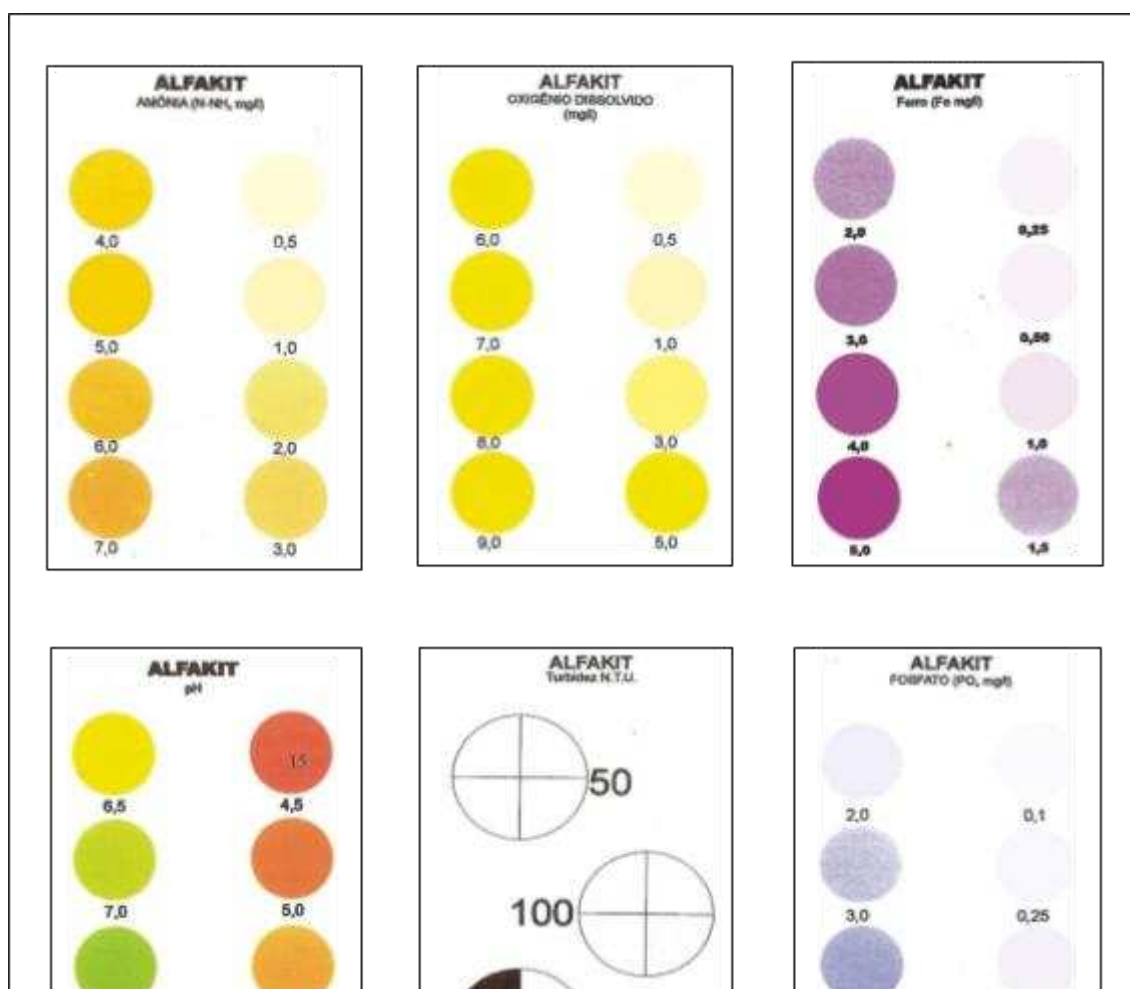
Para esta atividade, vocês irão se organizar em duplas e, a partir das discussões feitas em sala, vão elaborar um mapa MENTAL que represente suas ideias, completando os conceitos, de modo a formar frases de ligação e estabelecendo relações significativas entre o tema central “ÁGUA” e as palavras-chave destacadas a seguir.

Ao término desta atividade, cada grupo irá apresentar o seu mapa MENTAL e faremos uma discussão e reflexão coletiva sobre suas produções como também sobre os conceitos que foram abordados até o momento.

### **PALAVRAS-CHAVE**

ÁGUA POTENCIAL HIDROGENIÔNICO FLOCULAÇÃO DECANTAÇÃO TURBIDEZ  
MEIO AMBIENTE SUSTENTABILIDADE PRESERVAÇÃO SAÚDE TIPOS DE  
ÁGUA ETA TRATAMENTO CLORAÇÃO PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA  
COLIFORMES FECAIS LEGISLAÇÃO CONAMA COMPANHIA ABASTECIMENTO

## Anexo 3 – Roteiro ALFAKIT para análises físico-químicas



## Anexo 5 – Construção de um novo mapa mental

Os mapas mentais são organizadores gráficos que utilizam suportes visuais para representar esquematicamente o conhecimento construído e reconstruído, facilitando assim, a discussão e comunicação entre aluno e professor e contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

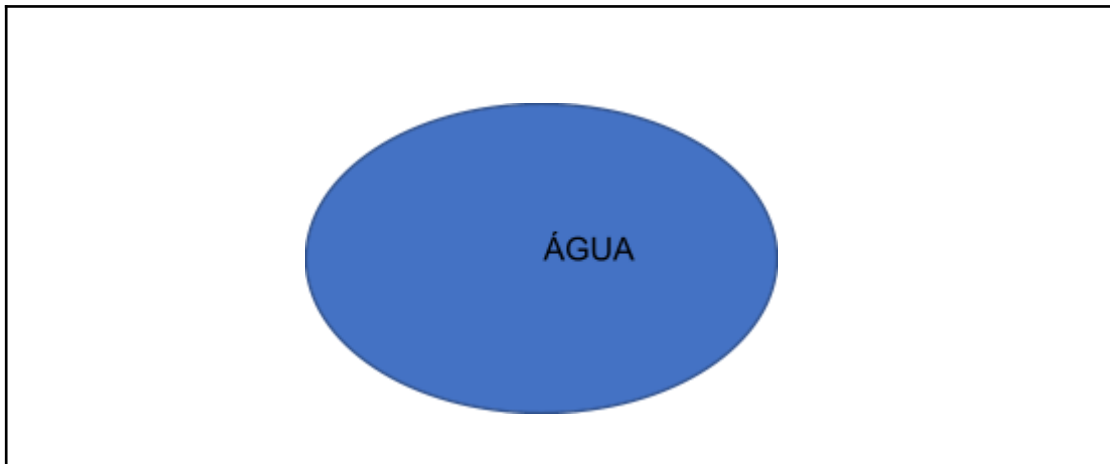
### ATIVIDADE – Construção de um mapa MENTAL

Para esta atividade, vocês irão se organizar em grupos de quatro alunos e, a partir das discussões feitas em sala, vão elaborar um mapa conceitual que represente suas ideias, completando os conceitos, de modo a formar frases de ligação e estabelecendo relações significativas entre o tema central “ÁGUA” e as palavras-chave destacadas a seguir.

Ao término da atividade, cada grupo irá apresentar o seu mapa MENTAL e faremos uma discussão e reflexão coletiva sobre suas produções como também sobre os conceitos que forma abordados até o momento.

### PALAVRAS-CHAVE

POLUIÇÃO	DESINFECÇÃO	TRATAMENTO	SAÚDE PÚBLICA
PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS MANANCIAIS		RESOLUÇÃO 357	CONAMA PRESERVAÇÃO
FATURA DA COPASA ÁGUA (ETA)	PARÂMETROS BIOLÓGICOS	ESTAÇÃO TRATAMENTO	DE
ESTAÇÃO TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) DE CONTAGEM		QUALIDADE ÁGUA	DA ORIGEM DA ÁGUA



**IMPORTANTE:** Liste os parâmetros físico químicos que você conhece que atestam a qualidade da água para abastecimento.

## **Anexo 6 - Reportagem da revista galileu sobre preservação de mananciais**

Entre 23 de agosto e 1º de setembro, ocorreu a Semana Mundial da Água de 2022, cujo tema central foi o papel da água sob diferentes perspectivas, como valoração, conhecimento tradicional e direitos humanos. As águas invisíveis ou despercebidas, como as de aquíferos ou do solo, também foram foco do evento, na busca por soluções para os grandes desafios relacionados à disponibilidade e à qualidade de água, num momento em que as crises hídricas se tornam cada vez mais frequentes não apenas no Brasil, mas globalmente.

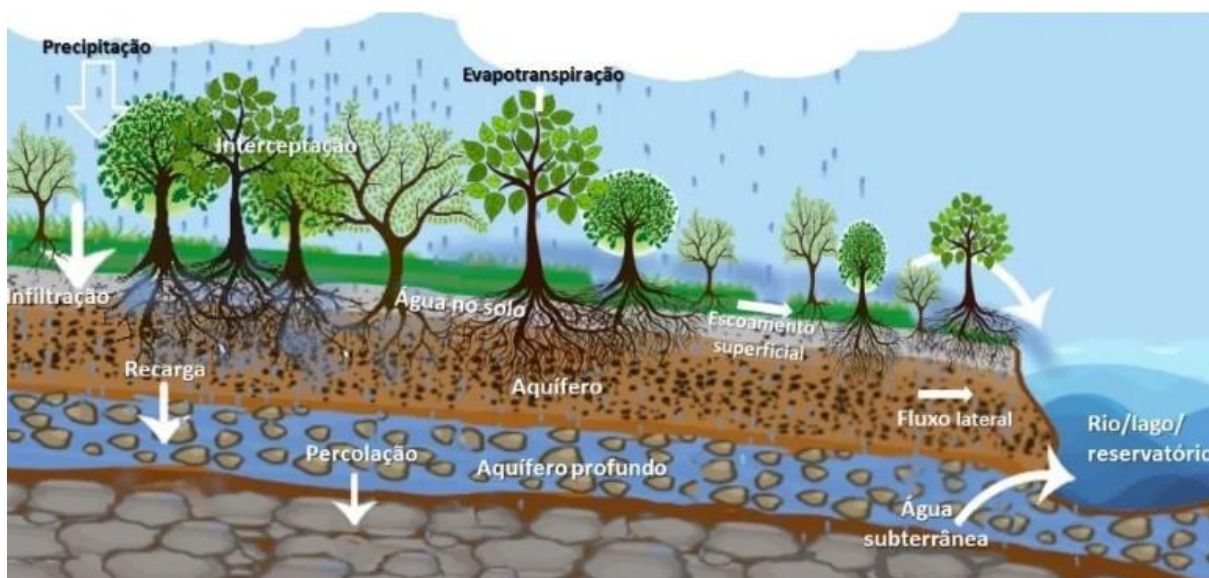
Apenas neste verão no Hemisfério Norte os exemplos catastróficos são inúmeros. A seca na China, que reduziu o canal úmido de um dos maiores rios do mundo, o Yangtze, a cerca da metade de sua largura normal; a pior seca na Europa nos últimos 500 anos, assolando a metade do continente e afetando produção agrícola, abastecimento e geração de energia elétrica; e as secas extremas no México, na Califórnia, no Texas, na Somália, na Etiópia são indicações da urgência de mudar a forma como o uso e manutenção dos recursos hídricos são pensados.

Nesse contexto, as Soluções baseadas na Natureza (SbN) podem ser uma contribuição importante para a regulação hídrica, diminuindo os impactos de períodos de estiagem severa na disponibilidade de água. As SbN podem ser definidas como a gestão e uso sustentável da natureza para enfrentar desafios como mudanças climáticas, segurança hídrica e alimentar, proteção da biodiversidade, saúde humana e gestão de risco de desastres. Um exemplo é a restauração de áreas úmidas ou da vegetação nativa, sobretudo em áreas estratégicas para a recarga de aquíferos e para proteção de nascentes e sistemas aquáticos em geral, que pode contribuir para a retenção da água na escala de bacia hidrográfica.

Embora a relação entre a floresta e a disponibilidade hídrica seja um tema muito discutido, gerando diversas hipóteses sobre como a cobertura vegetal pode impactar a quantidade e qualidade de água das bacias, estudos indicam a contribuição da vegetação para a saúde dos corpos de água. A redistribuição de água da chuva dentro de uma bacia hidrográfica é influenciada pela cobertura de vegetação nativa e uso da terra, conforme ilustrado abaixo.

Na época de chuvas, a quantidade de água superficial, ou seja, em rios, riachos, lagos

e outros corpos de água, tende a ser muito maior numa bacia hidrográfica desmatada, e com maior risco de provocar erosão e inundações, em comparação com outra que mantém sua floresta original. Por outro lado, na época de estiagem, o volume de água superficial tende a ser maior nos corpos de água da bacia com cobertura florestal, porém escasso na bacia com supressão da floresta.



Como as soluções baseadas na natureza, como a restauração da vegetação, contribuem para a manutenção das águas dos rios. (Foto: The Nature Conservancy)

Isso acontece porque a cobertura florestal aumenta a interceptação da água das chuvas, facilita a infiltração dessa água no solo e diminui a velocidade do escoamento superficial, ou seja, da água que escorre na superfície do solo. Todos esses fatores contribuem para o armazenamento da água e sua liberação gradual no período de seca, num processo de regulação da vazão de rios.

Assim, a água observada nos rios na época de estiagem é na realidade água que foi retida no solo e nos aquíferos livres durante as chuvas. Numa bacia sem vegetação, onde a maior parte da água precipitada foi escoada pela superfície e o armazenamento de água não ocorreu ou foi mínimo, rios ou reservatórios tendem a apresentar baixos níveis ou, em casos extremos, secam no período de estiagem.

A escassez de água é um problema que vem afetando todos os continentes e depende não apenas da disponibilidade de água numa região num determinado momento. Os

eventos climáticos extremos, a urbanização, o desmatamento, a poluição das águas e o crescimento populacional gerando aumento da demanda e consumo são as principais causas de escassez hídrica.

O relatório sobre mudanças climáticas do IPCC (2022) comenta que os eventos extremos ocorrerão com maior frequência e o impacto sobre a água poderá ser superior ao esperado, dado que haverá menos tempo para recuperação dos mananciais, afetando não apenas as pessoas, mas também os sistemas produtivos e ecológicos.

Segundo a Unesco (2021), o uso da água aumentou em seis vezes nos últimos 100 anos a uma taxa que supera mais de duas vezes a taxa de aumento populacional. Ainda que o Brasil apresente uma das maiores reservas de água doce do mundo, a demanda concentra-se em áreas de menor disponibilidade relativa. Aproximadamente 70% da água doce disponível no país se encontra na bacia amazônica, onde menos de 5% da população está concentrada, ao passo que as cidades mais populosas estão em bacias menores cujos mananciais enfrentam fortes pressões de ocupação e são altamente dependentes das chuvas.

Além do impacto no abastecimento humano, outro setor que vem sendo altamente afetado por eventos de escassez hídrica é o elétrico. Segundo a Operadora Nacional do Sistema Elétrico, nos últimos sete anos os reservatórios das hidrelétricas receberam um volume de água inferior à média histórica e, em 2021, registraram a pior média mensal de toda a série histórica de medição. Os subsistemas do Centro-Oeste e Sudeste, responsáveis por cerca de 70% da geração de energia do país, atingiram níveis inferiores a 20% de sua capacidade de armazenamento nos últimos anos.

Um caso emblemático foi a estiagem ocorrida de 2014 a 2015 no Sistema Cantareira, que atende 7,5 milhões de pessoas da Região Metropolitana de São Paulo e cujas bacias hidrográficas apresentam um alto grau de perda de sua vegetação original. Essa estiagem resultou na redução do nível de água do reservatório para menos de 5% de sua capacidade e gerou a tão mencionada crise hídrica em São Paulo.

Dada a evidência crescente de que eventos climáticos extremos impõem um desafio de adaptação para cidades em todo o mundo, garantir segurança hídrica para o bem-estar das pessoas e para o desenvolvimento econômico torna-se cada vez mais

urgente. As Soluções baseadas na Natureza podem contribuir para a segurança hídrica como medida complementar aos investimentos em infraestrutura convencional já realizados.

Assim sendo, face a um problema complexo de gestão territorial, econômica, social e política, é necessária a alocação de investimentos em SbN nos processos de planejamento territorial das bacias hidrográficas e de definição de políticas públicas e instrumentos de gestão ambiental.

## **Anexo 7 – Novo questionário sobre parâmetros de qualidade da água**

**1 QUANDO VOCÊ PENSA EM QUALIDADE DA ÁGUA O QUE LHE VÊM EM MENTE?**

Objetivo da questão: Identificar a representação de qualidade da água que os estudantes possuem.

**2 HOJE VIVENCIAMOS INÚMEROS PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS A POLUIÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA COMO BACTÉRIAS, VÍRUS, PARASITAS, FERTILIZANTES, PESTICIDAS, MEDICAMENTOS, NITRATOS, FOSFATOS, PLÁSTICOS, RESÍDUOS FECAIS E ATÉ SUBSTÂNCIAS RADIOATIVAS. A QUÍMICA TERIA ALGUM IMPLICAÇÃO NESSAS MUDANÇAS? PORQUE?**

Objetivo da questão: Verificar a ideia que o estudante possui da atividade química, se é causadora do problema ou não.

**3 É POSSÍVEL USAR A QUÍMICA PARA A MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA?**

Objetivo da questão: Identificar sua predisposição a trabalhar com a temática.

**4 QUAIS OS CONHECIMENTOS DE QUÍMICA PODERIAM SER TRABALHADOS COM O TEMA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA? COMO FARIA ISSO?**

Objetivo da questão: Verificar se o estudante consegue perceber a relação dos conceitos/conteúdos químicos com a temática análise de água.

**5 ALÉM DO CONHECIMENTO QUÍMICO QUE OUTROS ASPECTOS PODEMOS RELACIONAR COM O ENTENDIMENTO DA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO?**

**6 HÁ LIMITES E DIFICULDADES DE SE TRABALHAR COM ESTA TEMÁTICA? QUAIS SÃO E PORQUE?**

Objetivo da questão: Verificar quais as limitações para este trabalho.

**7 VOCÊ CONSIDERA O TEMA TRATAMENTO DE ÁGUA COMO RELACIONADO AO**

### CONTEÚDO CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE? PORQUE?

Objetivo da questão: Averiguar se o estudante consegue relacionar a abordagem CTSA com o trabalho.

### 8 DE QUE FORMA O CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA PROPICIA O ENTENDIMENTO SOBRE A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DOS CURSOS D'ÁGUA?

Objetivo da questão: Conhecer os aspectos relevantes da formação do estudante em relação a educação ambiental.

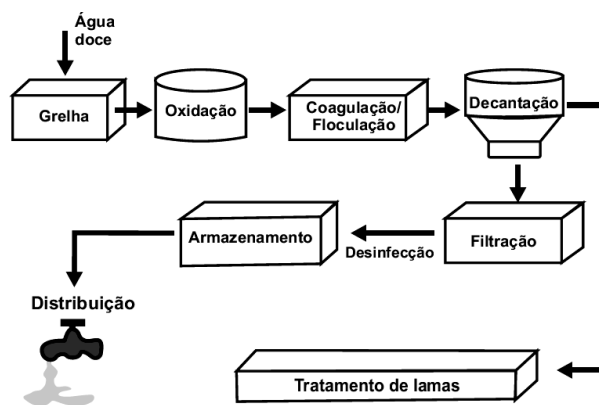
### 9 DE QUE FORMA A MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO-SE DO KIT DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL ALFAKIT PODE FACILITAR O ENTENDIMENTO SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL?

Objetivo da questão: Verificar quais são as limitações e vantagens de fazer medições analíticas de forma prática e facilitada.

## Anexo 8 – questões de vestibulares e ENEM sobre tratamento de água

### Questão 01 - (ENEM)

A figura representa a sequência de etapas em uma estação de tratamento de água.



Disponível em: [www.ecoguia.cm-mirandela.pt](http://www.ecoguia.cm-mirandela.pt).

Acesso em: 30 jul. 2012.

Qual etapa desse processo tem a densidade das partículas como fator determinante?

- Oxidação.
- Floculação.
- Decantação.
- Filtração.
- Armazenamento.

### Questão 02 - (FM Petrópolis RJ)

[...] a água é levada do manancial para a Estação de Tratamento de Água (ETA). Já o tratamento de esgoto é feito a partir de esgotos residenciais ou industriais para, após o tratamento, a água poder ser reintroduzida no rio minimizando seu impacto ao ambiente. Podemos dividir o tratamento de água em duas etapas, as quais chamamos de tratamento inicial e tratamento final.

Disponível em:

<<http://www.usp.br/qambiental/tratamentoAgua.html>>.

Acesso em: 16 abr. 2015.

No tratamento final, as partículas sólidas se aglomeram em flocos que se vão depositando no fundo do tanque; a água da parte superior do tanque de sedimentação passa por várias camadas de cascalho e areia, retirando, assim, as impurezas menores. Por fim, é adicionado na água um composto bactericida e fungicida, como, por exemplo, o hipoclorito de sódio, conhecido apenas como “cloro”.

Os processos no tratamento final da água são:

- a) floculação, destilação e desinfecção
- b) levigação, filtração e adição
- c) sedimentação, destilação e centrifugação
- d) decantação, destilação e cloração
- e) sedimentação, filtração, desinfecção

Questão 03 - (ENEM)

Em Bangladesh, mais da metade dos poços artesianos cuja água serve à população local está contaminada com arsênio proveniente de minerais naturais e de pesticidas. O arsênio apresenta efeitos tóxicos cumulativos. A ONU desenvolveu um *kit* para tratamento dessa água a fim de torná-la segura para o consumo humano. O princípio desse *kit* é a remoção do arsênio por meio de uma reação de precipitação com sais de ferro (III) que origina um sólido volumoso de textura gelatinosa.

Disponível em: <http://tc.iaea.org>. Acesso em: 11 dez. 2012 (adaptado).

Com o uso desse *kit*, a população local pode remover o elemento tóxico por meio de

- a) fervura.
- b) filtração.
- c) destilação.
- d) calcinação.
- e) evaporação.

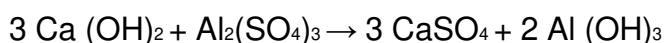
## Questão 04 - (FATEC SP)

Além do problema da escassez de água potável em alguns pontos do planeta, a sociedade também enfrenta as dificuldades de tratamento da água disponível, cada vez mais poluída.

Uma das etapas desse tratamento envolve a adição de compostos químicos que possam facilitar a retirada de partículas suspensas na água.

Os compostos adicionados reagem formando uma substância gelatinosa, hidróxido de alumínio, que aglutina as partículas suspensas.

A seguir, temos a reação que representa o descrito:



A etapa descrita é denominada

- a) filtração.
- b) cloração.
- c) floculação.
- d) destilação.
- e) decantação.

## Questão 05 - (UNESP SP)

Dentre as etapas utilizadas nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), a floculação é um processo que visa retirar as partículas em suspensão presentes na água a ser tratada. Isso é conseguido mediante a adição de reagentes químicos que produzirão um hidróxido gelatinoso e pouco solúvel, capaz de adsorver partículas suspensas, de modo a formar flocos. Em seguida, a água é submetida à agitação mecânica para possibilitar que os flocos se agreguem com as demais partículas em suspensão, permitindo sua decantação mais rápida.

## Questão 06 - (UEFS BA)

A água captada de rios, lagos ou reservatórios pode conter poluentes, a exemplo de pesticidas e efluentes industriais, além de micro-organismos nocivos à saúde. Para torná-la potável, é necessária a utilização de uma série de processos físicos e químicos para a retirada de impurezas, desinfecção e controle da acidez, dentre outros, realizados em uma estação de tratamento, antes de essa água ser distribuída para a população.

Considerando-se as informações e os processos de tratamento da água, é correto afirmar:

- a) A filtração com carvão, areia e cascalho retém os resíduos de pesticidas e efluentes dissolvidos na água.
- b) A cal, formado por óxido de cálcio,  $\text{CaO(s)}$ , ao ser adicionado à água, reage e forma uma base solúvel, que reduz o pH do meio.
- c) A adição de cloro,  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , à água leva à formação do ácido clorídrico,  $\text{HCl(aq)}$ , responsável pela eliminação dos micro-organismos.
- d) O flúor é adicionado no final do processo de tratamento sob a forma de íons fluoreto, com o objetivo de eliminar bactérias patogênicas.
- e) A decantação de partículas em suspensão é acelerada pelo hidróxido de alumínio formado na reação entre o sulfato de alumínio e o hidróxido de cálcio, acrescentados ao meio aquoso.

## Questão 07 - (ENEM)

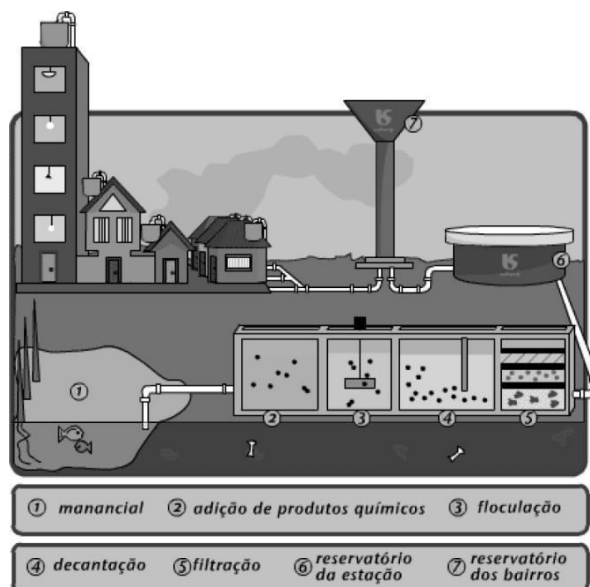
O tratamento convencional da água, quando há, remove todas as impurezas? Não. À custa de muita adição de cloro, a água que abastece residências, escolas e trabalhos é bacteriologicamente segura. Os tratamentos disponíveis removem partículas e parte das substâncias dissolvidas, resultando em uma água transparente e, geralmente, inodora e insípida, mas não quimicamente pura. O processo de purificação da água compreende etapas distintas, que são: a decantação, a coagulação/floculação, a filtração, a desinfecção e a fluoretação.

GUIMARÃES, J.R.D. Claro como a água? Disponível em:  
<http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 2 abr. 2011 (adaptado)

Dentre as etapas descritas, são consideradas processos químicos:

- a) Decantação e coagulação.
- b) Decantação e filtração.
- c) Coagulação e desinfecção.
- d) Flocculação e filtração.
- e) Filtração e fluoretação.

## Questão 08 - (UFU MG)



[http://200.144.74.11/sabesp\\_ensina/intermediario/tratamento\\_agua](http://200.144.74.11/sabesp_ensina/intermediario/tratamento_agua)

A figura representa uma estação de tratamento de água, desde a captação até a distribuição. Na etapa 2 são adicionados sulfato de alumínio, cloro e cal no tanque. Já na etapa 5, a água passa por várias camadas filtrantes (cascalho, areia e carvão).

Sobre as etapas do tratamento da água, responda ao que se pede:

- Explique, em relação à etapa 2, a função de cada substância – sulfato de alumínio, cloro e cal – para o tratamento da água.
- Discorra sobre o processo de floculação, que ocorre na etapa 3, explicando sua função no tratamento da água.
- Explique o motivo de a água passar pela filtração, na etapa 5, e a função do carvão e da areia nesse processo.

## Questão 09 - (ENEM)

Entre as substâncias usadas para o tratamento de água está o sulfato de alumínio que, em meio alcalino, forma partículas em suspensão na água, às quais as impurezas presentes no meio se aderem.

O método de separação comumente usado para retirar o sulfato de alumínio com as impurezas aderidas é a

- a) flotação.
- b) levigação.
- c) ventilação.
- d) peneiração.
- e) centrifugação.

Questão 10 - (UPE PE)

O azeite de oliva é o produto obtido somente dos frutos da oliveira (*Olea europaea* L.), excluídos os óleos obtidos por meio de solventes e ou qualquer mistura de outros óleos. O azeite de oliva virgem é o produto obtido do fruto da oliveira (*Olea europaea* L.) somente por processos mecânicos ou outros meios físicos, em condições térmicas que não produzam alteração do azeite, e que não tenha sido submetido a outros tratamentos além da lavagem com água, decantação, centrifugação e filtração.

Adaptado da Resolução de Diretoria Colegiada da Agência

Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)

- RDC N<sup>o</sup>. 270, de 22 de

setembro de 2005.

Está de acordo com esses critérios da RDC N<sup>o</sup>. 270 da ANVISA a seguinte garantia dada por uma empresa que processa e comercializa uma marca de “azeite de oliva virgem” em uma rede de supermercados:

- a) isenção de substâncias apolares, retiradas pelo emprego de um líquido apolar recomendado para o processamento de produtos alimentícios.
- b) manutenção de um óleo sem muita química, por usar somente processos mecânicos ou outros meios físicos que não produzem alteração do azeite.
- c) transesterificação no óleo, após a prensagem e a termobatedura, um

- batimento lento e contínuo da pasta seguido por um aquecimento suave.
- d) ausência de partículas em suspensão, por causa da separação de compostos de densidades distintas, por meio de processo de inércia, seguido por uma etapa filtrante.
  - e) retirada de um grupo de substâncias polares indesejáveis para a estabilização do produto em prateleira, realizando a destilação do óleo por arraste, com vapor d'água.

Questão 11 - (UNIFOR CE)

Um dos processos envolvidos no tratamento de águas de piscinas de clubes e residências consiste na adição de dois produtos químicos como o carbonato de sódio (barrilha) e o sulfato de alumínio. Ao adicionarmos carbonato de sódio, ocorre a formação do hidróxido de sódio ocasionando uma elevação no pH da água, que deverá ser ajustada na faixa de 6,8 a 7,2. Ao adicionarmos o sulfato de alumínio, ocorre a formação do hidróxido de alumínio, que é insolúvel em água e tem uma aparência de floco de algodão. Este composto consegue reter muitas impurezas presentes na água, arrastando-as consigo para o fundo da piscina para posterior eliminação. De acordo com o texto, os processos envolvidos no tratamento consistem em:

- a) Coagulação, desinfecção e floculação
- b) Coagulação, floculação e filtração
- c) Floculação, filtração, decantação
- d) Coagulação, floculação, decantação
- e) Decantação, desinfecção e floculação

## Questão 12 – (FUVEST SP)

A obtenção de água doce de boa qualidade está se tornando cada vez mais difícil devido ao adensamento populacional, às mudanças climáticas, à expansão da atividade industrial e à poluição. A água, uma vez captada, precisa ser purificada, o que é feito nas estações de tratamento. Um esquema do processo de purificação é:

A → B → C → D → E → F

em que as etapas B, D e F são:

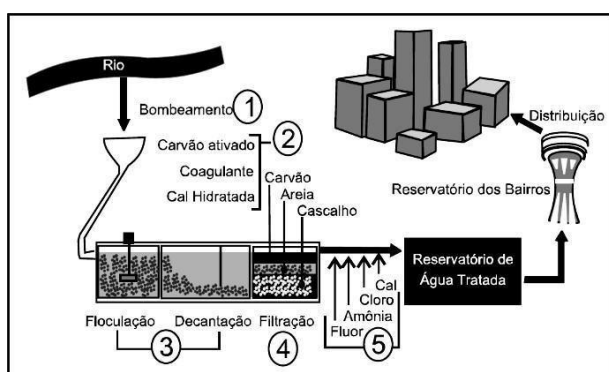
B – adição de sulfato de alumínio e óxido de cálcio, D – filtração em areia, F – fluoretação.

Assim sendo, as etapas A, C e E devem ser, respectivamente,

- a) filtração grosseira, decantação e cloração.
- b) decantação, cloração e filtração grosseira.
- c) cloração, neutralização e filtração grosseira.
- d) filtração grosseira, neutralização e decantação.
- e) neutralização, cloração e decantação.

## Questão 13 - (ENEM)

Na atual estrutura social, o abastecimento de água tratada desempenha um papel fundamental para a prevenção de doenças. Entretanto, a população mais carente é a que mais sofre com a falta de água tratada, em geral, pela falta de estações de tratamento capazes de fornecer o volume de água necessário para o abastecimento ou pela falta de distribuição dessa água.



Disponível em: <http://www.sanasa.com.br>. Acesso em: 27 jun. 2008 (adaptado).

No sistema de tratamento de água apresentado na figura, a remoção do odor e a desinfecção da água coletada ocorrem, respectivamente, nas etapas

- 1 e 3.
- 1 e 5.
- 2 e 4.
- 2 e 5.
- 3 e 5.

Questão 14 - (IFGO)

Nas estações de tratamento de água que abastecem uma cidade, a água é mantida durante certo tempo em tanques para que as partículas sólidas presentes na água se depositem no fundo. Essa etapa da operação é denominada:

- sedimentação
- filtração
- sifonação
- cristalização
- centrifugação

## Questão 15 - (Unioeste PR)

Atualmente a captação de água, seu tratamento e distribuição estão se tornando cada vez mais difíceis. Sobre a água, pode-se afirmar que

- a) é uma substância simples e sua molécula é constituída por mais de um tipo de átomo.
- b) Seu ponto de ebulição é uma propriedade física que se mantém constante, mesmo quando ocorrem variações na temperatura e na pressão.
- c) Forma uma mistura homogênea, quando não dissolve sais minerais.
- d) Pode separar-se do óleo, por decantação.
- e) sua molécula não apresenta momento dipolar.

## Questão 16 (ENEM)

Seguem abaixo alguns trechos de uma matéria da revista “Superinteressante”, que descreve hábitos de um morador de Barcelona (Espanha), relacionando-os com o consumo de energia e efeitos sobre o ambiente.

“Apenas no banho matinal, por exemplo, um cidadão utiliza cerca de 50 litros de água, que depois terá que ser tratada. Além disso, a água é aquecida consumindo 1,5 quilowatt-hora (cerca de 1,3 milhões de calorias), e para gerar essa energia foi preciso perturbar o ambiente de alguma maneira”

“Na hora de ir para o trabalho, o percurso médio dos moradores de Barcelona mostra que o carro libera 90 gramas do venenoso monóxido de carbono e 25 gramas de óxidos de nitrogênio ... Ao mesmo tempo, o carro consome combustível equivalente a 8,9 kwh.”

“Na hora de recolher o lixo doméstico... quase 1 kg por dia. Em cada quilo há aproximadamente 240 gramas de papel, papelão e embalagens; 80 gramas de plástico; 55 gramas de metal; 40 gramas de material biodegradável e 80 gramas de vidro.”

No trecho I, a matéria faz referência ao tratamento necessário à água resultante de

um banho. As afirmações abaixo dizem respeito a tratamentos e destinos dessa água. Entre elas, a mais plausível é a de que a água:

- a) passa por peneiração, cloração, floculação, filtração e pós-cloração, e é canalizada para os rios.
- b) passa por cloração e destilação, sendo devolvida aos consumidores em condições adequadas para ser ingerida.
- c) é fervida e clorada em reservatórios, onde fica armazenada por algum tempo antes de retornar aos consumidores.
- d) passa por decantação, filtração, cloração e, em alguns casos, por fluoretação, retornando aos consumidores.
- e) não pode ser tratada devido à presença do sabão, por isso é canalizada e despejada em rios.

Questão 17 - (UFMT)

Considere os seguintes processos:

- I. centrifugação
- II. decantação
- III. destilação fracionada
- IV. filtração

Quais desses processos constituem etapas fundamentais do tratamento da água servida à população de Cuiabá?

- a) I e II
- b) I e III
- c) II e III
- d) II e IV
- e) III e IV

## 10 APÊNDICE

# PRODUTO EDUCACIONAL



**MANUAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM O TEMA ÁGUA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA:  
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA ATRAVÉS  
DE UMA ABORDAGEM CTSA**

**EMERSON WILLIAM BECHLER**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA:  
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA ATRAVÉS  
DE UMA ABORDAGEM CTSA**

Realização

Mestrado Profissional em Química – UFV

Autor

Emerson William Bechler

Orientadora

Prof. Dra. Aparecida de Fátima Andrade da Silva

## **APRESENTAÇÃO**

Este material tem como objetivo auxiliar os professores na construção do conhecimento científico na área da Química utilizando a metodologia CTSA – Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente (SILVA E MARCONDES, 2015) e a alfabetização científica (SASSERON E CARVALHO,2008) como fundamentos para o desenvolvimento do material e a investigação do conhecimento adquirido pelos estudantes.

A sequência didática aborda a temática da análise físico-química dos parâmetros que atestam a qualidade da água de abastecimento, levando em consideração sua utilização sustentável segundo orientações da AGENDA 2030 (ONU, 2005). A medição destes parâmetros normalmente necessita de equipamentos e materiais sofisticados que a maioria das escolas de nível médio não apresenta. Como forma de solucionar este problema, foi utilizado um kit de educação ambiental ALFAKIT de fácil acesso e utilização para a medição e quantificação destes parâmetros. Este procedimento pode ser realizado até mesmo em escolas que não possuem laboratório e com o objetivo de tornar a ciência, em particular a Química, mais acessível a comunidade escolar.

O tema geral água e medição dos parâmetros de qualidade da água de forma a ser utilizada em todas as escolas para uma educação inclusiva, onde os estudantes possam desenvolver habilidades nas quais permitem dominar a linguagem da ciência de modo a fazer dela um instrumento de interpretação e significação do mundo, foi a ideia inicial para a sequência didática.

É de suma importância que os materiais instrucionais utilizados pelos docentes sejam adequados a construção de um conhecimento científico seguindo uma proposta construtivista com vistas a formação crítica do estudante, bem como a tomada de consciência da responsabilidade pela própria aprendizagem pelo aluno.

Assim, o desenvolvimento da alfabetização científica a partir da utilização de

uma sequência didática investigativa com o tema Água, com vistas a promover a compreensão de conhecimentos químicos relevantes para a sua formação técnica, bem como a sua formação como cidadão crítico, além da análise da importância social do tema proposto para o desenvolvimento sustentável possui relevância pedagógica.

SUMÁRIO	PÁGINA
CIÊNCIA TECNOLOGIA SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE.....	200
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS.....	202
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	203
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS.....	205
ASSUNTOS DA QUÍMICA QUE PODEM SER ABORDADOS.....	205
DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES.....	206
1ª ETAPA –PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL.....	207
2ª ETAPA – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	213
3ª ETAPA – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	241
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	249
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	250

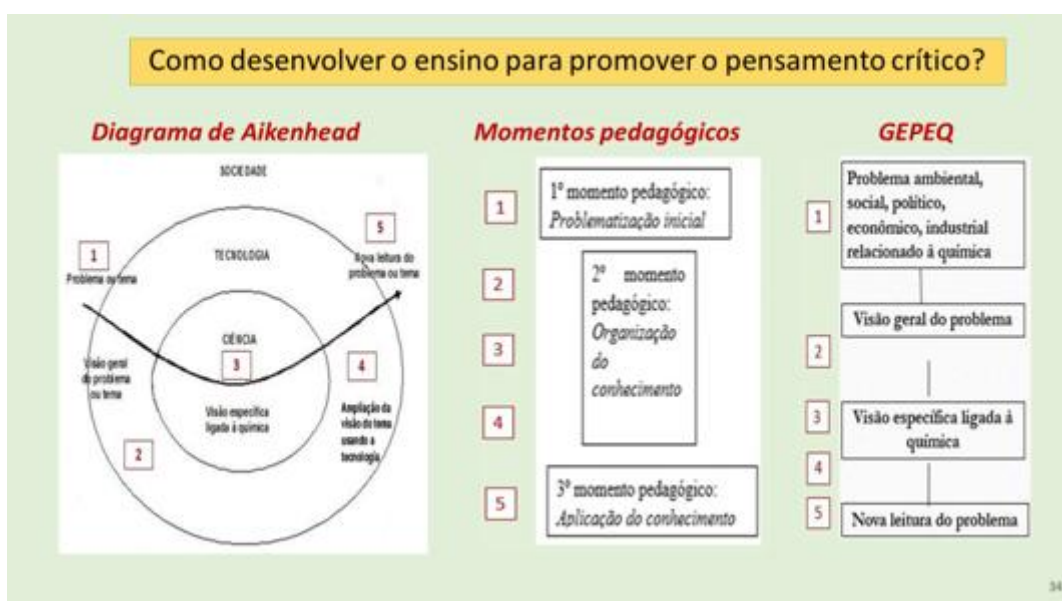
## CIÊNCIA TECNOLOGIA SOCIEDADE E AMBIENTE

É fundamental que os conhecimentos técnicos em relação aos parâmetros de qualidade da água sejam abordados de forma adequada em termos de uma visão não fragmentada das atividades práticas, tornando o estudante participante ativo do processo de ensino e aprendizagem.

O professor em sala de aula possui papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem de qualquer disciplina. Segundo Zoller (1993), este deveria ter conhecimentos que lhe permitissem propor atividades de ensino que promovessem o desenvolvimento de habilidades cognitivas, permitindo aos estudantes resolver problemas com autonomia e exercer plenamente sua cidadania, de forma consciente, valorizando o conhecimento.

A abordagem CTSA mostra também um rompimento com a visão neutra e salvacionista da ciência e nega o determinismo da tecnologia para o futuro da ciência e da sociedade (AULER,2002). O diagrama abaixo mostra como o professor deve intervir em sala de aula utilizando uma abordagem CTSA a partir de uma situação problema que se utiliza de conceitos químicos para sua correta interpretação.

Figura 11 - Modelo de abordagem CTSA



Fonte: Silva, E.L; Marcondes, M.E.R., 2015, p.68

O diagrama revela que as áreas de conhecimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente devem ser tratadas de forma contextualizadas e integradas, com a possibilidade de promover uma análise sobre as dimensões sociais, políticas, econômicas e industriais do tema trabalhado.

Neste modelo mostrado esquematicamente na figura 1 e elaborado por Silva e Marcondes (2015) conta com um detalhamento de análise das partes das unidades didáticas a serem apresentados pelo professor, conforme apresentado a seguir:

- 1- Situação problema: Identificado pelo título dado a unidade didática em termos de problematização inicial;
- 2- Visão geral do problema: parte do instrumento que permitiu a análise das informações que explicitaram o tema ou problema abordado, e as relações com aspectos das áreas CTSA que a unidade trouxe em sua estrutura;
- 3- Conhecimento específico da Química: procura-se verificar se o conhecimento da Química tratado na unidade do professor relaciona-se com o problema e o grau de intensidade desta relação;
- 4- Nova leitura do problema: é feita uma análise sobre se a unidade didática retoma alguma discussão sobre o problema ou não e de que forma a situação ampliou o entendimento sobre o assunto em termos de uma visão crítica sobre a questão analisada.

## **SUSTENTABILIDADE**

O desenvolvimento sustentável é um desafio a ser encarado de forma a promover a inclusão de toda a sociedade. Este desenvolvimento deve ser levado em conta considerando a forma de atuação do homem no meio ambiente e fica claro o impacto gerado por esta prática na destruição dos recursos naturais. Dentre os recursos naturais que estão sendo degradados, Clarck (2005) produziu um estudo sobre estes impactos gerados sobre a água e considera os malefícios desta prática antropocêntrica e a necessária superação em uma escala multidimensional, não exclusivamente na esfera político econômica.

Em 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas (AGNU), definiu metas mundiais chamadas de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para o

crescimento sustentável de nossa sociedade, partindo de quatro dimensões: social, ambiental, econômica e institucional. A partir destas dimensões, definiu-se dezessete (17) objetivos e cento e sessenta e nove (169) metas globais interconectadas a serem atingidas até o ano de 2030 – sendo conhecida como AGENDA 2030.

As ações dependem dos governantes mundiais e grandes empresas globais para o cumprimento das metas, principalmente nas áreas de erradicação da pobreza e segurança alimentar, mas também recomenda ações mais específicas que envolvem comunidades de qualquer local do planeta, com o objetivo de integrar as responsabilidades de todos em prol do bem comum.

No que tange o objetivo deste trabalho, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 6 é o foco a ser trabalhado; ÁGUA LIMPA e SANEAMENTO. Abaixo estão relacionadas as metas a serem cumpridas de acordo com a AGENDA 2030 até o ano de 2030 de forma a garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos.

## **ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS**

Em termos de atividades experimentais levando-se em consideração as interações discursivas, Delizoicov *et al.* (2002), propõe uma dinâmica de atuação do docente para utilizar a problematização como estratégia de ensino e aprendizagem tendo uma adequada interação entre os estudantes e os docentes, segundo os seguintes critérios:

- a) Problematização inicial – Tem como objetivo, ao apresentar um novo problema aos estudantes, por meio de texto, reportagens, vídeos, motivá-los e envolvê-los no estudo, buscando também saber suas concepções prévias sobre o tema e sobre os conceitos químicos envolvidos a partir de questionário por exemplo, bem como mostrar que eles precisam buscar outras informações sobre o tema e sistematizar o conhecimento científico.
- b) Organização do conhecimento – Os conhecimentos científicos para o entendimento do problema são estudados pelos estudantes com a orientação do professor, em atividades experimentais investigativas por exemplo. Sendo este o momento quando o docente promoverá discussões acerca dos conceitos químicos envolvidos no problema e estudados na atividade

experimental e, em seguida, sistematizará todo o conhecimento para explicar o conteúdo envolvido, elaborando também conclusões conjuntamente com os alunos. Além disso, diferentes habilidades do pensamento poderão ser desenvolvidas.

- c) Aplicação do conhecimento – nesse momento, o conteúdo conceitual é utilizado para reinterpretar as questões problematizadoras iniciais. Além disso, novas questões podem ser apresentadas aos alunos para favorecer a aplicação do conhecimento estudado. Importante observar que o professor atuará como problematizador, mediador e organizador.

Para a implementação das atividades experimentais investigativas conforme modelo apresentado na pesquisa exige uma mudança na postura tradicional do professor e do estudante e fica claro a importância da formação do professor levando-se em consideração a prática pedagógica a ser implementada. Carvalho e Gil Perez (2003) considera o professor como peça fundamental em qualquer processo de mudança em sala de aula. Segundo os autores, se não houver uma vontade deliberada de aceitação e aplicação de novas propostas de Ensino, nenhuma mudança educativa formal poderá ser efetivada com sucesso.

## **ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA**

Para uma definição de alfabetização científica, utilizo a definição proposta por Sasseron e Carvalho (2011) conforme transcrito abaixo:

No entanto, usaremos o termo “alfabetização científica” para designar as ideias que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modifica-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico. (SASSERON; CARVALHO, 2011, p.61).

Fazendo um recorte aos dias atuais, houve uma aproximação do currículo com a abordagem CTSA, devido ao incremento de pesquisas científicas com um caráter social e envolvendo especialistas de diversas áreas do conhecimento, levando também em conta características culturais do indivíduo conforme afirmam Bybee e DeBoer:

O currículo de ciências deve ser relevante para a vida de todos os estudantes, e não só para aqueles que pretendem seguir carreiras científicas, e os métodos de

instrução devem demonstrar cuidados para a diversidade de habilidades e interesses dos estudantes. (BYBEE; DEBOER, 1994, p.376).

Estas ideias reforçam a complexidade de implementação da alfabetização científica em sala de aula, principalmente devido à dificuldade de universalização de um modelo para a execução prática, pois o contexto sociocultural do estudante devido a sua diversidade, dificulta uma padronização. Fica evidente também que o ensino de ciências ao distanciar o foco sobre o ensino de conceitos e métodos aumenta a importância sobre a natureza das ciências e suas implicações mútuas com a sociedade e o ambiente.

Como forma de aprofundar as habilidades necessárias ao estudante para alcançar a alfabetização científica, transcrevemos as ideias trabalhadas por Gérard Fourez (1994), trazidas por Sasseron e Carvalho (2011):

Uma pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente:

- a) Utiliza os conceitos científicos e é capaz de integrar valores, e sabe fazer por tomar decisões responsáveis no dia a dia.
- b) Compreende que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.
- c) Compreende que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede.
- d) Reconhece também os limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano.
- e) Conhece os princípios conceitos, hipótese e teorias e é capaz de aplicá-los.
- f) Aprecia as ciências e as tecnologias pela estimulação intelectual que as suscitam.
- g) Compreende que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos.
- h) Faz distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal.
- i) Reconhece a origem da ciência e compreende que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados.

- j) Compreende as aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações.
- k) Possui suficientes saberes e experiências para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico.
- l) Extrai da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante.
- m) Conhece as fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorre a elas quando diante de situações de tomada de decisões.
- n) Compreende a maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história. (SASSERON E CARVALHO, 2011)

Apesar da complexidade do tema, Sasseron e Carvalho (2011), conseguiram elaborar uma síntese das ideias dos diversos pesquisadores as quais convergem em três dimensões de conhecimento, competências e habilidades com vistas a fornecer bases suficientes e necessárias para o planejamento de uma sequência de aulas coerente sobre o tema em três eixos estruturantes:

- 1) O primeiro refere-se a **compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais**. Com esta compreensão o conhecimento científico pode ser aplicado em situações que envolvem o dia-a-dia do estudante.
- 2) O segundo eixo preocupa-se com a **compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**. Aqui a ciência é vista em constante transformação e reconhece a importância da análise, síntese e decodificação de resultados, mas fornece subsídios para que o caráter social da investigação científica seja referenciado.
- 3) O terceiro eixo **compreende o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente**. O entrelaçamento destes tópicos nos leva a pensar que a resolução de um problema científico específico nunca está condicionada a um tema isolado e é necessário aplicar os saberes científicos de forma contextualizada. Este raciocínio é fundamental para um futuro sustentável para a sociedade e o planeta.

## **OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS COM A SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

- A) Aplicar a sequência didática sobre o tema Água através da alfabetização científica e abordagem CTSA

- B) Construir uma conscientização ambiental sobre a preservação dos mananciais de água e sua utilização sustentável pela sociedade
- C) Avaliar se a sequência didática modificará a concepção dos estudantes sobre o tema Água
- D) Utilizar de forma presencial as atividades propostas para a construção do conhecimento

## **ASSUNTOS DA QUÍMICA QUE PODEM SER ABORDADOS**

**CIÊNCIA E TECNOLOGIA** - Parâmetros físico-químicos de qualidade da água ( ph, turbidez, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio. Além destes parâmetros químicos, poderão ser trabalhados assuntos relacionados a Biologia e microbiologia pois serão medidos a quantidade de coliformes totais e fecais das amostras de água.

- Etapas de tratamento da água de abastecimento

**SOCIAL** – Saúde e reconhecimento da importância do fornecimento de água de qualidade para a população.

**AMBIENTAL** – Importância da preservação das águas naturais para a preservação da vida na terra e conhecimento dos critérios utilizados para classificar as águas como próprias para o consumo.

## **DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES**

A fim de facilitar no entendimento das atividades realizadas, o quadro abaixo apresenta de forma resumida as etapas desta pesquisa, as intervenções realizadas, as atividades desenvolvidas, quais os instrumentos de coleta de dados e o tempo de duração de cada intervenção.

## **1ª ETAPA – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL: LEVANTAMENTO DO CONHECIMENTO PRÉVIO**

### **ATIVIDADES DESENVOLVIDAS:**

- Discussão sobre aspectos diversos da temática “Água”. Explicação sobre mapas mentais
- Construção do 1º mapa mental com concepções prévias dos alunos sobre o tema. Instrumento de coleta: 1. Duração: 2h/aula;
- Questionário diagnóstico sobre as concepções prévias dos alunos relacionado a temática “Água”. Instrumento de coleta: 1. Duração: 4h/aula.

## **2ª ETAPA – ORGANIZAÇÃO E CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO**

### **ATIVIDADES DESENVOLVIDAS:**

- Desenvolvimento em sala de aula de conceitos para contextualização científica do tema “Água” utilizando de vídeos, slides e apresentação oral. Instrumento de coleta 3. Duração: 3h/aula;
- Visita técnica a uma ETA – Estação de Tratamento de Água mostrando todas as etapas do tratamento de água de abastecimento. Instrumento de coleta 4. Duração: 3h/aula;
- Discussão sobre questões problematizadoras e escolha de seis locais do município para coleta de amostras de água e posterior análises físico químicas para atestar ou não sua qualidade. Instrumento de coleta 5. Duração: 2h/aula.
- Aula explicativa sobre utilização do ALFAKIT para medição de onze parâmetros físico químicos de qualidade da água. Instrumento de coleta 6. Duração 2h/aula;
- Coleta das amostras de água dos locais escolhidos para análise e discussão sobre questões ambientais. Instrumento de coleta: 7. Duração: 2h/aula.
- EXPERIMENTO – Medição dos parâmetros de qualidade das amostras de água coletadas e reflexões sobre o procedimento e reações envolvidas. Instrumento de coleta 8. Duração 6h/aula;

- Trabalho em grupo para a pesquisa e explicação em sala dos resultados sobre as reações químicas envolvidas nas análises realizadas. Instrumento de coleta: 9. Duração: 3h/aula;
- Resolução em grupo de questões de vestibulares sobre a temática “Água” e apresentação dos resultados em sala com a intervenção do professor. Instrumento de coleta 10. Duração: 2h/aula.

### **3ª ETAPA – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO**

#### **ATIVIDADES DESENVOLVIDAS:**

- Reunião dos dados das análises de qualidade da água e classificação segundo Resolução CONAMA 357 e divulgação dos resultados. Instrumento de coleta 11. Duração: 2h/aula;
- Construção do 2º Mapa mental com o intuito de estabelecer relações entre o conhecimento elaborado ao longo da sequência e seus conhecimentos prévios sobre o tema. Instrumento de coleta 14. Duração: 3h/aula;
- Aplicação do 2º questionário com o objetivo de avaliar a aprendizagem e a evolução dos alunos no processo bem como propor novas intervenções. Instrumento de coleta 15. Duração: 2h/aula;

#### **ENCERRAMENTO**

Síntese escrita pelos estudantes comentando e se posicionando sobre o estudo em termos de importância e relevância. Instrumento de coleta 16. Duração: 2h/aula.

#### **1º Momento Pedagógico – Problematização Inicial**

Inicialmente, deverá ser solicitado aos estudantes a construção de um mapa mental individual, utilizando-se da ferramenta digital Google com o tema central Água e de maneira livre, valendo-se de seus conhecimentos prévios para a confecção do mapa e seus desdobramentos. Os estudantes devem ter uma semana para a realização do trabalho e na próxima aula será escolhido cinco alunos para apresentarem sua produção de forma oral, para toda a sala, com o auxílio do projetor multimídia.

## CONSTRUÇÃO DE UM MAPA MENTAL

Para esta atividade, vocês irão se organizar em duplas e, a partir das discussões feitas em sala, vão elaborar um mapa MENTAL que represente suas ideias, completando os conceitos, de modo a formar frases de ligação e estabelecendo relações significativas entre o tema central “ÁGUA” e as palavras-chave destacadas a seguir.

Ao término desta atividade, cada grupo irá apresentar o seu mapa MENTAL e faremos uma discussão e reflexão coletiva sobre suas produções como também sobre os conceitos que foram abordados até o momento.

### PALAVRAS-CHAVE

ÁGUA	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	FLOCULAÇÃO
DECANTAÇÃO		
TURBIDEZ	MEIO AMBIENTE	SUSTENTABILIDADE
SAÚDE	TIPOS DE ÁGUA	ETA
TRATAMENTO		
CLORAÇÃO	PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	COLIFORMES FECALIS
LEGISLAÇÃO CONAMA	COMPANHIA ABASTECIMENTO	

Na aula seguinte deverá ser aplicado aos estudantes um **questionário 1** sob o título “Percepções acerca do tratamento de Água de abastecimento para discentes”, apresentado a seguir, de forma a analisar o conhecimento prévio científico e geral sobre o tema (tratamento de água e parâmetros de análise da qualidade da água), seguindo a ideia de formulação de perguntas de (LORENCINI JR. 2008), que leva em consideração o discurso reflexivo e os conhecimentos prévios dos estudantes. Segundo o autor:

O professor deverá compreender também, que nesse processo ele é o mediador na aprendizagem, ele deve reconhecer nos alunos suas concepções prévias e promover neles, por meio de perguntas, maior elaboração cognitiva. É preciso, portanto que ele atue refletindo na sua ação, pois suas intervenções muitas vezes serão feitas a

partir das respostas e reações dos alunos que vão gerar novas respostas e reações (LORENCINI JR, 2008, p.13).

**QUESTIONÁRIO 1 - PERCEPÇÕES ACERCA DO TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA DISCENTES**

Solicitamos que responda a algumas perguntas relativas aos seus conhecimentos prévios sobre alguns tópicos sobre o tratamento da água de abastecimento no município de Contagem. Considerando o seu conhecimento sobre os assuntos citados, avalie sua concordância ou discordância em relação às declarações abaixo, de acordo com a seguinte escala:

- 1) Discordo fortemente
- 2) Discordo parcialmente
- 3) Não tenho opinião formada
- 4) Concordo parcialmente
- 5) Concordo fortemente

\_\_\_\_\_ Conheço todas as etapas do tratamento de água de abastecimento utilizados pela companhia saneadora que distribui a água no município.

Comentários:

---

---

---

---

\_\_\_\_\_ Reconheço a importância da preservação das águas naturais para a manutenção da vida na terra.

Comentários:

---

---

---

---

\_\_\_\_\_ Tenho conhecimento dos critérios utilizados para classificar as águas como próprias para o consumo humano.

Comentários:

---

---

---

---

Tenho conhecimento do local de origem da água consumida pelo município.

Comentários:

---

---

---

---

\_\_\_\_\_ Tenho conhecimento de todos os parâmetros que atestam a qualidade da água fornecidos pela companhia de abastecimento.

Comentários:

---

---

---

---

\_\_\_\_\_ Tenho conhecimento do conceito de potencial hidrogeniônico (pH) e da maneira de se calcular tal parâmetro em soluções aquosas, bem como da sua importância como parâmetro para se atestar a qualidade da água de abastecimento.

Comentários:

---

---

---

---

\_\_\_\_\_ Tenho conhecimento do conceito de turbidez e da maneira de se calcular tal parâmetro em soluções aquosas, bem como da sua importância como parâmetro para se atestar a qualidade da água de abastecimento.

Comentários:

---

---

---

---

---

Tenho conhecimento do conceito de floculação como etapa do tratamento da água de abastecimento e da maneira de se medir a quantidade ideal a ser utilizada de floculante no processo de tratamento pela companhia de abastecimento.

Comentários:

---

---

---

---

---

---

Reconheço na fatura enviada pela companhia de abastecimento de água o consumo médio utilizado e identifico os parâmetros de qualidade medidos e informados.

Comentários:

---

---

---

---

Na aula seguinte o professor deverá propor um debate sobre as questões do questionário com todos os estudantes envolvidos, com o objetivo de levantar as concepções prévias sobre os temas propostos. As principais ideias utilizadas para definir o tema Água utilizando-se do mapa mental produzido também deverão ser debatidas em sala.

## **2ª ETAPA ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO**

PARTE A - Momento de desenvolvimento de conceitos, em sala de aula para a contextualização científica da temática “água”. Utilização de vídeos e slides de forma a intervir no processo de produção do conhecimento, fazendo os estudantes reconstruírem suas ideias iniciais sobre o tema.

Temas abordados:

- Poluição ambiental em cursos d'água;
- Importância da preservação dos mananciais hídricos;
- Parâmetros físico químicos que atestam a qualidade da água de abastecimento;
- Classificação dos corpos d'água em termos de características e utilização;
- Etapas de tratamento da água de abastecimento;
- Medição de parâmetros de qualidade da água e as reações químicas envolvidas;
- Importância ambiental dos parâmetros de qualidade da água.

VÍDEO: O documentário "Caminho das Águas" foi publicado em 2015, com coordenação da Embrapa. Ele confirma a importância do uso sustentável da água, apresenta experiências bem-sucedidas de gestão hídrica e relata como a energia e como as práticas de irrigação foram capazes de modificar as realidades e impactar diretamente as vivências de diversas comunidades brasileiras. O vídeo também aborda formas como o País gera energia, tendo como pilar seu imenso potencial hídrico.

<https://www.youtube.com/watch?v=bMeM9TByxxo>

PARTE B - No próximo momento deverá ser realizada uma visita técnica com a turma a uma Estação de Tratamento de Água próxima da escola, onde os estudantes entrarão em contato com todas as etapas de tratamento da água de abastecimento do município. Com a visita, deverá ser retomada a discussão de algumas questões problematizadoras sobre o assunto:

- De onde vem a água que consumimos no município?
- Quais os principais parâmetros físico químicos que atestam a qualidade da água de abastecimento?

Durante a discussão, deverá ser solicitado aos estudantes a escolha de seis locais do município onde seria possível a coleta das amostras de água para análise dos parâmetros de qualidade. Os locais devem ser escolhidos de acordo com critérios como proximidade da escola e importância ambiental para a localidade.

### **PARTE C – TEXTO SOBRE A IMPORTÂNCIA DA PRESERVAÇÃO DOS MANANCIAIS E ESCOLHA DOS LOCAIS DE COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA**

O quinto instrumento de coleta de dados, apresentado a seguir apresenta uma reportagem da Revista Galileu sob o título: “Porquê preservar mananciais é importante para a segurança hídrica”. Os estudantes deverão ser organizados em grupos para a leitura e em seguida cada grupo deverá formular sua explicação oral sobre o texto. Depois da apresentação inicial, deverão ser orientados pelo professor a apresentar algumas causas e consequências da não preservação dos mananciais nas grandes cidades, identificando possíveis impactos ambientais à nossa sociedade, com o objetivo de despertar uma reflexão dos participantes para o problema.

ACOSTA, E. **Por que preservar mananciais é importante para a segurança hídrica.** Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2022/09/por-que-preservar-mananciais-e-importante-para-seguranca-hidrica.html>>. Acesso em: 21 out. 2024.

### **PARTE D – AULA EXPLICATIVA SOBRE A UTILIZAÇÃO DO KIT DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL ALFAKIT**

Na próxima intervenção, será apresentado aos estudantes o kit de Educação Ambiental ALFAKIT® 2, que mede de maneira simples nove parâmetros físico-químicos de qualidade da água: Temperatura, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, ortofosfatos, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, potencial hidrogeniônico e dois parâmetros microbiológicos: coliformes totais e *escherichia coli*.

Cada parâmetro medido pelo kit é realizado em cubetas fornecidas pelo fabricante e todos os reagentes utilizados são disponibilizados em frascos conta gotas de fácil manipulação. Após a adição da amostra de água a ser analisada nas cubetas, os reagentes são adicionados e através da gradação de cor produzida são relacionados com os padrões em termos quantitativos fornecidos no manual de utilização.

O Colipaper® é o kit microbiológico disponibilizado no material. Ele oferece uma solução eficiente e prática para determinar simultaneamente a presença de *Escherichia coli* e coliformes totais em meios de cultura em DIPSLIDE de papel.

Após a explicação sobre a utilização do material a ser utilizado, deverá ser indagado a turma sobre a importância da medição de tais parâmetros para avaliar a qualidade da água.

Após a intervenção inicial sobre a utilização do Kit de Educação Ambiental - ALFAKIT®, foi solicitado aos estudantes que respondessem a um novo Questionário 2 sobre o mesmo tema gerador, mas agora utilizando-se de perguntas formulados com viés ambiental e relacionadas ao Ensino de Química. No quadro abaixo, foi transcrito o questionário aplicado que servirá de análise ao conhecimento adquirido durante o processo.

**QUESTIONÁRIO 2 - COMO OS ALUNOS DESENVOLVEM O TEMA “MEDIÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA” UTILIZANDO-SE DO KIT DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL ALFAKIT E QUAIS OS CONCEITOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS.**

1. QUANDO VOCÊ PENSA EM QUALIDADE DA ÁGUA O QUE LHE VÊM EM MENTE?

Objetivo da questão: Identificar a representação de qualidade da água que os estudantes possuem.

2. HOJE VIVENCIAMOS INÚMEROS PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS A POLUIÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA COMO BACTÉRIAS, VÍRUS, PARASITAS, FERTILIZANTES, PESTICIDAS, MEDICAMENTOS, NITRATOS, FOSFATOS, PLÁSTICOS, RESÍDUOS FECALIS E ATÉ SUBSTÂNCIAS RADIOATIVAS. A QUÍMICA TERIA ALGUM IMPLICAÇÃO NESSAS MUDANÇAS? POR QUÊ?

Objetivo da questão: Verificar a ideia que o estudante possui da atividade química, se é causadora do problema ou não.

3. É POSSÍVEL USAR A QUÍMICA PARA A MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA?

Objetivo da questão: Identificar sua predisposição a trabalhar com a temática.

4. QUAIS OS CONHECIMENTOS DE QUÍMICA PODERIAM SER TRABALHADOS COM O TEMA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA? COMO FARIA ISSO?

Objetivo da questão: Verificar se o estudante consegue perceber a relação dos conceitos/conteúdos químicos com a temática análise de água.

5. ALÉM DO CONHECIMENTO QUÍMICO QUE OUTROS ASPECTOS PODEMOS RELACIONAR COM O ENTENDIMENTO DA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO?

Objetivo da questão: Verificar se o estudante supera o a abordagem tradicional de Ensino e aborda outros aspectos tais como os sociais, políticos e econômicos sobre o tema.

6.HÁ LIMITES E DIFICULDADES DE SE TRABALHAR COM ESTA TEMÁTICA? QUAIS SÃO E POR QUÊ?

Objetivo da questão: Verificar quais as limitações para este trabalho.

7.VOCÊ CONSIDERA O TEMA TRATAMENTO DE ÁGUA COMO RELACIONADO AO CONTEÚDO CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE? POR QUÊ?

Objetivo da questão: Averiguar se o estudante consegue relacionar a abordagem CTSA com o trabalho.

8.DE QUE FORMA O CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA PROPICIA O ENTENDIMENTO SOBRE A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DOS CURSOS D'ÁGUA?

Objetivo da questão: Conhecer os aspectos relevantes da formação do estudante em relação a educação ambiental.

9.DE QUE FORMA A MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO-SE DO KIT DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL ALFAKIT PODE FACILITAR O ENTENDIMENTO SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL?

Objetivo da questão: Verificar quais são as limitações e vantagens de fazer medições analíticas de forma prática e facilitada.

Segundo Sasseron e Carvalho (2008, p. 4), a alfabetização científica “não será completamente alcançada em aulas de Ensino de Ciências”, pois “é um processo em constante construção, apesar disso é possível almejá-la e buscar desenvolver certas habilidades entre os alunos”. O ensino que objetiva a promoção da alfabetização científica deve estar baseado em um currículo diferenciado que permita um ensino de

ciências mais significativo. São várias as habilidades julgadas necessárias quando se almeja a alfabetização científica e deveriam ser o ponto de apoio na idealização, planejamento e análise de propostas para o ensino de ciências.

## **PARTE E – VISITA MONITORADA PARA COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA**

Na próxima etapa do trabalho, deverá ser realizada uma visita monitorada pelo professor com toda a turma, no horário de aula, a dois locais de coleta das amostras de água escolhidos anteriormente pelos estudantes como forma de inserção social e ambiental do conhecimento científico. O professor deverá propor perguntas com caráter formativo sobre a importância da preservação dos mananciais de água do município e perguntas questionando o nível de conhecimento dos estudantes sobre os parâmetros físico-químicos de qualidade da água em termos de importância e formas de medir tais parâmetros.

A Ciência contribui para a formação da cidadania (LORENZETTI, 2000; CHASSOT, 2000), o que significa que a educação permite que os alunos atuem de forma mais ativa na sociedade, possibilitando o desenvolvimento do processo de alfabetização científica. Sendo assim, a alfabetização científica é o processo pelo qual a linguagem das ciências naturais adquire significados, de modo a possibilitar aos alunos a compreensão de seu universo, propiciando o acesso a novas formas de conhecimento e cultura e capacitando-os a exercer a cidadania na sociedade em que vivem (LORENZETTI, 2000).

## PARTE F – MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DAS AMOSTRAS COLETADAS

A parte seguinte da sequência deverá ser realizada em laboratório ou em sala, sendo a turma distribuída em duas partes para um melhor acompanhamento e serão realizadas individualmente com cada grupo. Seguindo o manual de utilização do ALFAKIT® – ECO II, foram medidos os parâmetros mencionados abaixo. Vale salientar que o aparato para medição da turbidez consegue medir a partir de valores de 25 NTU. Para a medição da DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, será medido valores de oxigênio dissolvido em dois períodos fornecidos pelo fabricante e a partir dos valores obtidos, calculando-se o valor para o parâmetro. A medição dos coliformes totais e *Escherichia Colli* utilizando-se de Colipaper® será realizada através da permanência na estufa a 36° C por 16 horas conforme especificações no manual de utilização.

	TEMPERATURA	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	NITRATO AMONIACAL	NITROGÊNIO - NITRATO	NITROGÊNIO - NITRITO	ORTO FOSFATO	pH & TURBIDEZ	COLIFORMES FECAIS	D.B.O
LOCAL 1									
LOCAL 2									
LOCAL 3									
LOCAL 4									
LOCAL 5									
LOCAL 6									

Valores dos Parâmetros Medidos para as Amostras de Água Coletadas

## PARTE G – REAÇÕES QUÍMICAS ENVOLVIDAS NAS ANÁLISES DE ÁGUA REALIZADAS

Neste momento será solicitado aos estudantes uma descrição detalhada de todas as reações químicas envolvidas nas análises. A turma será organizada em grupos e cada

grupo deverá fazer a pesquisa solicitada. Como referência para a pesquisa será utilizado o livro de Química Analítica Qualitativa (Vogel, 1979) mas os estudantes poderão pesquisar em qualquer fonte disponível para a realização da atividade.

## ROTEIRO DE PRÁTICA PARA COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA E ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS QUE ATESTAM SUA QUALIDADE

ADAPTADA DE DORINO (2019)

### PLANEJAMENTO DAS COLETAS

Em sala de aula, os estudantes escolheram, após intervenção do professor, seis locais do município onde serão feitas as coletas das amostras de água levando-se em consideração sua importância para a comunidade de forma a levar a um questionamento sobre os possíveis efeitos da degradação ambiental dos mesmos. Como forma de minimizar a necessidade de conservação das amostras e também de contratar transporte para a atividade, demos prioridade para a coleta de mananciais hídricos próximos a escola. Durante o trabalho foi disponibilizado Equipamentos de Proteção Individual aos estudantes como forma de assegurar a segurança durante a realização da atividade. Devido à proximidade dos locais, a coleta foi realizada utilizando-se de frascos de garrafa PET previamente esterilizados e levados imediatamente para serem armazenados na geladeira para posterior análise dos parâmetros dentro da própria instituição. Devido a escolha dos locais das coletas, os estudantes não corriam risco de queda para a realização do procedimento, uma vez que os mananciais são de fácil acesso para a coleta.

### **COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS**

A coleta deve ser realizada com critério técnico de forma a evitar contaminação das mesmas para que haja uma representação fiel do corpo hídrico analisado. A técnica de coleta depende do tipo de amostra de água coletada (água superficial, subterrânea, tratada residuária dentre outras) e, também, do tipo de análise a ser realizada (físico-química, microbiológica dentre outras). Iremos utilizar a amostragem simples, onde haverá a coleta de uma única representação, em um determinado instante para análise posterior.

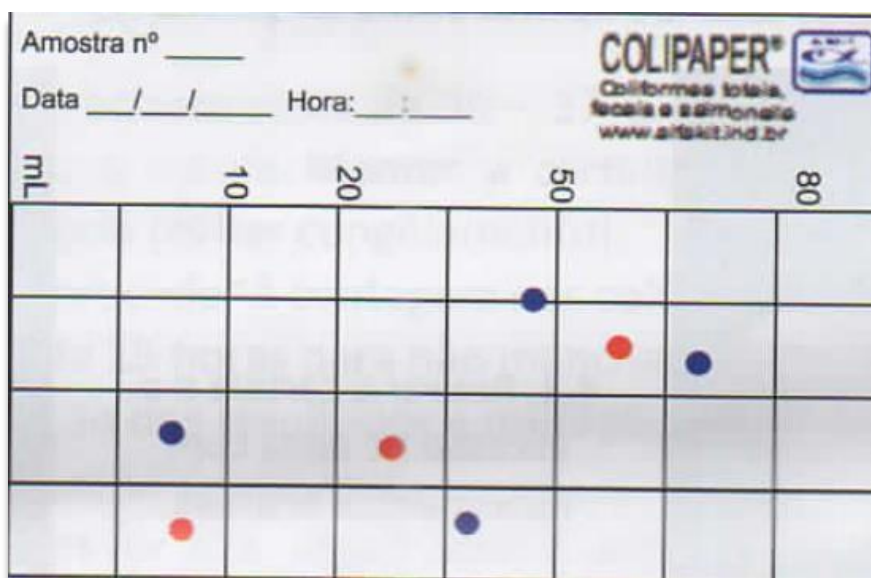
As técnicas de preservação, a seleção adequada dos frascos e a forma de armazenamento têm por objetivo retardar a ação biológica e a alteração dos compostos químicos; reduzir a volatilidade ou precipitação dos constituintes e os efeitos de adsorção e/ou preservar organismos, evitando ou minimizando alterações morfológicas, fisiológicas e de densidades populacionais em todas as etapas da amostragem coleta, acondicionamento, transporte armazenamento, até o momento do ensaio (ANA, 2011).

## PARÂMETROS ANALISADOS

### ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Serão analisados os coliformes totais e fecais através da imersão da cartela em gel (figura 1) na amostra de água coletada. Segundo o manual de instrução ALFAKIT, é possível fazer uma diluição da amostra dependendo da quantidade de colônias presentes para a correta identificação na cartela.

FIGURA 1 - Cartela para análise microbiológica



Fonte: Manual de instrução da ALFAKIT, 2018

## ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

### G1) Análise de turbidez - (utilizando o minidisco para turbidez)

Encher uma proveta de vidro com 1000 ml de água e inserir o medidor de turbidez até a base da haste ficar no limite de identificar o preto e o branco da base da haste dentro da amostra. A escala do equipamento varia 20 a 4000 NTU. NTU é a unidade matemática para a medição da turbidez e significa *Nephelometric Turbidity Unit*. Amostras e água com valores baixos de turbidez (Abaixo de 20 NTU) não são mensuradas pelo procedimento.

### F2) Análise de amônia

Inserir amostra de água na cubeta até a marca indicada ( 5 ml )

Adicionar amostra de água na cubeta até a marca indicada (5 ml).

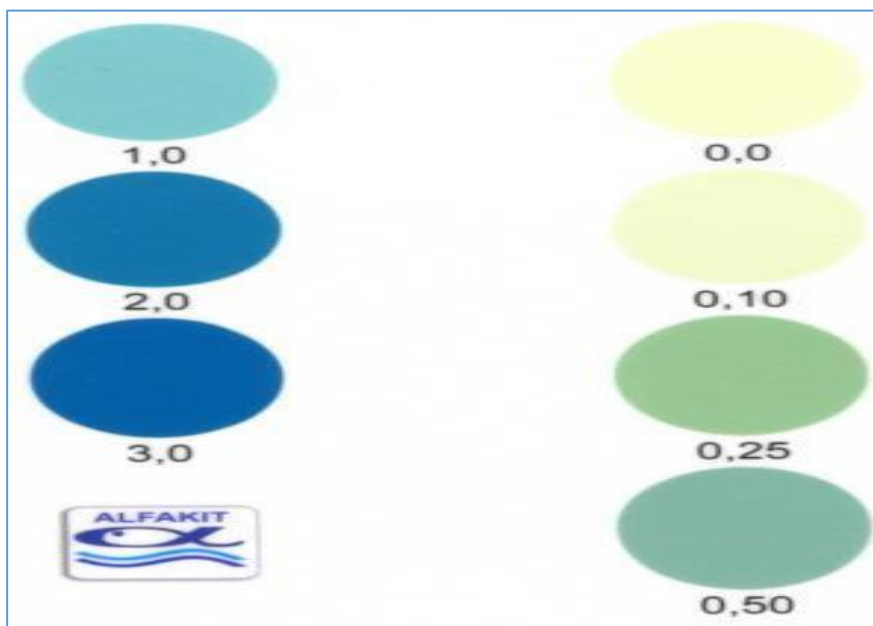
Adicionar três gotas do reagente 1, agitar cuidadosamente, para que não respingue esta mistura no aluno ou em outra pessoa. Segurar o tubo de ensaio em uma das mãos, movimentar e bater na palma da outra mão aberta, sem que respingue a amostra. Adicionar três gotas do reagente 2, agitar cuidadosamente, para que não respingue esta mistura. Repetir o processo de homogeneização anterior.

Adicionar três gotas do reagente 3. Repetir o mesmo processo de homogeneização anterior. Aguardar 10 minutos. Posicionar o tubo de ensaio levemente inclinado e efetuar as comparações das cores do tubo de ensaio com as da cartela da (FIGURA 2)

Cálculos dos resultados

Mg/l N-NH<sub>3</sub> = resultado lido na cartela. Para expressar o resultado em NH<sub>3</sub>, multiplicar o valor lido por 1,214. PM (peso molecular) da NH<sub>3</sub> igual à soma dos pesos atômicos do N -14 e do peso atômico do H – 1 x 3 quantidade do H na fórmula NH<sub>3</sub>. Logo PM= 17. A relação entre NH<sub>3</sub> e N é 14 e 17:14 = 1,214.

**Figura 2** – Interpretação do resultado da análise de amônia (mg/l N-NH<sub>3</sub>)



Fonte: Manual de instrução da ALFAKIT, 2018

### G3) Análise de Oxigênio Dissolvido (OD)

Inserir amostra de água na cubeta até a marca indicada ( 5 ml )

Adicionar 1 gota do reagente 1, evitando bolhas e agitar cuidadosamente, para que não respigue a mistura no próprio aluno ou nos colegas. Segurar o tubo de ensaio em uma das mãos e movimentar, e batendo na palma da outra mão aberta, sem que respigue a amostra. Adicionar duas gotas do reagente 2, repetir o processo de agitação, cuidadosamente. Adicionar 01 medida rasa (pá coletora nº02) do reagente 3 e agitar cuidadosamente, para homogeneizar de forma que não respigue a mistura.

Aguardar cinco minutos e efetuar as comparações das cores do tubo de ensaio com as da cartela da (FIGURA 3).

Cálculos dos resultados

Mg/l O<sub>2</sub> = Resultado lido na cartela conforme (FIGURA 16). Analisar o oxigênio dissolvido no momento da coleta da amostra, ou adicionar o reagente 1 no momento da coleta, caso for analisar mais tarde no laboratório.

**Figura 3-** Interpretação do resultado da análise de oxigênio dissolvido (mg/l O<sub>2</sub>)



Fonte: Manual de instrução da ALFAKIT, 2018

#### **G4) Análise de Nitrato**

Inserir amostra de água na cubeta até a marca indicada ( 5 ml )

Adicionar 1 medida rasa (pá coletora nº 01) do reagente 2 e agitar até dissolver, cuidadosamente, para homogeneizar, conforme descrito anteriormente. Adicionar duas gotas do reagente nº 3 e agitar até dissolver, cuidadosamente, para homogeneizar. Aguardar por quinze minutos. Posicionar a cubeta levemente inclinada e efetuar as comparações das cores do tubo de ensaio com as da cartela da (FIGURA 4).

### Cálculos dos resultados

Mg/l N-NO<sub>3</sub> = resultado lido na cartela. Se a amostra contiver nitrito, realizar o cálculo Mg/l N-NO<sub>3</sub> = (N-NO<sub>3</sub>) – (N-NO<sub>2</sub>), no qual N-NO<sub>3</sub>= resultado lido na cartela de Nitrato N-NO<sub>2</sub>= resultado de Nitrito.

**Figura 4** – Interpretação do resultado da análise de nitrato (mg/l N-NO<sub>3</sub>)



Fonte: Manual de instrução da ALFAKIT, 2018

### G5) Análise de Nitrito

Inserir amostra de água na cubeta até a marca indicada ( 5ml )

Adicionar 1 medida rasa do reagente 1 com a pá coletora nº01 e agitar, cuidadosamente, por 2 minutos até dissolver, de forma que não respigue a mistura no próprio aluno, ou nos colegas. Adicionar 1 medida rasa (pá coletora nº 01) do reagente 2 e agitar, cuidadosamente, para homogeneizar até dissolver.

Adicionar 2 gotas do reagente nº 03 e agitar, cuidadosamente, para homogeneizar, de forma que não respigue a mistura. Aguardar por quinze minutos.

Posicionar a cubeta levemente inclinada e efetuar as comparações das cores

do tubo de ensaio com as da cartela. Se a amostra contiver nitrito, realizar o cálculo:  $\text{mg/l N-NO}_2 = \text{resultado lido na cartela da (FIGURA 5)}$ .

Cálculos dos resultados

Para expressar o resultado em  $\text{NO}_2$ , multiplicar o valor lido pelo fator 3,280.

PM (peso molecular de  $\text{NO}_2/\text{N} = 46/14 = 3,280$ ).



Figura 5 – Interpretação do resultado de  $\text{NO}_2$

Fonte: Manual de instrução da ALFAKIT, 2018

## G6) Análise de Ortofosfato

Inserir amostra de água na cubeta até a marca indicada ( 5 ml )

Adicionar 5 gotas do reagente 1 e agitar, cuidadosamente, para que não respingue a mistura. Adicionar 1 medida rasa (pá coletora nº 01) do reagente 2.

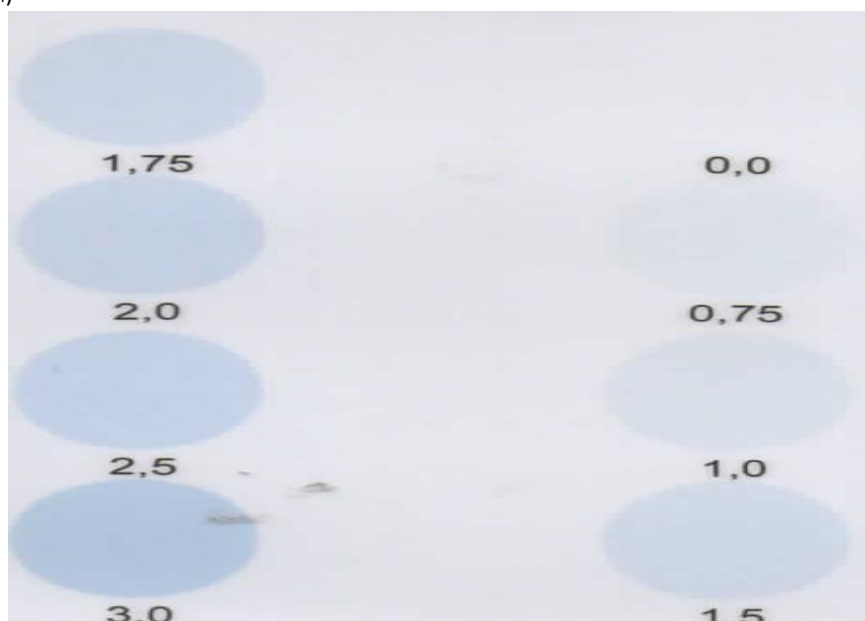
Aguardar dez minutos e posicione a cubeta levemente inclinada para efetuar as comparações das cores do tubo de ensaio com os da cartela (FIGURA 19).

### Cálculos dos resultados

Para expressar o resultado em  $P_2O_5$ , multiplicar o resultado lido por 1,494, PM (peso molecular)  $P_2O_5 / PO_4 = 142/95 = 1,494$ . Para expressar o resultado em P (fosforo), multiplicar o resultado lido por 0,3263, PA (peso atômico) do P / PM (peso molecular do  $PO_4$ ) =  $P / PO_4 = 31/95 = 0,3263$ .

Se a intensidade de cor for maior do que possa ser lida na cartela, repetir a análise utilizando 2,5 ml de amostra e 2,5 ml de água mineral. Adicionar os reagentes conforme a técnica e multiplicar o resultado final por 2 (porque a amostra foi diluída 2 vezes (em vez de colocar 5ml em um tubo de ensaio, foram colocados 2,5 ml)).

**Figura 6** – Interpretação do resultado da análise de Ortofosfato em baixa concentração (mg/l  $PO_4$ )



Fonte: Manual de instrução da ALFAKIT, 2018

### G7) Análise de pH

Inserir amostra de água na cubeta até a marca indicada ( 5 ml )

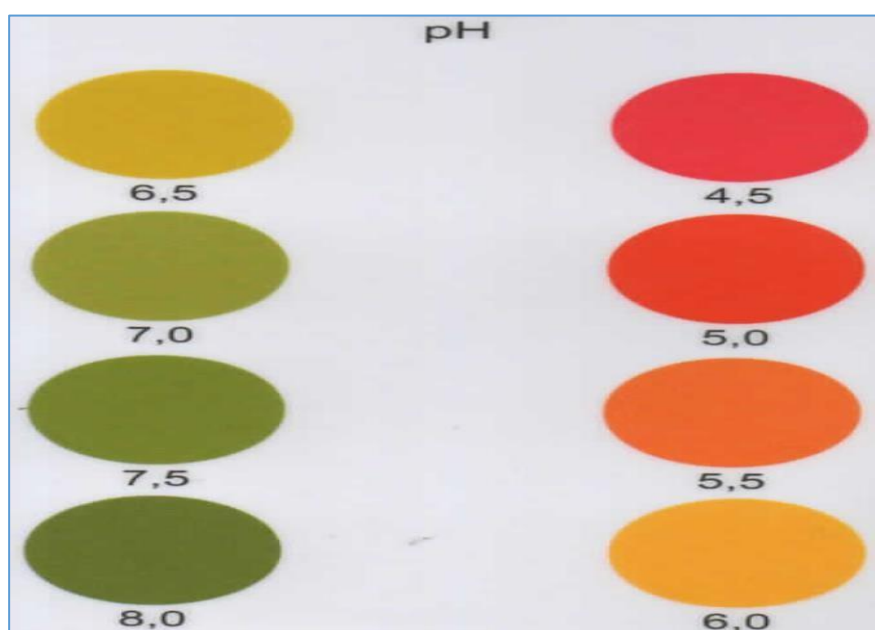
Adicionar 1 gota do Reagente 1 e agitar, cuidadosamente, para que não respingue a mistura no próprio aluno ou nos colegas. Segurar a cubeta em uma mão e movimentar, batendo na palma da outra mão aberta, sem que respingue a

amostra. Posicionar a cubeta levemente inclinada e efetuar as comparações das cores do tubo de ensaio com as da cartela da (FIGURA 7).

Cálculos dos resultados

Para calcular o resultado,  $\text{pH} = \text{Resultado lido na cartela}$ . Fazer a comparação em local com boa iluminação, porém nunca ao sol.

**Figura 7** – Interpretação do resultado da análise de pH



Fonte: Manual de instrução da ALFAKIT, 2018

## **ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE *E. COLI* E COLIFORMES TOTAIS**

Utilizar a cartela com meio de cultura em forma de gel hidratado do kit de educação ambiental, para análise microbiológica para identificar a presença de *E. Coli* e Coliformes totais. Esta metodologia é um método tradicional e um dos

mais utilizados para caracterizar a qualidade microbiológica da água conhecida como contagem padrão em placas (CPP). Ela é indicada para análises de água, efluentes domésticos e industriais, rios, balneabilidade, lagoas, piscina, superfícies, verduras e leite.

Na contagem padrão em placas (CPP), uma alíquota de água é distribuída em placa com o meio de cultura e incubada a 36°C por 15 horas. As bactérias presentes na água, e que se encontram viáveis, crescem a tal ponto de serem visíveis a olho nu. São as chamadas colônias. Com isso é possível contar quantas colônias cresceram em função do volume da amostra, determina-se a contagem padrão em placas (CPP) expressas em unidades formadoras de colônias por 100 ml de água (UFC/100 ml).

Lavar bem as mãos antes de manusear a cartela microbiológica (FIGURA 12), para evitar contaminações que possam interferir nos resultados. Nunca tocar na cartela de teste abaixo do picote.

Segurar o frasco com a amostra e colocar aproximadamente 100 ml da amostra, em copo descartável de 200 ml. Retirar a cartela microbiológica tocando apenas acima do picote. Imergir a cartela na amostra a ser analisada até o picote no copo plástico descartável de 200 ml com 100 ml aproximadamente da amostra e aguardar umedecer.

Retirar a cartela da amostra e retirar o excesso de água, encostando na parte inferior da cartela de incubação umedecida, em pedaço de papel higiênico para absorver o excesso da água. Desta forma evitar os movimentos bruscos e respingos da água em si mesmo ou em outras pessoas, não contaminando a bancada ou materiais.

Recolocar a cartela na embalagem plástica e retirar a parte do picote sem tocar no restante, jogar o picote no saco de lixo. Levar à estufa por quinze horas a uma temperatura de 36 - 37 °C. Para coleta em campo, tomar alguns cuidados para levar a cartela à estufa. Manter a cartela dentro de um saco plástico numa embalagem de isopor com pouco de gelo (evitar o congelamento da amostra).

Após quinze horas de incubação, proceder à contagem das colônias. Considerar os dois lados da cartela. Não ultrapassar o tempo de quinze horas para não manchar a cartela de incubação.

**Figura 8**– Cartela de incubação



Fonte: Manual de instrução da ALFAKIT, 2018

### **Cálculos dos resultados**

Multiplicar o número de colônias pelo fator de correção 80 e o resultado expresso em UFC/100 ml. A interpretação dos resultados: *E. Coli*: pontos violeta a azul. Coliformes totais: pontos violeta a azul e róseo a vermelho. Contar ambos os lados da cartela.

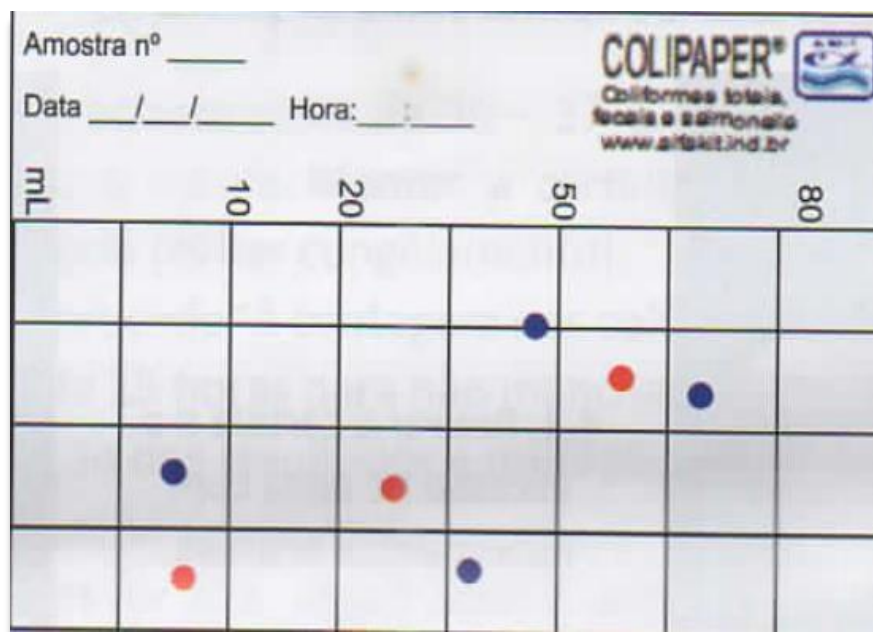
Caso a contagem de coliformes seja alta, efetuar a de diluição da amostra. Se houver um número muito grande de colônias, usam-se os quadrados para efetuar a contagem (FIGURA 20). *E. Coli*: pontos violeta a azul e os coliformes totais: pontos violeta a azul e róseo a vermelho. Selecionar dois ou três quadrados. Contar as colônias dentro deles. Calcular a média. Multiplicar por 6400 para ter o resultado em UFC/100 ml.

Pode-se diluir a amostra utilizando água mineral e uma seringa descartável de 1 ml e uma seringa descartável de 50 ml. Medir 50 ml de água em um copo descartável de 20 ml, e em seguida mede-se 1 ml da amostra, e transferir para o mesmo copo contendo os 50 ml de água. A amostra estará

com uma diluição de 50 vezes.

Homogeneizar e umedecer a cartela de incubação, retirando o excesso de água logo em seguida. Seguir o mesmo processo para incubação em uma estufa a 36 e 37 °C. Multiplicar o resultado obtido por 50 vezes da diluição.

**Figura 9** - Cartela de incubação para contagem de colônias



Fonte: Manual de instrução da ALFAKIT, 2018

Recomenda-se realizar também outras formas de diluição, dependendo dos resultados encontrados na primeira análise para melhorar a visualização e as contagens das cartelas de incubação. O propósito é evitar cartelas muito manchadas ou praticamente sem condições de efetuar as contagens das colônias para uma amostra altamente contaminada, sendo analisadas através de uma diluição desproporcional à capacidade de leitura e interpretação, isto é, caso seja feita a diluição de 50 vezes (cartela sem marcação e visualizações das colônias de coliformes).

Durante a preparação das amostras para análises, o melhor resultado obtido com as amostras foi realizando as diluições em 2 vezes, e em 10 vezes.

A água destilada é muito difícil de obtenção, sugere-se utilizar água de filtro residencial. Para garantir a neutralidade desta água que será utilizada para

realizar a diluição, e posteriormente umedecer a cartela de incubação, deverá ser providenciado o controle de qualidade denominado branco, para efeito comparativo.

O termo branco refere-se aos controles realizados para avaliar a presença de contaminação em partes específicas dos procedimentos de coleta. Normalmente é usado água deionizada ou destilada para servir de branco, assim garantido como comprovação a isenção dos compostos que serão analisados. A água deionizada ou destilada não é fácil de se conseguir, além do mais o acesso é difícil e caro. Assim utilizou-se água mineral para este fim ou mesmo a água filtrada da torneira, que passou pelos mesmos processos de análises das amostras. Existe a norma que rege o controle de qualidade na amostragem, a NBR/IEC 17025.

Para realizar a diluição de 2 vezes, medir 50 ml de água do filtro em uma proveta de 100 ml, e colocar no copo descartável de 200 ml, e depois medir 50 ml da amostra de água a ser analisada.

Para realizar a diluição de 10 vezes, medir 90 ml de água do filtro em uma proveta de 100 ml e colocar no copo descartável de 200 ml, depois medir 10 ml com uma pipeta da amostra e colocar no mesmo copo descartável contendo os 90 ml de água.

## **PARTE H – RESOLUÇÃO DE QUESTÕES DO ENEM E VESTIBULARES SOBRE TRATAMENTO DE ÁGUA**

O oitavo instrumento de coleta de dados, apresentado abaixo apresenta um questionário com dezesseis questões sobre tratamento de água que estiveram presentes no Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM e de vestibulares para ingresso ao curso superior de diversas instituições do país.

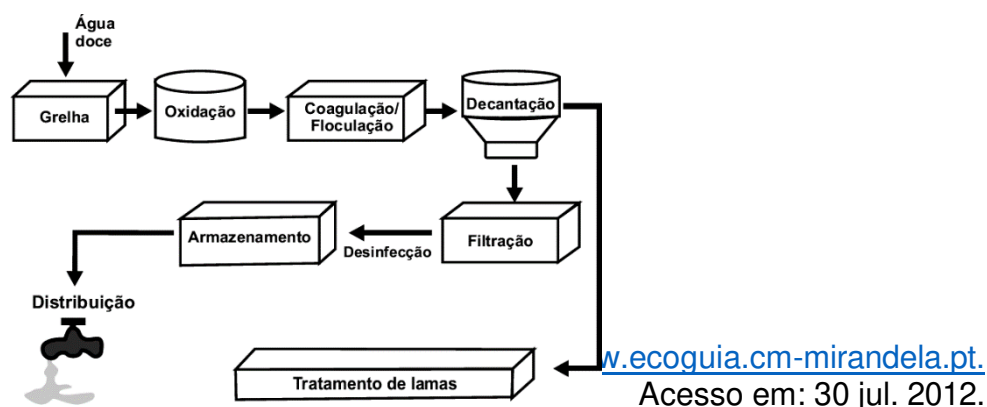
Será solicitado aos estudantes a leitura individual das questões e que respondessem às questões apresentadas. O objetivo deste momento, foi fazer uma avaliação do nível de entendimento do assunto tratamento de água que foi um dos

tópicos trabalhados na pesquisa para uma avaliação quantitativa do nível de aprendizado adquirido pelos estudantes.

### QUESTÕES DE VESTIBULARES E ENEM SOBRE TRATAMENTO DE ÁGUA

#### Questão 01 - (ENEM)

A figura representa a sequência de etapas em uma estação de tratamento de água.



Qual etapa desse processo tem a densidade das partículas como fator determinante?

- Oxidação.
- Floculação.
- Decantação.
- Filtração.
- Armazenamento.

#### Questão 02 - (FM Petrópolis RJ)

[...] a água é levada do manancial para a Estação de Tratamento de Água (ETA). Já o tratamento de esgoto é feito a partir de esgotos residenciais ou industriais para, após o tratamento, a água poder ser reintroduzida no rio minimizando seu impacto ao ambiente. Podemos dividir o tratamento de água em duas etapas, as quais chamamos de tratamento inicial e tratamento final.

Disponível em:

<http://www.usp.br/qambiental/tratamentoAgua.html>.

Acesso em: 16 abr. 2015.

No tratamento final, as partículas sólidas se aglomeram em flocos que se vão depositando no fundo do tanque; a água da parte superior do tanque de sedimentação passa por várias camadas de cascalho e areia, retirando, assim, as impurezas menores. Por fim, é adicionado na água um composto bactericida e fungicida, como, por exemplo, o hipoclorito de sódio, conhecido apenas como "cloro".

Os processos no tratamento final da água são:

- a) floculação, destilação e desinfecção
- b) levigação, filtração e adição
- c) sedimentação, destilação e centrifugação
- d) decantação, destilação e cloração
- e) sedimentação, filtração, desinfecção

### Questão 03 - (ENEM)

Em Bangladesh, mais da metade dos poços artesianos cuja água serve à população local está contaminada com arsênio proveniente de minerais naturais e de pesticidas. O arsênio apresenta efeitos tóxicos cumulativos. A ONU desenvolveu um *kit* para tratamento dessa água a fim de torná-la segura para o consumo humano. O princípio desse *kit* é a remoção do arsênio por meio de uma reação de precipitação com sais de ferro (III) que origina um sólido volumoso de textura gelatinosa.

Disponível em: <http://tc.iaea.org>. Acesso em: 11 dez. 2012 (adaptado).

Com o uso desse *kit*, a população local pode remover o elemento tóxico por meio de

- a) fervura.
- b) filtração.
- c) destilação.
- d) calcinação.
- e) evaporação.

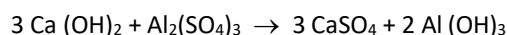
### Questão 04 - (FATEC SP)

Além do problema da escassez de água potável em alguns pontos do planeta, a sociedade também enfrenta as dificuldades de tratamento da água disponível, cada vez mais poluída.

Uma das etapas desse tratamento envolve a adição de compostos químicos que possam facilitar a retirada de partículas suspensas na água.

Os compostos adicionados reagem formando uma substância gelatinosa, hidróxido de alumínio, que aglutina as partículas suspensas.

A seguir, temos a reação que representa o descrito:



A etapa descrita é denominada

- a) filtração.
- b) cloração.
- c) floculação.
- d) destilação.
- e) decantação.

**Questão 05 - (UEFS BA)**

A água captada de rios, lagos ou reservatórios pode conter poluentes, a exemplo de pesticidas e efluentes industriais, além de micro-organismos nocivos à saúde. Para torná-la potável, é necessária a utilização de uma série de processos físicos e químicos para a retirada de impurezas, desinfecção e controle da acidez, dentre outros, realizados em uma estação de tratamento, antes de essa água ser distribuída para a população.

Considerando-se as informações e os processos de tratamento da água, é correto afirmar:

- a) A filtração com carvão, areia e cascalho retém os resíduos de pesticidas e efluentes dissolvidos na água.
- b) A cal, formado por óxido de cálcio,  $\text{CaO(s)}$ , ao ser adicionado à água, reage e forma uma base solúvel, que reduz o pH do meio.
- c) A adição de cloro,  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , à água leva à formação do ácido clorídrico,  $\text{HCl(aq)}$ , responsável pela eliminação dos micro-organismos.
- d) O flúor é adicionado no final do processo de tratamento sob a forma de íons fluoreto, com o objetivo de eliminar bactérias patogênicas.
- e) A decantação de partículas em suspensão é acelerada pelo hidróxido de alumínio formado na reação entre o sulfato de alumínio e o hidróxido de cálcio, acrescentados ao meio aquoso.

**Questão 06 - (ENEM)**

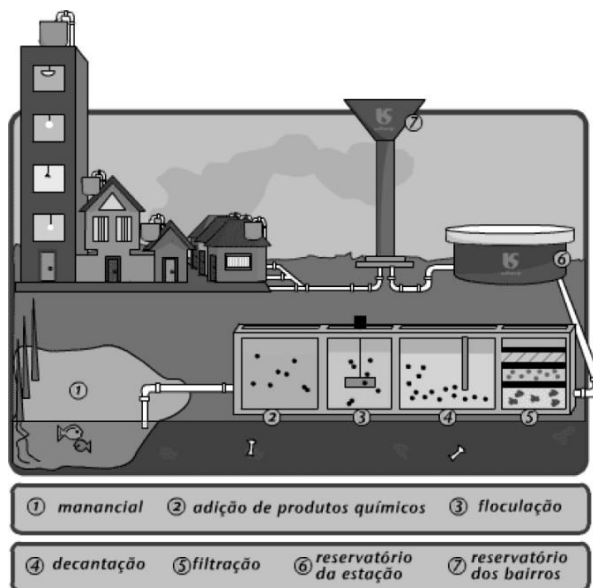
O tratamento convencional da água, quando há, remove todas as impurezas? Não. À custa de muita adição de cloro, a água que abastece residências, escolas e trabalhos é bacteriologicamente segura. Os tratamentos disponíveis removem partículas e parte das substâncias dissolvidas, resultando em uma água transparente e, geralmente, inodora e insípida, mas não quimicamente pura. O processo de purificação da água compreende etapas distintas, que são: a decantação, a coagulação/floculação, a filtração, a desinfecção e a fluoretação.

GUIMARÃES, J.R.D. Claro como a água? Disponível em:  
<http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 2 abr. 2011  
(adaptado)

Dentre as etapas descritas, são consideradas processos químicos:

- a) Decantação e coagulação.
- b) Decantação e filtração.
- c) Coagulação e desinfecção.
- d) Floculação e filtração.
- e) Filtração e fluoretação.

### Questão 07 - (UFU MG)



[http://200.144.74.11/sabesp\\_ensina/intermediario/tratamento\\_agua](http://200.144.74.11/sabesp_ensina/intermediario/tratamento_agua)

A figura representa uma estação de tratamento de água, desde a captação até a distribuição. Na etapa 2 são adicionados sulfato de alumínio, cloro e cal no tanque. Já na etapa 5, a água passa por várias camadas filtrantes (cascalho, areia e carvão).

Sobre as etapas do tratamento da água, responda ao que se pede:

- Explique, em relação à etapa 2, a função de cada substância – sulfato de alumínio, cloro e cal – para o tratamento da água.
- Discorra sobre o processo de floculação, que ocorre na etapa 3, explicando sua função no tratamento da água.
- Explique o motivo de a água passar pela filtração, na etapa 5, e a função do carvão e da areia nesse processo.

### Questão 8 - (ENEM)

Entre as substâncias usadas para o tratamento de água está o sulfato de alumínio que, em meio alcalino, forma partículas em suspensão na água, às quais as impurezas presentes no meio se aderem.

O método de separação comumente usado para retirar o sulfato de alumínio com as impurezas aderidas é a

- flotação.
- levigação.
- ventilação.
- peneiração.
- centrifugação.

**Questão 9 - (UPE PE)**

O azeite de oliva é o produto obtido somente dos frutos da oliveira (*Olea europaea* L.), excluídos os óleos obtidos por meio de solventes e ou qualquer mistura de outros óleos. O azeite de oliva virgem é o produto obtido do fruto da oliveira (*Olea europaea* L.) somente por processos mecânicos ou outros meios físicos, em condições térmicas que não produzam alteração do azeite, e que não tenha sido submetido a outros tratamentos além da lavagem com água, decantação, centrifugação e filtração.

Adaptado da Resolução de Diretoria Colegiada da Agência  
Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)  
- RDC Nº. 270, de 22 de  
setembro de 2005.

Está de acordo com esses critérios da RDC Nº. 270 da ANVISA a seguinte garantia dada por uma empresa que processa e comercializa uma marca de “azeite de oliva virgem” em uma rede de supermercados:

- a) isenção de substâncias apolares, retiradas pelo emprego de um líquido apolar recomendado para o processamento de produtos alimentícios.
- b) manutenção de um óleo sem muita química, por usar somente processos mecânicos ou outros meios físicos que não produzem alteração do azeite.
- c) transesterificação no óleo, após a prensagem e a termobatedura, um batimento lento e contínuo da pasta seguido por um aquecimento suave.
- d) ausência de partículas em suspensão, por causa da separação de compostos de densidades distintas, por meio de processo de inércia, seguido por uma etapa filtrante.
- e) retirada de um grupo de substâncias polares indesejáveis para a estabilização do produto em prateleira, realizando a destilação do óleo por arraste, com vapor d'água.

**Questão 10 - (UNIFOR CE)**

Um dos processos envolvidos no tratamento de águas de piscinas de clubes e residências consiste na adição de dois produtos químicos como o carbonato de sódio (barrilha) e o sulfato de alumínio. Ao adicionarmos carbonato de sódio, ocorre a formação do hidróxido de sódio ocasionando uma elevação no pH da água, que deverá ser ajustada na faixa de 6,8 a 7,2. Ao adicionarmos o sulfato de alumínio, ocorre a formação do hidróxido de alumínio, que é insolúvel em água e tem uma aparência de floco de algodão. Este composto consegue reter muitas impurezas presentes na água, arrastando-as consigo para o fundo da piscina para posterior eliminação. De acordo com o texto, os processos envolvidos no tratamento consistem em:

- a) Coagulação, desinfecção e floculação
- b) Coagulação, floculação e filtração
- c) Floculação, filtração, decantação
- d) Coagulação, floculação, decantação
- e) Decantação, desinfecção e floculação

### Questão 11 – (FUVEST SP)

A obtenção de água doce de boa qualidade está se tornando cada vez mais difícil devido ao adensamento populacional, às mudanças climáticas, à expansão da atividade industrial e à poluição. A água, uma vez captada, precisa ser purificada, o que é feito nas estações de tratamento. Um esquema do processo de purificação é:

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$

em que as etapas B, D e F são:

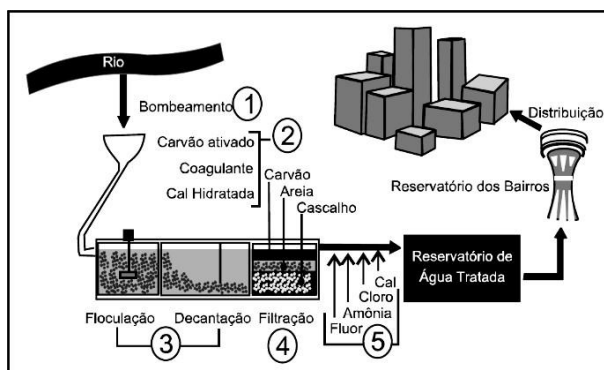
B – adição de sulfato de alumínio e óxido de cálcio, D – filtração em areia,  
F – fluoretação.

Assim sendo, as etapas A, C e E devem ser, respectivamente,

- filtração grosseira, decantação e cloração.
- decantação, cloração e filtração grosseira.
- cloração, neutralização e filtração grosseira.
- filtração grosseira, neutralização e decantação.
- neutralização, cloração e decantação.

### Questão 12 - (ENEM)

Na atual estrutura social, o abastecimento de água tratada desempenha um papel fundamental para a prevenção de doenças. Entretanto, a população mais carente é a que mais sofre com a falta de água tratada, em geral, pela falta de estações de tratamento capazes de fornecer o volume de água necessário para o abastecimento ou pela falta de distribuição dessa água.



Disponível em: <http://www.sanasa.com.br>. Acesso em: 27 jun. 2008 (adaptado).

No sistema de tratamento de água apresentado na figura, a remoção do odor e a desinfecção da água coletada ocorrem, respectivamente, nas etapas

- 1 e 3.
- 1 e 5.
- 2 e 4.
- 2 e 5.
- 3 e 5.

**Questão 13 - (IFGO)**

Nas estações de tratamento de água que abastecem uma cidade, a água é mantida durante certo tempo em tanques para que as partículas sólidas presentes na água se depositem no fundo. Essa etapa da operação é denominada:

- a) sedimentação
- b) filtração
- c) sifonação
- d) cristalização
- e) centrifugação

**Questão 14 - (Unioeste PR)**

Atualmente a captação de água, seu tratamento e distribuição estão se tornando cada vez mais difíceis. Sobre a água, pode-se afirmar que

- a) é uma substância simples e sua molécula é constituída por mais de um tipo de átomo.
- b) Seu ponto de ebulição é uma propriedade física que se mantém constante, mesmo quando ocorrem variações na temperatura e na pressão.
- c) Forma uma mistura homogênea, quando não dissolve sais minerais.
- d) Pode separar-se do óleo, por decantação.
- e) sua molécula não apresenta momento dipolar.

**TEXTO: 1 - Comum à questão: 16**

***Seguem abaixo alguns trechos de uma matéria da revista "Superinteressante", que descreve hábitos de um morador de Barcelona (Espanha), relacionando-os com o consumo de energia e efeitos sobre o ambiente.***

*"Apenas no banho matinal, por exemplo, um cidadão utiliza cerca de 50 litros de água, que depois terá que ser tratada. Além disso, a água é aquecida consumindo 1,5 quilowatt-hora (cerca de 1,3 milhões de calorias), e para gerar essa energia foi preciso perturbar o ambiente de alguma maneira"*

*"Na hora de ir para o trabalho, o percurso médio dos moradores de Barcelona mostra que o carro libera 90 gramas do venenoso monóxido de carbono e 25 gramas de óxidos de nitrogênio ... Ao mesmo tempo, o carro consome combustível equivalente a 8,9 kwh."*

*"Na hora de recolher o lixo doméstico... quase 1 kg por dia. Em cada quilo há aproximadamente 240 gramas de papel, papelão e embalagens; 80 gramas de plástico; 55 gramas de metal; 40 gramas de material biodegradável e 80 gramas de vidro."*

**Questão 15 - (ENEM)**

No trecho I, a matéria faz referência ao tratamento necessário à água resultante de um banho. As afirmações abaixo dizem respeito a tratamentos e destinos dessa água. Entre elas, a mais plausível é a de que a água:

- a) passa por peneiração, cloração, floculação, filtração e pós-cloração, e é canalizada para os rios.
- b) passa por cloração e destilação, sendo devolvida aos consumidores em condições adequadas para ser ingerida.
- c) é fervida e clorada em reservatórios, onde fica armazenada por algum tempo antes de retornar aos consumidores.
- d) passa por decantação, filtração, cloração e, em alguns casos, por fluoretação, retornando aos consumidores.
- e) não pode ser tratada devido à presença do sabão, por isso é canalizada e despejada em rios.

**Questão 16 - (UFMT)**

Considere os seguintes processos:

- I. centrifugação
- II. decantação
- III. destilação fracionada
- IV. filtração

Quais desses processos constituem etapas fundamentais do tratamento da água servida à população de Cuiabá?

- a) I e II
- b) I e III
- c) II e III
- d) II e IV
- e) III e IV

**3ª ETAPA – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO****PARTE A – CLASSIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA SEGUNDO RESOLUÇÃO CONAMA 357**

No primeiro instrumento de aplicação do conhecimento, deve ser solicitado aos estudantes o enquadramento das amostras de água analisadas de acordo com a Resolução CONAMA 357 (2005) que estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas segundo seu uso preponderante. Esta classificação é realizada considerando, principalmente, que o enquadramento dos corpos de água deve estar

baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, à saúde e o bem-estar humano e ao equilíbrio ecológico aquático.

Nesta resolução, são classificadas, segundo seus usos preponderantes, em treze classes, as águas doces, salobras e salinas. Para águas doces, tipo de água analisada neste estudo, há cinco classificações (ver Tabela 9). Para cada classe de água, a resolução estabelece limites/condições máximas para os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Tabela 1 - Classificação das Águas de Acordo com o uso Preponderante, Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05

Classificação	Uso Preponderante
Classe especial	<b>Abastecimento para consumo humano com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</b>
Classe I	<b>Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), conforme Resolução CONAMA nº 357/2005; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de película; Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.</b>
Classe II	<b>Abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), conforme Resolução CONAMA nº 357/2005; Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; Aquicultura e atividade de pesca.</b>
Classe III	<b>Abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; Recreação de contato secundário; Dessedentação de animais.</b>

Fonte: ANA (2004)

Na tabela abaixo, encontra-se os valores máximos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos que foram medidos na pesquisa, para cada tipo de classe de água segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

*Tabela 2 - Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos Medidos na Pesquisa*

PARÂMETRO	CLASSE 1 Valores máximos	CLASSE 2 Valores máximos	CLASSE 3 Valores máximos	CLASSE 4 Valores máximos
<i>Oxigênio Dissolvido</i>	> 6 mg/L O <sub>2</sub>	> 5 mg/L O <sub>2</sub>	>4 mg/L O <sub>2</sub>	>2,0 mg/L O <sub>2</sub>
<i>Nitrogênio Amoniacal</i>	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH =8,0	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH =8,0	5,6 mg/L N, para 7,5 < pH =8,0	-
<i>NITROGÊNIO –Nitrato</i>	10,0 mg/L N	10,0 mg/L N	10,0 mg/L N	-
<i>Nitrogênio – Nitrito</i>	1,0 mg/L N	1,0 mg/L N	1,0 mg/L N	-
<i>Ortofosfato</i>	0,1 mg/L P	0,1 mg/L P	0,15 mg/L P	-
<i>pH</i>	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
<i>Turbidez</i>	40 NTU	100 NTU	100 NTU	-
<i>Coliformes Termotolerantes</i>	200/100mL	1.000/100mL	2.500 (contato secundário) /100mL 1.000 (para criação de animais) /100mL 4.000 (demais usos) /100mL	-
<i>D.B.O</i>	3 mg/L O <sub>2</sub>	5 mg/L O <sub>2</sub>	10 mg/L O <sub>2</sub>	-

Fonte: Autor (2024)

De posse destas informações, os estudantes deverão realizar a classificação das amostras coletadas segundo os critérios fornecidos apresentando o resultado obtido.

Em seguida, deve ser solicitado aos estudantes o cálculo do IQA – Índice de Qualidade da Água como forma suplementar de avaliação da qualidade das amostras

de água realizadas. O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (exemplo: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

O IQA é composto por nove parâmetros (ver descrição dos parâmetros do IQA), com seus respectivos pesos ( $w$ ), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (tabela abaixo).

Tabela 3 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e Respectivo Peso

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO ( $w$ )
<u>Oxigênio dissolvido</u>	0,17
<u>Coliformes termotolerantes</u>	0,15
<u>Potencial hidrogeniônico - pH</u>	0,12
<u>Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO<sub>5,20</sub></u>	0,10
<u>Temperatura da água</u>	0,10
<u>Nitrogênio total</u>	0,10
<u>Fósforo total</u>	0,10
<u>Turbidez</u>	0,08
<u>Resíduo total</u>	0,08

Fonte: ANA (2004)

Além de seu peso ( $w$ ), cada parâmetro possui um valor de qualidade ( $q$ ), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida (figura

abaixo).

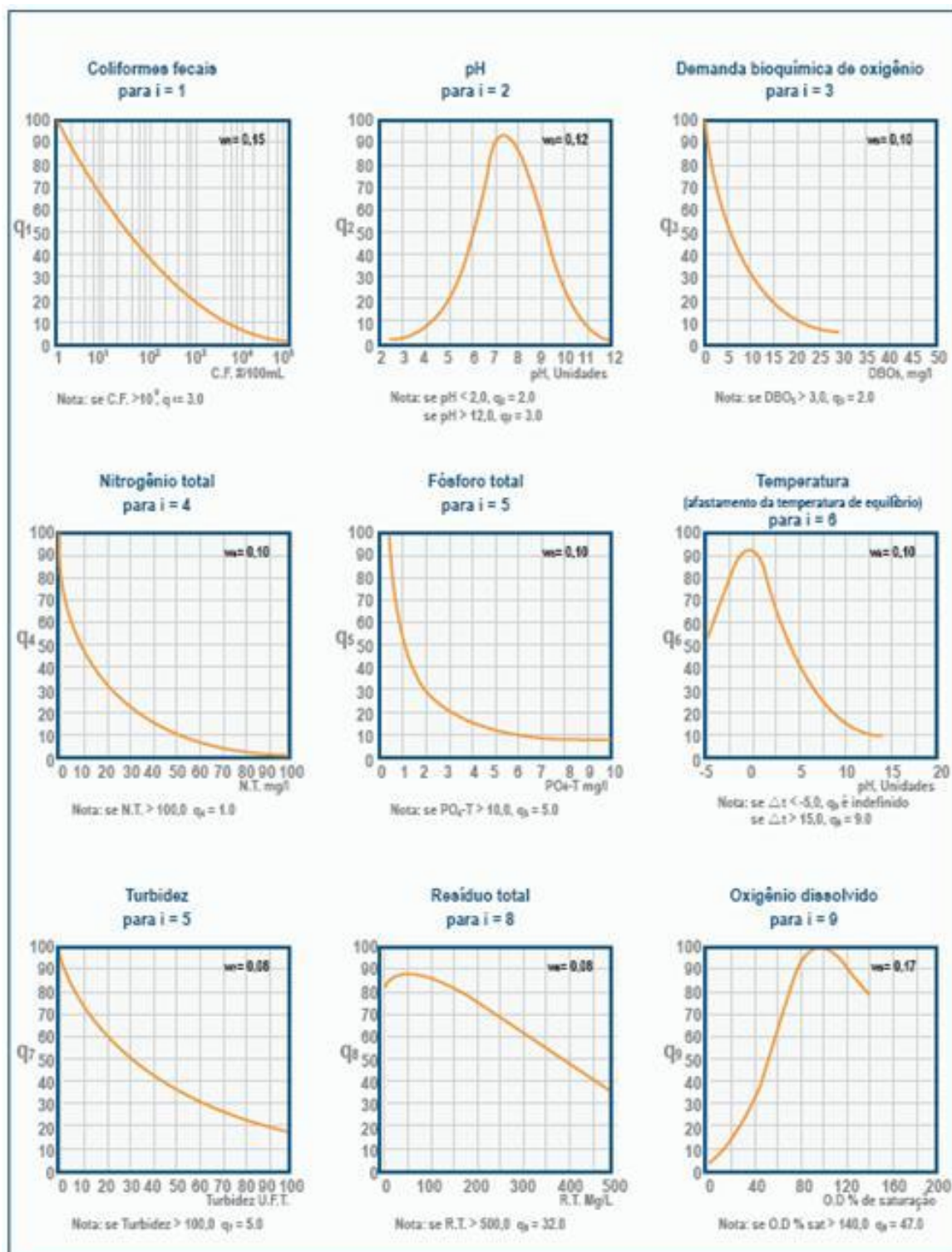


Figura 10 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA. Fonte: Ana, 2004

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

- IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;
- $q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);
- $w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Sendo  $n$  o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros (tabela abaixo).

Tabela 4 - Valores de IQA por Regiões

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguinte Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
<b>91-100</b>	80-100	Ótima
<b>71-90</b>	52-79	Boa
<b>51-70</b>	37-51	Razoável
<b>26-50</b>	20-36	Ruim
<b>0-25</b>	0-19	Péssima

Fonte ANA (2004)

O cálculo do IQA será realizado conjuntamente com toda a turma e o professor deve relacionar os valores encontrados com a qualidade da água segundo resolução CONAMA 357 (2005).

## **PARTE C – RECONSTRUÇÃO DO MAPA MENTAL**

Considerando o instrumento contido a seguir, os estudantes devem ser convidados a se organizarem no mesmo grupo, a fim de reelaborar o mapa mental colaborativo, a partir do conteúdo aprendido ao longo da sequência didática a fim de estabelecer relações significativas entre o tema central “água” e os treze conceitos fornecidos na atividade, totalizando 14 conceitos, que necessariamente deveriam estar presentes no mapa.

Os conceitos obrigatórios são: poluição, desinfecção, tratamento, saúde pública, parâmetros físico químicos, resolução CONAMA 357 BRASIL (2005), preservação dos mananciais, fatura da COPASA, parâmetros microbiológicos, estação de tratamento de água, estação de tratamento de esgoto, qualidade da água, desinfecção, origem da água do município, contudo, os estudantes possuem liberdade para escolher outros conceitos, bem como autonomia para estabelecer livremente as proposições de modo a estabelecer relações significativas entre o conhecimento elaborado (aprendido e construído) seus conhecimentos prévios e o tema central “água”.

Além disso, o mapa é um bom instrumento porque tornam visíveis as estruturas do conhecimento, bem como suas transformações ao longo do tempo e mede a qualidade da aprendizagem.

Segundo o estudo de Aguiar e Correia (2013) existem parâmetros de referência para construção de um bom mapa mental. Se não existe termo de ligação entre os conceitos ou os termos de ligação não apresentam verbos, ocorre a representação de um mapa mental, que se limita a representar a associação entre os conceitos, não sendo capaz de representar a relação conceitual com precisão.

## – CONSTRUÇÃO DE UM NOVO MAPA MENTAL

Os mapas mentais são organizadores gráficos que utilizam suportes visuais para representar esquematicamente o conhecimento construído e reconstruído, facilitando assim, a discussão e comunicação entre aluno e professor e contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

### ATIVIDADE – Construção de um mapa MENTAL

Para esta atividade, vocês irão se organizar em grupos de quatro alunos e, a partir das discussões feitas em sala, vão elaborar um mapa conceitual que represente suas ideias, completando os conceitos, de modo a formar frases de ligação e estabelecendo relações significativas entre o tema central “ÁGUA” e as palavras-chave destacadas a seguir.

Ao término da atividade, cada grupo irá apresentar o seu mapa MENTAL e faremos uma discussão e reflexão coletiva sobre suas produções como também sobre os conceitos que foram abordados até o momento.

### PALAVRAS-CHAVE

POLUIÇÃO	DESINFECÇÃO	TRATAMENTO	SAÚDE PÚBLICA
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS MANANCIAIS		RESOLUÇÃO CONAMA 357	PRESERVAÇÃO
FATURA DA COPASA TRATAMENTO DA ÁGUA (ETA)		PARÂMETROS BIOLÓGICOS	ESTAÇÃO DE
ESTAÇÃO TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) DA ÁGUA DE CONTAGEM		QUALIDADE DA ÁGUA	ORIGEM

## PARTE D – REAPLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

O quarto instrumento de coleta de dados se dá por meio da reaplicação, no final da sequência didática, do questionário diagnóstico apresentado inicialmente no instrumento 1, como meio para avaliar a aprendizagem e evolução dos alunos durante todo o processo.

Após a aplicação do questionário, sugere-se a elaboração de uma tabela comparando os dados antes da aplicação da sequência didática, demonstrado no

instrumento 1, com dados obtidos ao fim da sequência, apresentados pelo instrumento quatro.

## **PARTE E – SÍNTESE ESCRITA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Na parte final da pesquisa, foi solicitado aos estudantes que realizassem uma síntese escrita sobre o estudo realizado, tecendo comentários e se posicionando sobre o estudo em termos de sua importância, com vistas a apresentarem diferentes relações entre a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Por meio dos resultados obtidos em nossa pesquisa, concluímos que a abordagem CTSA e a alfabetização científica são as ações pedagógicas mais relevantes na construção do conhecimento científico e é necessária uma maior divulgação desta metodologia na formação dos professores de Química para que haja a correta contextualização entre teoria e prática na construção do verdadeiro saber científico principalmente devido a sua importância social e com o objetivo de formar estudantes preparados para enfrentar e tomar decisões corretas para o futuro de nossa sociedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Indicadores do índice de qualidade das águas**, 2004. Disponível em <https://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em 23/10/2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília, 2005.

DELIZOICOV, D., ANGOTTI, J. A., & PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DORINO, E **Diagnósticos sobre as questões ambientais dos rios e riachos: uma metodologia alternativa de ensino**. Dissertação de mestrado. Fundação Oswaldo Aranha. Volta Redonda, p-2-26, 2019

LEMOS, J. L. S. **Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA)**. Vol.4, nº 2. Revista Ciências & Ideias. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/270>  
Acesso em: 10 abr. 2020.

LORENCINI JR, A. **O Professor e as perguntas na construção do discurso reflexivo em sala de aula**, 2000. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação da USP, 2000.

ONU BR, NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. A Agenda 2030, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em 16 jun. 2024.

POZO, J.I; CRESPO, M.A.G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SASSERON, L.H; CARVALHO, A.M.P. **Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo.** *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 13(3), n. 3, p. 333-352, dez. 2008.

SASSERON, L.H; CARVALHO, A.M.P. **Alfabetização Científica: Uma revisão bibliográfica.** *Investigações em Ensino de Ciências*. Vol.16 nº 1. São Paulo: FAPESP, 2011.

SILVA, E. L.; MARCONDES, M. E. R. Materiais didáticos elaborados por professores de química na perspectiva CTS: uma análise das unidades produzidas e das reflexões dos autores. *Ciência & Educação*, Vol. 21, nº1, p.65-83. Bauru: 2015.