



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL**

FRANCISCO FABIANO ARAUJO

**ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
SOBRE A TEMÁTICA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA
ABORDAGEM CTS**

**RECIFE-PE
2024**

FRANCISCO FABIANO ARAUJO

**ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
SOBRE A TEMÁTICA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA
ABORDAGEM CTS**

Dissertação apresentado à Coordenação do PROFQUI da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Inácio Diniz Júnior

**RECIFE-PE
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Ana Catarina Macêdo – CRB-4 1781

A658a Araujo, Francisco Fabiano.
Análise das possíveis contribuições de uma sequência didática sobre a temática água para o consumo humano na ótica da abordagem CTS / Francisco Fabiano Araujo. - Recife, 2024.
143 f.; il.

Orientador(a): Antônio Inácio Diniz Júnior.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Química (PROFQUI), Recife, BR-PE, 2024.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Água - Consumo. 2. Prática de ensino. 3. Química (Ensino médio) - Estudo e ensino. I. Diniz Júnior, Antônio Inácio, orient. II. Título

CDD 540

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A TEMÁTICA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA ABORDAGEM CTS

Aprovado em: 28/08/2024.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Antônio Inácio Diniz Júnior
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
(Orientador)

Prof. Dr. Bruno Silva Leite
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Profa. Dra. Flávia Cristiane Vieira da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação só foi possível graças ao apoio e contribuição de várias pessoas e instituições. Quero expressar minha gratidão a todos que, de alguma forma, colaboraram para a concretização deste trabalho.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Prof. Dr. Antônio Inácio Diniz Júnior, por ter aceitado o convite para orientar meu trabalho na ausência da Professora Ângela. Sei o quanto é complicado "trocar o pneu com o carro andando" e sou imensamente grato por sua dedicação e orientação.

À minha esposa, Janmile Carvalho Vasconcelos Araujo, meu eterno agradecimento por todo o apoio e compreensão durante as viagens a outro estado. Sua paciência e incentivo foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

À minha mãe, que foi pai e mãe ao mesmo tempo, e que, com suas orientações e crenças, sempre demonstrou preocupação e apoio ao longo da minha trajetória nesta especialização.

Agradeço também ao professor Raimundo Wilson pela valorosa contribuição na correção dos meus textos. Sua atenção aos detalhes e suas sugestões foram essenciais para a qualidade deste trabalho.

Ao meu amigo, professor Paulo César, agradeço por sua contribuição através de dicas durante o andamento do mestrado. Seu conhecimento e orientações ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

Meu sincero agradecimento à Escola Júlio França, da qual faço parte, pelas adaptações nos horários de aula que foram de essencial ajuda. Sem essa flexibilidade, seria muito mais difícil conciliar as demandas acadêmicas e profissionais.

Aos alunos do segundo ano do curso técnico em enfermagem, meu muito obrigado pela participação na nossa pesquisa. Sua colaboração foi crucial para o desenvolvimento deste estudo.

Aos professores Wellison Rocha, Michelly Barros e Arilene Moreira, agradeço pela participação e ajuda durante algumas etapas de nossa Sequência Didática. Suas contribuições e apoio foram de grande valor para o sucesso desta pesquisa.

A todos, meu muito obrigado!

RESUMO

Mesmo com a distribuição de água tratada em muitas residências, a compra de água envasada ainda é amplamente praticada, acarretando implicações socioeconômicas para diversas famílias. Esse cenário evidencia a necessidade de uma compreensão mais profunda sobre o tratamento e a qualidade da água consumida. Diante disso, a presente pesquisa teve por objetivo analisar os limites e potencialidades de uma Sequência Didática (SD) acerca da temática água para o consumo humano na ótica da abordagem CTS no contexto do Ensino Médio. Optamos por adotar uma abordagem metodológica de pesquisa interventiva na modalidade de aplicação, uma vez que buscamos não apenas a observação e análise de um fenômeno, e sim, intervir diretamente buscando promover mudanças e intervenções específicas. Para tal, utilizamos uma SD fundamentada nos princípios de Zabala, com aulas envolvendo a abordagem CTS; visitas a Estação de Tratamento de Água (ETA); palestras com profissionais da ETA; exames laboratoriais; e realização de exposições para a comunidade escolar. Ao considerar as interseções com as Ciências, Tecnologia e Sociedade (CTS), este estudo pretende contribuir para o avanço do conhecimento na área, bem como fornecer percepções relevantes para a resolução de problemas relacionados a água para consumo humano. Os resultados apontam a mudança na postura dos estudantes, bem como sinaliza que esse tipo de abordagem pode contribuir na compreensão da temática água a partir de questões científicas, tecnológicas e sociais, pois os alunos demonstraram uma compreensão crescente sobre a importância do tratamento e conservação da água, refletindo um maior compromisso com práticas sustentáveis. As atividades realizadas, como visitas e experimentos, contribuíram para uma visão mais aprofundada e prática dos conceitos químicos, evidenciando a efetividade da SD relacionada à água para consumo humano no contexto da educação básica.

Palavras-Chave: CTS; Sequência Didática; Ensino de Química; Água.

ABSTRACT

Despite the distribution of drinking water in many homes, the purchase of packaged water is still widely practiced, causing a socioeconomic impact for several families. This situation highlights the need for a deeper understanding of the treatment and quality of water consumed. Given this, the present research project aims to analyze the limits and potential of a Didactic Sequence (DS) on the subject of water for human consumption from the perspective of the STS approach. We chose to adopt an interventional research methodological approach in the form of an application, since we are not just looking to observe and analyze a phenomenon, but to intervene directly in order to promote specific changes and interventions. To this end, we used a DS based on Zabala's principles, with classes involving the CTS approach; visits to the Water Treatment Plant (WTP); lectures with WTP professionals; laboratory tests; and exhibitions for the school community. By considering the intersections with Science, Technology and Society (STS), this study aims to contribute to the advancement of knowledge in the area, as well as providing relevant insights for solving problems related to water for human consumption. The students made significant progress in understanding and the importance of the problem investigated, generating greater commitment to sustainable practices. Activities, such as visits and experiments, contributed to the deepening and a more practical view of chemical concepts that highlight the effectiveness of SD in the relationship with water for human consumption in the context of basic education.

Palavras-Chave: STS, Didactic Sequence; Chemistry Teaching; Water.

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCRC	Documento Curricular Referencial do Ceará
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
ETA	Estação de Tratamento de Água
IFCE	Instituto Federal do Ceará
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPP	Projeto Político Pedagógico
RI	Resposta Insatisfatória
RPS	Resposta Pouco Satisfatória
RS	Resposta Satisfatória
SD	Sequência Didática
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
uT	Unidade de Turbidez
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco

LISTA DE FIGURAS

Lista de Figuras

Figura 1 – Notícia relacionadas aos eventos climáticos.....	62
Figura 2 – Notícia relacionada aos eventos climáticos II.....	62
Figura 3 – Página dezoito do slide apresentado em sala.....	64
Figura 4 – Mural <i>Padlet</i> construído pelos alunos.....	66
Figura 5 – Visita à CAGECE. (5a) No caminho à CAGECE; (5b) Professores que acompanharam à visita; (5c) Recepção aos alunos pelo técnico e coordenador da CAGECE.....	68
Figura 6 – Pedras dos filtros antes e após utilização.....	71
Figura 7 – Realização de análises de pH, turbidez e cor no laboratório da CAGECE..	73
Figura 8 – Torre de distribuição de água.....	74
Figura 9 – Questão 67, prova do ENEM de 2012, caderno azul.....	75
Figura 10 – Realização da aula prática no laboratório de Química da Escola.....	79
Figura 11 – Realização da análise de sólidos na água. (a) secagem da amostra na estufa; (b) pesagem do resíduo.....	80
Figura 12 – Realização de análises químicas da água: (a) Realização de análise de dureza da água; (b) Indicador utilizado na análise; (c) Início da titulação; e (d) término da titulação.....	81
Figura 13 – Medição de pH das amostras.....	82
Figura 14 – Elaboração de mapas conceituais no Laboratório de Informática da Escola.....	85
Figura 15 – Exemplos de mapas conceituais produzidos. (a) Mapa conceitual manuscrito; (b) Mapa conceitual digital.....	86
Figura 16 – Apresentação de <i>banners</i> pelas equipes.....	88
Figura 17 – Aplicação do formulário prognóstico.....	91

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
1.1 EDUCAÇÃO E ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS.....	15
1.2 SURGIMENTO DA ABORDAGEM CTS E SEU DESDOBRAMENTO NA PESQUISA ATUAL.....	17
1.3 EXPLORANDO AS INTERSEÇÕES DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: UM OLHAR SOBRE A ABORDAGEM CTS PARA O ENSINO DE QUÍMICA.....	21
1.4 ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA ABORDAGEM CTS.....	24
1.5 INTEGRANDO CTS E SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	31
2 METODOLOGIA.....	35
2.1 NATUREZA DA PESQUISA.....	35
2.2 CONTEXTO E SUJEITOS DA PESQUISA.....	37
2.3 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE DADOS.....	38
2.3.1 Proposição da Sequência Didática.....	39
2.3.2 Processo de Aplicação da Sequência Didática.....	40
2.3.3 Validação da Sequência didática.....	44
2.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	45
2.4.1 Aplicação de questionários.....	46
2.4.2 Ferramentas Digitais.....	46
2.4.3 Produção de relatórios.....	47
2.4.4 Mapas Conceituais.....	48
2.4.5 Confecção e apresentação de banners.....	48
2.4.6 Debates (Feedbacks).....	49
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.1 APLICAÇÃO DO FORMULÁRIO DIAGNÓSTICO.....	53
3.2 AULA EXPOSITIVA SOBRE ABORDAGEM CTS ASSOCIADOS À ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	63
3.3 VISITA À CAGECE.....	67
3.3.1 Captação da água.....	68
3.3.2 Coagulação, floculação, decantação e filtração.....	69

3.3.3	Desinfecção da água.....	70
3.3.4	Correção de pH e fluoretação.....	71
3.3.5	Distribuição da água.....	73
3.4	ANÁLISES FÍSICA, QUÍMICA E BIOLÓGICA DA ÁGUA.....	78
3.5	MAPAS CONCEITUAIS.....	85
3.6	APRESENTAÇÃO DE BANNERS.....	87
3.7	APLICAÇÃO DO FORMULÁRIO PROGNÓSTICO.....	90
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
	REFERÊNCIAS.....	103
	APÊNDICES.....	111

INTRODUÇÃO

Na minha experiência como professor, que começou em 2001, e a partir das discussões com outros educadores, fica evidente que certos instrumentos administrativos, como planos de aula, guias de estudo, planilhas e outros, muitas vezes são mais orientados à burocracia do que ao aprimoramento pedagógico. Isso resulta em um planejamento de aulas bastante simplificado, devido ao tempo consumido na sua elaboração, o qual poderia ser melhor empregado na criação de aulas mais dinâmicas e contextualizadas. Isso, possivelmente, torna-se uma das causas do desinteresse do nosso alunado frente a esta disciplina tão presente em nosso dia a dia, que é a Química. Pois, como afirmam Bedin e Finger (2019, p.9),

[...] estes problemas, muitas vezes, estão relacionados a não eficácia das ações e práticas docentes nos processos de ensino e aprendizagem, sendo visíveis por meio do não relacionamento entre o saber do aluno/contextual e o saber científico.

Aulas com experimentação e/ou utilização de recursos digitais eram substituídas por quadro branco e pincel. Atividades, unificando saberes entre disciplinas, era algo impensável de se fazer, e, quando propostas, nada mais significavam que uma sequência de ações ante as quais cada professor, na sua especialidade, discorria sobre saberes de sua disciplina e cedia espaço para que outros fizessem o mesmo. Sentia-me como em uma “tripulação dentro de um barco”, mas com rotas específicas, remando em sentidos diferentes.

Utilizando ainda da metáfora citada acima, se o caminho leva ao conhecimento, rotas deveriam ser traçadas; e forças, somadas. Mas o que pude constatar é que a escrita de um Regimento Escolar e/ou elaboração de um Projeto Político Pedagógico (PPP) não seriam o suficiente ao alcance de um só objetivo. Seria necessário dar espaço para estudo e, assim, trabalhar o ensino de forma mais abrangente.

Tive a oportunidade, durante esses anos, de vivenciar duas realidades de ensino: a pública e a particular. Se na instituição pública, que destina tempo para planejamento por área, já era difícil trabalhar atividades relacionando conceitos de outras disciplinas; nas escolas particulares, nas quais trabalhei, o planejamento era feito em casa, sacrificando noites e finais de semana, sem remuneração e, o pior, sem acompanhamento pedagógico, uma vez que este era limitado ao preenchimento de

faróis expostos na sala dos professores, para que os docentes soubessem quem teria entregado ou quem ainda estaria pendente com os instrumentais exigidos.

Faz-se evidente que o processo de ensino e aprendizagem apresenta algumas falhas, sejam sistemáticas – como desigualdade de acesso, desatualização de currículo ou formação inadequada de professores; sejam próprias de cada instituição – como uma gestão centralizada ou uma carga horária reduzida quanto às aulas de Química, por exemplo. Mas ao ser constatada tal condição, explicita-se um difícil dilema: concordar com o que se vê, ou se incomodar e buscar soluções? Acredito que foi esse incômodo que me fez trabalhar com a Proposta de Utilização de Materiais Alternativos no Ensino de Química, em minha monografia da Graduação, e com a Utilização de Mídias no Ensino de Química, temática do artigo de minha pós-graduação.

No ano de 2023, quando do Ensino de Química nas segundas séries do Ensino Médio, deparo-me com uma proposta que aborda conceitos de Química, Física e Biologia em um único livro, trazendo à tona a ideia de interdisciplinaridade¹ e confrontando os limites do nosso território de conhecimento, tal como propõe a BNCC em um de seus objetivos:

Decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem (Brasil, 2018, p. 16).

Embora seja algo novo, que mereça um estudo mais detalhado, foi exatamente essa proposta da BNCC que me fez pensar em um ensino integrador, com um saber menos fragmentado; porém, trabalhar a relação existente entre as disciplinas da minha área, Ciências da Natureza, não me apresentaria um verdadeiro obstáculo. Portanto, para buscar uma experiência mais desafiadora e abrangente, sinto a necessidade de adentrar em outra área, ou, pelo menos, obter uma compreensão mais integrada que leve em conta o meio social. Nesse sentido, a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) surge como uma opção amplamente reconhecida por sua natureza interdisciplinar. Essa mesma abordagem despertou-me o interesse e fez que eu participasse de alguns eventos na área de Química, como o 20º Simpósio de

¹ Conceito trazido pelos autores na abertura de cada unidade, através de uma problemática atual e nas propostas de atividades.

Ensino de Química – SIMPEQUI, em 2023 e na 21ª edição do mesmo simpósio, em 2024, nos quais apresentei trabalhos e tive oportunidade de debater sobre o assunto.

Essa abordagem busca compreender as complexas interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, envolvendo múltiplas disciplinas acadêmicas, promovendo a reflexão e a criatividade.

Como destacam Aquino e Chiaro (2017, p. 414),

[...] há nessa nova postura uma tentativa de superação de uma neutralidade científica irreal a fim de se romper com um ensino de repetição e de estimular a reflexão, o questionamento e o desenvolvimento da criatividade e da imaginação.

Diante do exposto, nesta dissertação de mestrado, buscamos (o professor orientador e eu), propor uma atividade investigativa, que explora as possíveis contribuições de uma Sequência Didática (SD) centrada no tema da água para o consumo humano, adotando a abordagem CTS, unificando saberes de Química e das outras disciplinas da área das Ciências da Natureza, além de conhecimentos e perspectivas aliados a uma abordagem científica, tecnológica e social.

Estando inserido em uma Escola de Educação Profissional no estado do Ceará, a qual oferta cursos técnicos nas áreas de Enfermagem, Contabilidade, Redes de Computadores, Informática e Massoterapia, temos, como ponto de partida, a pequena distância entre a escola e a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), da cidade de Bela Cruz - CE, município situado a aproximadamente 300 Km da capital do Estado e que é solo para nossa pesquisa. Além do fato de ser algo bem presente no dia a dia do aluno e de sabermos que, mesmo que boa parte deles tenha acesso à água tratada em casa, muitos fazem uso de água envasada, seja de origem mineral, seja adicionada de sais.

Qual o motivo de tantos alunos, ou melhor, pais ou responsáveis comprarem água envasada, mesmo recebendo água tratada em casa? Foi o poder do marketing das empresas que trabalham com água envasada? São as condições estruturais que a Estação de Tratamento de água (ETA) apresenta? Existe insegurança na qualidade da água que chega às casas? Profusas desconfianças ao ponto de comprometer o orçamento da família?

Para se chegar a essas respostas, conhecimentos em Química nos ajudaram a entender o tratamento da água que ocorre na empresa, através do estudo sobre os métodos de separação de mistura; estudo de soluções; determinação do pH da água

e aplicação das substâncias utilizadas no seu tratamento. Esses conhecimentos se integraram a outras disciplinas da área de Ciências da Natureza, incentivando uma reflexão crítica sobre a natureza e o papel da Ciência e da Tecnologia na Sociedade, além de contribuir para uma tomada de decisão mais informada e responsável em relação aos desafios contemporâneos.

Atividades como essas reforçam a importância da relação entre as disciplinas e potencializam tanto a aprendizagem quanto a iniciativa científica, posto que traz à tona os impactos socioeconômicos vivenciados pela comunidade escolar, fato que desperta a curiosidade e, ao mesmo tempo, aproxima o processo de ensino e aprendizagem às situações do cotidiano dos alunos. Isso permite que eles compreendam melhor os conceitos químicos através da aplicação prática, desenvolvendo habilidades críticas e investigativas as quais são essenciais à formação científica. Além disso, a realização dessas atividades, como pesquisa acadêmica, proporciona uma base teórica e metodológica sólida ao Ensino de Química. Essa pesquisa torna-se, ainda, um recurso valioso para outros professores interessados em aprimorar suas metodologias em sala de aula, propondo estratégias eficazes e inovadoras que facilitam a integração entre teoria e prática no Ensino de Química.

Para tanto, temos o seguinte problema de pesquisa: Quais os possíveis limites e potencialidade de uma Sequência Didática acerca da temática água para o consumo humano aplicada na ótica da abordagem CTS com estudantes do Ensino Médio de uma escola pública da região norte do Ceará?

E para atendermos essa problemática, temos por objetivo geral analisar os limites e potencialidades de uma SD acerca da temática água para o consumo humano na ótica da abordagem CTS no contexto do Ensino Médio.

Para auxiliar no estabelecimento desse objetivo, apresentamos três objetivos específicos:

- I. Propor uma SD articulando conceitos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano atrelando a diferentes aspectos científicos, tecnológicos e sociais;
- II. Validar a SD baseada na abordagem CTS no contexto da educação básica;
- III. Avaliar as contribuições à aprendizagem dos estudantes sobre água para consumo humano a partir da abordagem CTS.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Abordaremos, nesta sessão, os referenciais teóricos utilizados na pesquisa, os quais, para uma melhor abordagem, serão apresentados por tópicos: (i) Educação e Ensino de Química no Brasil: desafios e perspectivas; (ii) Surgimento da abordagem CTS e seu desdobramento na pesquisa atual; (iii) Explorando as interseções de Ciência, Tecnologia e Sociedade: um olhar sobre a abordagem CTS para o Ensino de Química; (iv) Água para consumo humano na ótica da abordagem CTS; (v) Integrando CTS e Sequência Didática.

1.1 EDUCAÇÃO E ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

O processo de ensino e aprendizagem, no Brasil, enfrenta uma série de desafios, que variam desde problemas socioemocionais dos alunos à desigualdade de acesso à educação. Sobre este, Castro (2009) afirma que apesar dos avanços importantes na ampliação do acesso a todos os níveis e modalidades educacionais, ainda enfrentamos desafios significativos em garantir uma educação equitativa e acessível para todos. Esses problemas afetam não apenas a qualidade do ensino, mas também a capacidade dos alunos de alcançarem seu pleno potencial acadêmico e pessoal. Em muitas regiões, salas de aula superlotadas, falta de infraestrutura adequada e desigualdade socioeconômica contribuem para uma experiência educacional desigual e injusta.

No contexto específico do Ensino de química, desafios adicionais fazem-se evidentes. Além das questões gerais mencionadas anteriormente em relação ao sistema educacional, evidenciam-se, ainda, a falta de interesse dos alunos e a formação inadequada de professores (Silva, 2011); dessa forma, o Ensino de química também enfrenta dificuldades específicas como a escassez de recursos de laboratório e fatores como instalações da escola, material e reagentes requeridos e escolhas das experiências (Bueno; Kovaliczn, 2008); outro desafio está na falta de conexão com as aplicações práticas da química, as quais prejudicam o ensino e o aprendizado eficazes dessa disciplina que é crucial à aprendizagem. Tal como mencionado por Amaral *et al.* (2020) uma abordagem em Química, fora do contexto do aluno, leva-o à “memorização acrítica de informações, classificações e definições descoladas de suas

origens históricas e de seu potencial de aplicação em contextos tecnológicos e sociais” (Amaral *et al.*, 2020, p. 83).

Além dos citados acima, outro desafio está em tornar os conceitos químicos acessíveis e relevantes para os alunos, o que se pode fazer relacionando o conhecimento pré-existente do aluno, em uma relação de saberes do macro para o micro (Bedin; Del Pino, 2018). Oliveira *et al.* (2018, p. 90) nos afirmam que

[...] há uma preocupação de que não se deve ensinar por ensinar. Por isso, para que o processo de ensino-aprendizagem tenha um real sentido, é necessário que os conteúdos estudados pelos alunos, no âmbito da sala de aula, tenham algum significado prático para eles, e que possam ser aplicados nas diversas situações de sua vida cotidiana.

A preocupação em torno do ensino que transcende a mera transmissão de informações é justificada. Afinal, ensinar por ensinar pode resultar em aprendizado superficial e desmotivador. O mesmo autor afirma que “isso decorre, muitas vezes, do uso de uma metodologia que não tem respondido adequadamente às demandas requeridas no contexto atual” (Oliveira *et al.*, 2018, p. 90). E, para que o processo de ensino e aprendizagem seja genuinamente eficaz, é imprescindível que os conteúdos abordados em sala de aula sejam relevantes e aplicáveis à vida dos alunos.

Ao abordar tanto os problemas gerais da educação quanto os desafios específicos do Ensino de Química, é fundamental desenvolver abordagens inovadoras e soluções integradas que promovam um ambiente educacional mais equitativo e um ensino de qualidade. Mas, como afirma, ainda, o mesmo autor, “as estratégias ou formas de ensinar, tradicionalmente trabalhada nas escolas, não têm conseguido superar as dificuldades de aprendizagens apresentadas pelos alunos e contribuído satisfatoriamente para um ensino de qualidade” (Ibidem, 2018, p. 89).

Para enfrentar esses desafios, é necessário um esforço conjunto de educadores, formuladores de políticas, comunidades e outras partes interessadas. Considerando que, para promover uma educação de qualidade e equitativa, tanto no ensino geral quanto no ensino específico de disciplinas como a Química, algumas estratégias inovadoras, como abordagens de ensino centradas no aluno são essenciais. Porém, como destacam Lara *et al.* (2021), tendo como base os fundamentos teóricos que embasaram a concepção do Ensino de Química centrado no desenvolvimento de habilidades, é importante priorizar as atividades que promovam o pensamento crítico e o envolvimento ativo dos alunos. No entanto, é

evidente que tais abordagens ainda não são predominantes consolidadas nas escolas do Brasil.

Sob essa ótica, quando os estudantes conseguem relacionar o que estão aprendendo com situações reais do seu cotidiano, seu interesse e engajamento aumentam significativamente. Somos conscientes de que, ao introduzir exemplos e aplicações práticas, os educadores podem estimular o interesse dos estudantes, tornando o aprendizado mais relevante e envolvente. Além disso, essa conexão entre teoria e prática permite que os alunos compreendam melhor o significado e a utilidade do conhecimento adquirido, preparando-os de forma mais efetiva para os desafios do mundo real.

Nesse sentido, e considerando o supracitado, Costa (2016, p. 20) afirma que “o professor contribui para que o aluno desperte o senso crítico e reflita de maneira significativa o seu contexto social, propondo soluções para determinados problemas”. Portanto, é fundamental integrar a abordagem CTS ao Ensino de Química, pois isso proporciona uma ponte entre os conceitos científicos e as questões sociais, éticas e tecnológicas contemporâneas, promovendo uma aprendizagem mais contextualizada e significativa. Essa abordagem de estudo interdisciplinar investiga as complexas interações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade. Ela examina como esses três elementos se influenciam mutuamente e moldam o desenvolvimento e a aplicação do conhecimento científico e tecnológico.

Para compreender plenamente a importância da integração da abordagem CTS ao Ensino de Química, é essencial explorar suas raízes históricas e os desdobramentos que ela teve ao longo do tempo; daí, a importância de transcorrer sobre o assunto no próximo tópico.

1.2 SURGIMENTO DA ABORDAGEM CTS E SEU DESDOBRAMENTO NA PESQUISA ATUAL

A abordagem CTS surgiu em resposta às transformações sociais e tecnológicas do século XX, refletindo a necessidade de analisar criticamente o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade, tal como postulam Auler e Bazzo (2001, p. 01):

a partir de meados do século XX, nos países capitalistas centrais, foi crescendo o sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social. Após uma euforia inicial com os resultados do avanço científico e tecnológico, nas décadas de 1960 e 1970, a degradação ambiental, bem como a vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico à guerra (as bombas atômicas, a guerra do Vietnã com seu napalm desfolhante) fizeram com que a ciência e a tecnologia (C&T) se tornassem alvo de um olhar mais crítico.

Os mesmos autores citam, ainda, as obras "A Estrutura das Revoluções Científicas", do físico e historiador da ciência Thomas Kuhn, e "Primavera Silenciosa", da bióloga naturalista Rachel Carson, ambas publicadas em 1962, as quais intensificaram as discussões sobre CTS, marcando o início dessa abordagem. (Auler; Bazzo, 2001).

Essa abordagem visa promover uma alfabetização científica e tecnológica que capacite os cidadãos a tomarem decisões responsáveis em questões controversas relacionadas à ciência e à tecnologia (Acevedo Diaz, 1996). Além disso, busca-se promover uma visão mais autêntica da ciência e da tecnologia, ressaltando suas interações com a sociedade em seus diferentes contextos (Manassero; Vázquez; Acevedo, 2001). Nesse sentido, a educação voltada para CTS almeja o desenvolvimento de uma consciência crítica em relação aos desafios do planeta, preparando os indivíduos para agir de forma consciente e sustentável (Vilches, Gil Perez e Praia, 2011)."

Ante a importância dos objetivos supracitados, acreditamos que esse processo ocorreu tardiamente, já que a ciência é fundamental para compreender a natureza, tomar decisões informadas à preservação e à melhoria do meio ambiente. No quadro a seguir, são apresentados fatos históricos importantes sobre o tema, conforme adaptado de García *et al.* (1996, apud Palacios, 2001), que demonstram o quanto estávamos atrasados em adotar uma abordagem CTS.

Quadro 1 – Cronologia de fatos histórico-científicos.

(continua)

ANO	FATOS HISTÓRICOS
1957	A União Soviética lança o Sputnik, o primeiro satélite artificial ao redor da Terra. Causou uma espécie de convulsão social, política e educacional nos Estados Unidos da América do Norte e outros países ocidentais.
	O reator nuclear de Windscale, Inglaterra, sofre um grave acidente, criando uma nuvem radioativa que se espalha pela Europa Ocidental.
	Explode nos Urais o depósito nuclear Kyshtym, contaminando uma grande extensão circundante à União Soviética.

Quadro 1 – Cronologia de fatos histórico-científicos.

(conclusão)

1958	A NASA é criada como uma das consequências do Sputnik.
1959	Conferência de C.P. Snow, em que se denuncia o abismo entre as culturas humanística e científico-tecnológica.
Anos 60	Desenvolvimento do movimento de contracultura, em que a luta política contra o sistema vincula o seu protesto em relação à tecnologia.
1961	A talidomida é proibida nos Estados Unidos, após causar mais de 2.500 defeitos de nascimento.
1962	Publicação de <i>Silent Spring</i> , de Rachel Carson. Essa autora denuncia, entre outras coisas, o impacto ambiental de pesticidas sintéticos como o DDT. É o que deflagra o movimento ecológico.
1963	Tratado de limitação de provas nucleares.
	Afunda o submarino nuclear USS Thresher, seguido pelo USS Scorpion (1968).
1966	Um B 52 com quatro bombas de hidrogênio explode perto de Palomares, Almeria, contaminando com radioatividade uma grande área.
	Com base em motivos éticos e políticos, profissionais de informática constituem um movimento de oposição à proposta de criar um banco de dados nacionais nos EUA.
1967	O petroleiro Torrey Canyon sofre um acidente e verte uma grande quantidade de petróleo nas praias do Sul da Inglaterra. A contaminação por petróleo começa a ser algo comum em todo o mundo desde então.
1968	O papa Pablo VI torna público um rechaço à contracepção artificial.
	Graves revoltas nos EUA contra a Guerra do Vietnã (a participação norte-americana incluiu sofisticados métodos bélicos, como o napalm).
	Mai de 68 na Europa e EUA: protestos generalizados contra o sistema.

Fonte: Adaptado de García *et al.* (1996 apud PALACIOS, 2001).

Apesar de esses eventos já evidenciarem, há décadas, a necessidade de uma visão mais integrada da ciência em relação aos seus impactos sociais e tecnológicos, continuávamos a tratar a ciência de forma fragmentada e descontextualizada. Esse atraso revelava a urgência de repensar a forma como a ciência era ensinada, para que pudesse cumprir seu papel não só na formação de indivíduos críticos, mas também na resolução dos problemas globais da época.

Endossando essa interpretação Santos (1999, p. 07), em suas pesquisas nos manuais didáticos de Ciências, em Portugal, afirma que

[...] tudo se passa como se fazer ciência fosse algo desconectado da realidade, como se o saber científico não tivesse raízes em meios sociais e ideológicos, como se a produção científica nunca respondesse a motivações sócio-políticas e/ou instrumentais, como se não contemplasse temas da atualidade, como se não tivesse utilidade social ou essa utilidade se restringisse a uma porta de acesso a estudos posteriores.

O autor critica a forma como a ciência era apresentada nos manuais didáticos, destacando que o ensino muitas vezes desconecta o conhecimento científico de sua

realidade social, política e ideológica, o que limita sua percepção de relevância e utilidade. Essa visão é complementada por Auler (2003), que alerta para o risco de um ensino de ciências voltado exclusivamente aos interesses dos cientistas, o que pode gerar desinteresse nos estudantes. Ambos autores reforçam a necessidade de um ensino mais contextualizado, que relacione a ciência com questões atuais e sociais.

Fora de um contexto mais amplo, e adentrando a uma leitura dessa abordagem em Química, a nível nacional, percebemos que ela se faz presente na segunda metade do século XX, o que pode ser comprovado com os diversos materiais didáticos criados à época. Entre eles, destacam-se o projeto *Unidades Modulares de Química* (Ambrogi *et al.*, 1987), as propostas pedagógicas de Lutfi (1988 e 1992), a coleção de livros de física do GREF (1990, 1991 e 1993), a coleção de livros do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química da USP – GEPEQ (1993, 1995, 1998), o livro *Química, Energia e Ambiente* (Mortimer; Machado; Romanelli, 1999) e o livro *Química na Sociedade* (Mól; Santos, 2000).

Desde então, essa abordagem tem ganhado destaque em trabalhos científicos apresentados em congressos, simpósios e eventos semelhantes. Por exemplo, os anais dos últimos Encontros Nacionais de Ensino de Química (ENEQ) mostram a quantidade de trabalhos aprovados e o número específico de pesquisas dentro da linha temática CTS, conforme relatado por Castro *et al.* (2019), na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantitativo de trabalhos apresentados nos ENEQs de 2012 a 2023.

(continua)

ANO ENEQ	LOCAL	TEMA NORTEADOR	TOTAL DE TRABALHOS	TRABALHOS LINHA CTS
2012	Salvador/BA	O Ensino de Química: consolidação dos avanços e perspectivas futuras.	930	14
2014	Ouro Preto/MG	A integração entre Pesquisa e Escola abrindo possibilidades para um Ensino de Química melhor.	1400	52
2016	Florianópolis/SC	Os desafios da formação e do trabalho do professor de Química no mundo contemporâneo.	1602	105

Tabela 1 – Quantitativo de trabalhos apresentados nos ENEQs de 2012 a 2023.

				(conclusão)	
2018	Rio Branco/AC	Docência em Química: transformações e mudanças no contexto educacional contemporâneo	466		42
2021	Recife/PE	Para que o Ensino de Química? Reflexões sobre as pesquisas e ações da área no século XXI.	703		40
2023	Uberlândia/MG	Democratização do Ensino de Química: (des)caminhos das políticas públicas brasileiras	437		26
TOTAL			5538		279

Fonte: Adaptada de Castro *et al.* (2019)

Observa-se, um aumento na quantidade de trabalhos relacionados à linha CTS ao longo das edições, especialmente em 2016, com 105 trabalhos, destacando um interesse crescente por essa abordagem no ensino de Química. No entanto, a partir de 2018, o número de trabalhos na linha CTS diminuiu, assim como a quantidade total, atingindo seu menor número em 2023, em Uberlândia/MG, com apenas 26 trabalhos.

Além da literatura acerca da CTS já mencionada, outras referências mais específicas em Química, dar-se-ão, ao longo dessa pesquisa, ante cada contexto.

Estudar essa evolução histórica permite-nos apreciar como as questões contemporâneas se conectam a debates passados, enquanto a pesquisa atual nos mostra como essa abordagem continua a evoluir, influenciando práticas educativas e promovendo um entendimento mais holístico da ciência e tecnologia em contextos sociais diversos.

1.3 EXPLORANDO AS INTERSEÇÕES DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: UM OLHAR SOBRE A ABORDAGEM CTS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

A abordagem CTS para o Ensino de Química busca integrar conhecimentos científicos com suas implicações tecnológicas e sociais. Ao explorar as interseções entre esses campos, a abordagem CTS promove uma compreensão mais holística e crítica da ciência, capacitando os alunos a avaliar como os avanços científicos e tecnológicos influenciam a sociedade e vice-versa. Essa abordagem tem como objetivos:

[...] promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com aspectos tecnológicos e sociais e éticas relacionadas ao uso da ciência-tecnologia (CT), adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico, formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados, capazes de tomar decisões informadas e desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual (Auler, 2007, p.1).

Como educadores, reconhecemos que um dos principais objetivos da escola é a formação de cidadãos, um propósito também mencionado na citação anterior. No entanto, sabemos que essa tarefa não é fácil devido a diversos fatores sociais, como desigualdades e problemas enfrentados no cotidiano escolar. Além disso, enfrentamos o desafio do desinteresse por parte dos alunos, o que nos convoca a buscar maneiras de sensibilizá-los e motivá-los.

Conforme afirmado por Strieder (2008, p. 131):

Um trabalho nessa perspectiva, precisa envolver os alunos, tornando-os produtores e disseminadores do conhecimento construído. Ou seja, é imprescindível que os alunos busquem o conhecimento necessário para compreender o assunto em questão e que sejam estimulados, explicitamente, a devolvê-lo de forma organizada e sistematizada à comunidade na qual foram buscar os dados, intervindo assim, de forma direta para a solução do problema.

Reforçando o pensamento acima, Lourenço e Paiva (2010, p.133) atribuem que, “no contexto educacional, a motivação dos alunos é um importante desafio a ser enfrentado, pois tem implicações diretas na qualidade do envolvimento do aluno com o processo de ensino e aprendizagem”.

Considerando esses desafios, procuramos explorar estratégias e abordagens que podem ser adotadas para promover uma educação cidadã significativa e engajadora, capacitando os alunos a se tornarem agentes de transformação em suas comunidades e sociedade como um todo. Correia *et al.* (2004, p.19) reforçam esses objetivos ao destacar que uma abordagem interdisciplinar “pode tornar mais significativa a aprendizagem dos conceitos científicos”.

Apesar dos desafios enfrentados, a abordagem CTS, conforme afirmado por Bazzo *et al.* (2000), procura instigar ou fortalecer nos jovens o interesse pelos estudos da ciência e da tecnologia, destacando a importância de um pensamento crítico e uma análise reflexiva embasada em suas interações sociais. A esse respeito, os autores Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988), reforçam que essa abordagem proporciona aos estudantes o desenvolvimento de habilidades essenciais, como autoestima,

comunicação escrita e oral, pensamento lógico para a resolução de problemas, tomada de decisão e aprendizagem colaborativa e cooperativa.

Essas habilidades estão em consonância com a BNCC, visto que uma educação integral é entendida como uma “construção intencional de processos educativos que promovam aprendizagens sintonizadas com as necessidades, as possibilidades e os interesses dos estudantes e, também, com os desafios da sociedade contemporânea” (Brasil, 2017, p.14).

No mesmo documento, é destacado que a área de Ciências da Natureza deve,

[...] contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias” (Ibidem, p.537).

Ainda sobre tornar o ensino significativo aos discentes, o Documento Curricular Referencial do Ceará (DCRC), documento que estabelece normas complementares e orientações para implementação do Currículo do Ensino Médio no âmbito do Sistema de Ensino do estado do Ceará, destaca que

[...] aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado e memorização de conteúdos conceituais sistematizados em leis, teorias e modelos. A aprendizagem nessa área torna-se significativa apenas quando os conceitos e termos passam a ter significado para o aluno/a, possibilitando que ele faça uso de exemplos para construir associações e analogias, contextualizando assim, o conteúdo com suas experiências pessoais para resolver e interpretar situações-problema do cotidiano. (Ceará, 2021, p.176 e 177).

Um ensino significativo exerce um papel fundamental na formação dos alunos e nas mudanças do meio social. Quando os professores buscam atrelar os conteúdos curriculares à realidade e aos interesses dos estudantes, tornam o aprendizado mais relevante e envolvente. O mesmo documento destaca que o componente curricular Química atua como uma disciplina capaz de oferecer aos educadores e estudantes uma oportunidade de interação que estimula a transformação e influencia mudanças nos contextos social, cultural e científico.

Ante o exposto, podemos considerar que a abordagem CTS está intimamente relacionada com as diretrizes da BNCC ao promover uma educação integral e contextualizada e ao DCRC, ao conectar o conhecimento escolar com a realidade social e tecnológica dos alunos. Uma conexão de fundamental importância para uma aprendizagem significativa nos diz que:

[...] o atual cenário educacional, no que se refere ao Ensino de Ciências, demanda currículos que promovam tanto a aprendizagem dos conteúdos científicos quanto o entendimento das interações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), condição que consideramos essencial para viver a contemporaneidade. (Silva; Strieder, 2016, p.1212)

Sob esse prisma, ao analisar os livros didáticos utilizados pela escola, alvo da nossa pesquisa, percebemos um rol de objetos de estudo de Química que apresentam conexões significativas com a abordagem CTS. Entre eles, destacam-se combustíveis fósseis e chuva ácida; substâncias químicas e a prática esportiva; processos metalúrgicos extrativos; consumo e ambiente; água potável: parâmetros físico-químicos. Sobre este, objeto curricular que abordaremos em nosso trabalho, além da disponibilidade como recurso, a qualidade da água é determinada por uma série de fatores os quais serão discutidos no próximo tópico, no qual exploraremos a qualidade da água para consumo humano sob essa ótica, destacando a importância de parâmetros físico-químicos, biológicos e suas implicações sociais.

1.4 ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA ABORDAGEM CTS

A água é um recurso vital e essencial à vida humana e, como tal, sua disponibilidade e qualidade são preocupações globais que afetam diretamente a saúde e o bem-estar das populações em todo o mundo. De acordo com a Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (LOSAN - nº 11.346, de 15 de setembro de 2006), o acesso à água e as ações para reduzir o risco de escassez de água potável são fundamentos essenciais para promover a segurança alimentar e nutricional (SAN) e assegurar o direito humano à alimentação adequada (Brasil, 2006).

No entanto, o acesso à água potável enfrenta desafios significativos devido a uma variedade de fatores, incluindo poluição, degradação ambiental, urbanização descontrolada e mudanças climáticas. Diante dessa complexidade, é fundamental tratar a questão da água para consumo humano de maneira interdisciplinar e contextualizada, e a abordagem CTS oferece uma perspectiva abrangente para explorar os aspectos científicos, tecnológicos e sociais envolvidos nesse tema.

Sob essa perspectiva, não apenas consideramos a disponibilidade física e a qualidade da água, mas também os aspectos científicos envolvidos em seu tratamento e distribuição, as tecnologias necessárias para garantir o acesso apropriado e os

impactos sociais, econômicos e ambientais de suas políticas e práticas de gestão. Essa abordagem holística destaca a interconexão entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, propondo percepções valiosas para abordar os desafios e dilemas complexos relacionados ao fornecimento de água segura e sustentável para consumo humano.

Os fatores determinantes para a visão que temos e a escolha da água que chega em nossas casas abrangem uma série de características químicas, físicas e biológicas. Sobre esse viés científico, Libânio (2010), alega que, geralmente, as propriedades físicas da água de abastecimento têm um efeito imediato sobre o consumidor, podendo, em muitos casos, levar à rejeição da água fornecida pela empresa concessionária, já que estão relacionadas diretamente aos sentidos da visão, olfato e paladar, pois estamos falando de turbidez, cor, odor e sabor, por exemplo. Todavia, é importante destacar que “a turbidez não deve ser confundida com a cor das águas, que é a matéria dissolvida, logo uma amostra pode apresentar cor e não ter valores de turbidez” (Tonon *et al.*, 2013, p. 37).

Além dessas características podemos citar dureza, oxigênio dissolvido, salinidade e pH como características químicas a serem consideradas. Sobre o potencial hidrogeniônico, no Regulamento do Ministério da Saúde, de 7 de dezembro de 2017, sobre a qualidade da água destinada ao consumo humano, é especificado que a água potável deve ter um pH na faixa de 6,5 a 9,5. (Brasil, 2017, p. 6567).

Ante o exposto, os parâmetros da água, como pH, turbidez e cor, regulamentados por órgãos governamentais, desempenham um papel essencial na garantia da sua qualidade e segurança para consumo humano. No entanto, é igualmente importante considerar as características biológicas da água, tais como a presença de microrganismos patogênicos, que podem impactar diretamente nossa saúde. A contaminação microbiológica, por exemplo, pode resultar em doenças transmitidas pela água, representando um sério risco para a saúde pública.

Conforme descrito por Daniel *et al.* (2001), na Tabela 2, que apresenta os principais microrganismos relacionados às doenças de transmissão hídrica, fica evidente a urgência e importância do tratamento desse recurso.

Tabela 2 – Microrganismos e as principais doenças.

Organismos	Principais doenças	Quantidade excretada por indivíduo infectado/g de fezes	Máxima sobrevivência na água (dias)	Dose infectante*
Escherichia coli	Gastroenterite	108	90	102-109
Salmonella typhi	Fevre tifóide	106		
Vibrio cholerae	Cólera	106	30	108
Salmonella	Salmonelose	106	60-90	106-107
Cryptosporidium	Cryptosporidiose	102		1-130***
Entamoeba histolytica	Disenteria amebiana	107	25	10-100
Giardia lamblia	Giardiase	105	25	1-10
Adenovírus (31 tipos)	Doenças respiratórias	106	---	---
Enterovírus (71 tipos)	Gastroenterite, anomalias no coração, meningite etc.	107	90	1-72
Hepatite A	Hepatite infecciosa	106	5-27	1-10
Rotavírus	Gastroenterite	106	5-27	1-10
Áscaris lumbricoides**	Ascaridíase	10-104	365	2-5
Taenia solium	Cisticercose	103	270	1
Schistosoma mansoni	Esquistossomose	---	---	---

Fonte: Daniel *et al.* (2021).

* Dose infectante que provoca sintomas clínicos em 50 % dos indivíduos testados.

** Modo de infecção: ingestão de ovos infectados, em água ou solo contaminado por fezes humanas ou ingestão de produtos crus contaminados.

*** Variável com a idade e o estado de saúde do indivíduo.

Ademais, como afirma Libânio (2010, p. 15),

[...] a relação do ser humano com os corpos d'água data de tempos imemoriais. Estima-se que há 10000 anos, com a revolução da agricultura, o ser humano tenha começado a abandonar a caça como principal fonte de sustento e iniciaram-se as primeiras culturas e a criação dos rebanhos. Como consequência, renunciou-se progressivamente ao nomadismo, que caracterizava as primeiras comunidades, e a busca por fontes de abastecimento culminou com o estabelecimento dos primeiros povoados às margens dos cursos d'água, provavelmente na região da Mesopotâmia.

Diante do que foi visto sobre as propriedades da água e de sua importância vital para a humanidade, faz-se necessário conhecer suas conexões com questões

socioambientais, além das propriedades químicas, físicas e biológicas que ela apresenta.

Portanto, a abordagem CTS, ao considerar as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, dialoga com as propostas da BNCC, do DCRC e objetos de estudo dos livros didáticos, ao promover uma educação que desenvolve competências e habilidades necessárias para os desafios do mundo contemporâneo, incluindo a compreensão crítica e reflexiva da ciência e da tecnologia em seu contexto social.

Apesar dos benefícios mencionados acima, é importante reconhecer que nem todas as escolas têm vivenciado plenamente a abordagem CTS. Como afirmam Cavalcanti *et al.* (2018), hodiernamente, as mudanças sociais resultantes do avanço da ciência e da tecnologia, juntamente com seus efeitos, muitas vezes não são consideradas nos planos de ensino que não incorporam elementos relacionados a aspectos científicos, tecnológicos e sociais, o que pode resultar na redução do currículo da educação básica a uma abordagem fragmentada de conteúdo.

Após a análise dos três tópicos anteriores, faz-se iminente refletir acerca de indagações, tais como: (i) como podemos estruturar um percurso de aprendizagem que permita aos alunos explorar de forma significativa as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade? (ii) como estabelecer conexões entre diferentes disciplinas e promover uma compreensão aprofundada dos temas CTS? E, além disso, (iii) como engajar os estudantes em atividades práticas e reflexivas que estimulem a tomada de decisões informadas e a resolução de problemas complexos?

À primeira provocação, Amaral e Firme (2011), pontuam que é reconhecida a necessária integração dos conhecimentos científicos e tecnológicos com o cenário social, visando a formação de indivíduos aptos a analisar e avaliar as potencialidades, restrições e consequências do progresso científico e tecnológico. Acrescentam que

[...] os alunos precisam se apropriar do conhecimento químico para argumentarem de maneira crítica e reflexiva sobre inter-relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e a organização da sociedade, incluindo o ambiente onde ela se insere” (Amaral; Firme, 2011, p. 384).

À vista disso, acreditamos que ao promover essa integração entre conhecimento químico e reflexão crítica, estamos capacitando os alunos a se tornarem cidadãos conscientes e atuantes em uma sociedade cada vez mais complexa e tecnologicamente avançada. Além disso, ressaltamos a importância de

fomentar espaços de debate e reflexão na educação, onde os alunos possam não apenas adquirir conhecimento, mas também desenvolver habilidades de pensamento crítico e análise, preparando-os para os desafios e oportunidades do mundo contemporâneo.

Ademais, Romero e Diaz (2009), destacam características importantes em projetos com abordagem CTS. Primeiro lugar, eles devem apresentar fundamentos psicopedagógicos e didáticos. Em segundo lugar, carecem de uma orientação que dê relevância, em maior ou menor grau, às interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, bem como a tomada de decisão responsável sobre problemas e questões socio científicas e socio tecnológicas controversas, como, por exemplo, a privatização versus gestão pública dos recursos hídricos. Além disso, serem constituídos por um conjunto de materiais entre os quais são de grande importância as atividades de aprendizagem e avaliação. Por fim, seu desenvolvimento e experimentação precisa envolver a participação de um grande número de especialistas da educação, indústria e ciência.

Ainda que reconheçamos a importância da interdisciplinaridade e do envolvimento de profissionais diversos no desenvolvimento e experimentação de abordagens educacionais centradas em uma abordagem CTS, reconhecemos que é necessário um cuidado especial quanto à participação de profissionais que representam sua indústria. Enquanto a colaboração com especialistas da educação, ciência e outros campos é fundamental para enriquecer a abordagem CTS, a inclusão da indústria, por meio de seus profissionais, pode introduzir interesses comerciais que nem sempre estão alinhados com os objetivos educacionais.

Nesse sentido, defendemos que, quanto mais plural for o conjunto de especialistas envolvidos, mais rico será o conhecimento construído. Portanto, sugerimos que o desenvolvimento e a experimentação de abordagens CTS devem ser guiados por uma variedade de perspectivas e expertises, garantindo uma visão mais holística e crítica de suas interações. Acrescentamos àquelas características propostas pelos autores, a capacidade que essa abordagem apresenta de trabalhar o cotidiano do discente, o que, para nós, torna a aprendizagem mais significativa.

Corroboramos com Flor (2007, p.01) quando destaca que “o trabalho apenas com conceitos químicos não basta. O indivíduo precisa ter noção do poder de ação que a aquisição desses conhecimentos lhe possibilita”, haja vista que “não somos

sujeitos neutros, mas sim influenciados por nossas leituras de textos, do mundo e da vida”.

Torna-se evidente a necessidade de planejar abordagens pedagógicas que explorem, de forma significativa, as relações existentes entre Ciências, Tecnologias e Sociedade, o que colaborará para uma sociedade mais consciente e participativa.

À segunda indagação, Silva *et al.* (2013, p.126) reitera que é necessário “trabalhar de forma paralela ao aprendizado científico diminuindo a linearidade e fragmentação presentes no currículo e estimular a coletividade nas atividades escolares”. Se nos permitirmos ir além, século passado, essa ideia de unidade já era apontada por Japiassu (1976) quando afirmava que, na Antiguidade, existia uma ideia de saber unitário, ou seja, todos os conhecimentos, os quais definimos hoje como disciplinas, se relacionavam e explicavam o todo. Apesar de o conceito “interdisciplinar” ser algo vasto e complexo, deve-se entender, no primeiro momento, como uma aproximação entre disciplinas, algo que, acreditamos, fortalecer o processo de ensino.

Tal como indica Ferreira e Meirelles (2011 apud Dickman *et al.* 2014, p. 41),

[...] para exercer a interdisciplinaridade exigida no documento (CNE/CP2005) é necessário ter uma vivência considerável em ciências. Ser cientificamente culto envolve simultaneamente aprender ciências (conceitos), aprender sobre ciências (métodos, evolução, história da ciência, atitude de abertura e interesse por relações complexas entre ciências, tecnologia, sociedade e ambiente) e aprender a fazer ciência (pesquisa e resolução de problemas).

Somos conscientes que sair da “caixinha” de nossas disciplinas específicas não é um processo fácil, exige dedicação e dinamismo por parte do educador. Mas, como afirmam Dickman *et al.* (2014, p.41) “o mundo moderno necessita de profissionais dinâmicos, capazes de exercer ações integradoras, participando de equipes interdisciplinares”. Mas, também, reconhecemos que tal aproximação não será o suficiente para promover uma compreensão dos temas voltados à abordagem CTS, pois os recursos/materiais utilizados têm sua importância no processo. E isso se torna evidente quando Freitag (2017, p.20) nos sugere e faz refletirmos sobre os recursos utilizados quando alega que os “recursos adequados podem representar instrumentos facilitadores capazes de estimular e enriquecer a vivência diária não só dos educadores, mas também dos educandos”.

Concebemos a ideia de que a utilização dos materiais corretos potencializa o processo; porém, quando falamos em materiais, não nos referimos, apenas, a algo concreto, palpável como, por exemplo, reagentes químicos, equipamentos sofisticados e/ou laboratórios bem equipados. Muitos desses recursos podem advir de uma educação não formal, defendida por Ferreira (2015) quando considera que as oportunidades para aprendizagem em ciências atualmente oferecidas em museus, centros de ciências, mídia e iniciativas de divulgação científica desempenham um papel crucial na educação.

Conforme destacado por King e Glackin (2010), o local e o modo como aprendemos são fundamentais, ultrapassando a mera compreensão de conteúdo. Como ressaltado por Bell, Lewenstein, Shouse & Feder (2009), a aprendizagem em ciências não se limita ao ambiente escolar; os contextos não formais oferecem uma série de vantagens. Eles despertam o interesse e entusiasmo dos alunos, promovem a compreensão de conceitos científicos e facilitam sua memorização, além de proporcionar oportunidades práticas de manipulação, exploração e observação, tornando o mundo natural e físico mais compreensível.

Somos cientes de que a utilização de recursos adequados e o conhecimento considerável de Ciências fortalecerão as relações entre as disciplinas e sua relação com a sociedade a qual vivemos. Por pensar assim, é que nos preocupamos em promover aos alunos, por meio de nossa SD, oportunidades que transpassam os muros da escola.

À terceira, e última, indagação, Silva e Strieder (2014) pontuam que quando se propõe atividades que atendem as necessidades do aluno, considerando seu contexto social, aumenta o interesse dos alunos diante do que se propõe em sala, além de tornar-se um processo de ensino e aprendizagem, mais significativo e eficiente. Diante do exposto, percebemos o quanto uma abordagem CTS pode colaborar para a qualidade do ensino, uma vez que uma de suas características é, exatamente, trabalhar temáticas de total relevância para o aluno.

Farias *et al.* (2012, p. 64), enfatizam que uma abordagem CTS “incentiva os estudantes a questionar modelos e valores do desenvolvimento científico e tecnológico da nossa sociedade”. E que eles “são estimulados a perguntar, a querer saber e problematizar as complexas inter-relações CTS, por meio da discussão integrada de conhecimentos científicos e tecnológicos e temas considerados socialmente relevantes”. Apoiamos a visão dos autores, pois incentivar os alunos a

questionar e explorar essas relações é fundamental à formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de enfrentar os desafios contemporâneos de maneira informada e reflexiva.

Esses questionamentos comprovam a necessidade de uma metodologia cuidadosamente planejada como, por exemplo, uma SD capaz de oferecer uma abordagem integrada e envolvente, por meio da qual, os alunos assumam o papel de protagonistas em sua própria aprendizagem no contexto CTS. No próximo tópico, aprofundaremos essa discussão de como a abordagem CTS pode ser integrada a uma SD para enfrentar os desafios educacionais.

1.5 INTEGRANDO CTS E SEQUÊNCIA DIDÁTICA.

Torna-se necessário, diante das inquietações apresentadas, buscar meios para afrontar tal realidade, entre as quais, a SD, a qual é um exemplo de recurso que pode ser utilizado. Mas do que se trata essa metodologia? Um rascunho de uma lista com tarefas a serem executadas? Para Zabala (1998, p. 18), Sequências Didáticas são:

[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.

No escopo das SD os objetos de estudo abranger três dimensões: dimensão conceitual – o que se deve saber; dimensão procedimental – o que se deve saber fazer; dimensão atitudinal – como deve ser, fundamentais no processo de aprendizagem (Zabala, 1998). Essas dimensões mostram que o conhecimento curricular não se limita a fatos e conceitos, mas envolve também práticas e valores culturais essenciais para o desenvolvimento e socialização dos estudantes.

Ainda sobre SD, Batista (2016, p. 04) destaca que uma SD “consiste em propostas metodológicas para a organização e planejamento do ensino, com diferentes aspectos e ênfases”. O autor acrescenta, ainda, que

[...] uma sequência didática deve ser desenvolvida na perspectiva do ensino de conteúdos através de atividades sequenciadas, organizadas com objetivos bem definidos e esclarecidos para os professores e alunos, que contribuirão para a aprendizagem e construção do conhecimento e de novos saberes. Deve, também, servir para a reflexão sobre a prática docente através da observação do seu processo de desenvolvimento e interação entre todos os envolvidos (Ibidem, 2016, p. 4).

Assim, faz-se necessário conceber a ideia de que uma atividade, que envolve uma SD, não será suficiente como uma intervenção pedagógica se essas estratégias não forem colocadas de forma sequencial, contínua e significativa. Do contrário, essa atividade não consistirá em algo novo, nem contribuirá para um ensino mais efetivo por meio da abordagem CTS e, possivelmente, não será alternativa ao método tradicional de ensino em Química, haja vista que um bom planejamento é imprescindível para que a aprendizagem seja, de fato, relevante.

À luz desse prisma, quando se fala em Ensino de Química, vários desafios vêm à tona, tais como a forma descontextualizada e não interdisciplinar de lecionar, como vem sendo feito (Nunes; Ardoni, 2010); ênfase excessiva em memorização (Santos *et al.* 2015); ausência de correlação entre teoria e prática (Bueno *et al.* 2003), entre outros. Tudo isso faz que alguns autores vejam o Ensino de Química, na atualidade, como inútil (Chassot, 2004). Nesse interim, faz-se imprescindível refletir acerca de como uma SD pode potencializar a prática docente.

Dessa forma, para lidar com essa questão, é essencial estabelecer um planejamento cuidadoso de nossa SD, para que a potencialização desse aprendizado seja alcançada. Como sugere Strieder (2008), esse planejamento pode ser dividido em cinco momentos-chave: (i) definição do tema; (ii) delimitação dos objetivos; (iii) articulação temática; (iv) desenvolvimento em sala de aula; (v) socialização dos resultados. Cada um desses momentos desempenha um papel crucial na construção de uma abordagem educacional significativa e engajadora, que promova o interesse dos alunos e facilite sua participação ativa no processo de aprendizagem.

Embora o planejamento cuidadoso da SD seja fundamental para potencializar o aprendizado, é igualmente importante considerar sua validação para garantir que ela realmente auxilie na prática do professor. Para isso, é necessário levar em conta algumas características, conforme proposto por Zabala (1998). Em primeiro plano, a atividade precisa determinar quais os conhecimentos que os alunos já demonstram em relação ao conteúdo a ser apresentado. Além disso, o objeto de estudo abordado deve ser proposto de modo a ser significativo e funcional para os estudantes, isso estimula o interesse dos alunos e, conseqüentemente, torna o processo de aprendizagem mais efetivo.

Outro ponto salutar é garantir que a proposta da atividade seja adequada ao nível de desenvolvimento de cada aluno, pois se sabe que a aprendizagem ocorre em ritmos diferentes; e isso deve ser respeitado. Além do citado, a SD demanda que o

desafio proposto seja possível de ser alcançado pelos alunos, respeitando suas competências e que os façam prosseguir com ajuda e intervenção. Outrossim, a SD tem de possibilitar questionamentos e promover a atividade mental do aluno. Por último, precisa estimular a autoestima e o autoconceito, na medida em que o aluno perceba que seu esforço foi recompensado, além de possibilitar que o discente adquira habilidades, levando-o a ser mais autônomo em sua aprendizagem.

Apesar dos desafios, alguns docentes acreditam na potencialidade de trabalhos envolvendo esse recurso para o fortalecimento do Ensino de Química. Alguns desses trabalhos estão em Leite *et al.* (2020), que propuseram o uso de Sequências Didáticas em uma turma de 1º ano do EM, como uma proposta para o estudo dos átomos; Alves *et al.* (2018), que utilizaram desse recurso em uma turma de 2º ano do EM, como abordagem do tema lixo eletrônico no Ensino de Química.

Além disso, Costa e Santos (2015) também realizaram um estudo usando SD para trabalharem a temática água, promovendo um aprendizado mais crítico e consciente sobre a temática água, de forma mais abrangente, diferenciando do nosso quando buscamos um olhar mais aprofundando sobre água para consumo humano; Passos Sá e Garriz (2014), com a análise de uma SD sobre ligações químicas, produzida por estudantes de Química brasileiros em Formação Inicial; Pereira e Pires (2012), que apresentam uma proposta teórica-experimental de SD sobre interações intermoleculares no Ensino de Química, utilizando variações de teste de adulteração da gasolina e corantes de urucum; neste, vale destacar a possibilidade de inserção e a importância de um caráter investigativo em uma SD, pois, de acordo com os referidos autores, “o professor é um pesquisador em potencial e as situações vivenciadas diariamente, geram problemas de pesquisa que podem ser investigadas e proposto soluções” (Pereira; Pires, 2012, p. 408).

Nesse contexto, a presente dissertação busca contribuir com o Ensino de Química, ao oferecer uma abordagem que vai além dos aspectos puramente científicos. Ao adotar a perspectiva da abordagem CTS, o objetivo é enriquecer a compreensão dos estudantes não apenas sobre os processos químicos envolvidos na purificação e tratamento da água, mas também sobre os diversos aspectos sociais e tecnológicos relacionados a essa temática crucial à vida, além dos processos físicos e biológicos relacionados.

Ao explorar a água para consumo humano sob essa perspectiva CTS, os estudantes são incentivados a refletir sobre questões como equidade no acesso à

água, impactos ambientais da exploração e distribuição desigual dos recursos hídricos. Além disso, são convidados a examinar criticamente as tecnologias disponíveis para tratamento de água, considerando não apenas sua eficácia, mas também seus custos socioeconômicos e ambientais.

Justificando a ideia de equidade no acesso à água e sua relação com a nossa saúde, a World Health Organization (2008) afirma que a água é um recurso essencial para a vida humana, sendo o recurso mais fundamental e mais necessário para a sobrevivência e bem-estar das pessoas em todo o mundo. A esse respeito, o Ministério da Saúde do Brasil acrescenta que "a água para consumo humano deve ser potável, ou seja, deve atender ao padrão de potabilidade estabelecido em norma pelo Ministério da Saúde, e não oferecer riscos à saúde" (Brasil, 2018, p.10).

Portanto, acreditamos que, através desse trabalho, assim como afirmam Santos e Costa (2015), será possível evidenciar o progresso dos estudantes que se engajam na análise de questões sociais enquanto adquirem conhecimento em química e o aplicam em situações cotidianas, tornando-se parte ativa na melhoria da sociedade local.

2 METODOLOGIA

Nesta seção, abordar-se-ão os aspectos relativos aos métodos utilizados na elaboração desta dissertação. Inicialmente, delinea-se a abordagem metodológica empregada na investigação, seguida pela caracterização dos participantes em todas as fases da proposta didática. Além disso, também serão discutidos os instrumentos utilizados para coletar dados, bem como os processos de suas análises. Ademais, serão detalhadas as etapas da proposta didática em questão, cujos aspectos desempenharam um papel fundamental na estruturação e na condução da pesquisa, os quais serão descritos nas próximas linhas.

2.1 NATUREZA DA PESQUISA

A presente pesquisa está estruturada a partir de uma investigação de natureza qualitativa, a qual segundo Flick (2009), apresenta aspectos indispensáveis, tais como apropriabilidade de métodos e teorias, perspectivas dos participantes e sua diversidade, reflexibilidade do pesquisador e da pesquisa, e variedade de abordagens e métodos na pesquisa qualitativa. Não se trata de conceber que a pesquisa com uma abordagem quantitativa não ofereça meios para uma educação transformadora, mas de afirmar que quando se aplicam técnicas com enfoque qualitativo, abre-se um leque de oportunidades que, quando bem planejadas e executadas, colaboram para uma leitura mais completa da realidade.

Essa metodologia qualitativa apresenta várias possibilidades e diferentes abordagens como, por exemplo, estudo de casos, pesquisa narrativa, pesquisa etnográfica, pesquisa documental e pesquisa de natureza interventiva, sendo esta a abordagem escolhida à realização desse trabalho. Essa abordagem de pesquisa, como afirma Pereira (2022), gera um volume significativo de informações, o que demanda um nível mais elevado de vigilância teórica e metodológica por parte do pesquisador, ao lidar com os dados coletados.

Além disso, Gatti (2012, p. 30) destaca que a pesquisa interventiva é um “processo de abordagem e compreensão da realidade, ao contexto teórico-interpretativo, portanto, as formas de pensar, de refletir sobre os elementos a reunir ou já reunidos para responder ao problema da pesquisa”. De modo mais específico, trata-se de uma pesquisa interventiva na modalidade de aplicação, já que visamos

não apenas à observação e à análise de um fenômeno, mas intervir para proporcionar mudanças ou avaliar os impactos específicos relacionados à água para o consumo humano.

Esse tipo de pesquisa, como destacam Teixeira e Megid Neto (2017, p. 1069), propõe o “planejamento, a aplicação (execução) e a análise de dados sobre o processo desenvolvido, em geral, tentando delimitar limites e possibilidades daquilo que é testado ou desenvolvido na intervenção”. Os mesmos autores apontam que os objetivos desse tipo de pesquisa:

[...] não estão necessariamente voltados para a transformação de uma realidade, mas sim, amiúde, dar contribuições para a geração de conhecimentos e práticas, envolvendo tanto a formação de professores, quanto questões mais diretamente relacionadas aos processos de ensino e aprendizagem, como a testagem de princípios pedagógicos e curriculares (interdisciplinaridade, contextualização, transversalidade, avaliação etc.) e recursos didáticos. (Ibidem, p. 1069)

Essa perspectiva ressalta que muitas pesquisas educacionais têm como foco contribuir à construção do conhecimento e de práticas no campo da educação, sem, necessariamente, almejar à transformação da realidade. No entanto, uma prática, que pressupõe momentos de encontros com partilha e diálogos entre os agentes envolvidos, pode promover efetivamente a interação e transformação do contexto em que estão inseridos, o que pode ser alcançado através de aulas de campo, como visita a um parque, museu, indústria, passeio a uma reserva natural, ou ETAs, por exemplo, que foi local para a realização desta pesquisa, uma oportunidade de discorrer sobre o meio ambiente e questões relacionadas à Ciência, Tecnologia e Sociedade. Essa prática foi direcionada por uma SD, visto que esse método, além de melhorar o processo de ensino e aprendizagem, promove maior interação entre professor e aluno, e deste com os demais colegas de sala.

Exploramos, até o momento, a natureza de nosso trabalho, o qual, segundo Hugon e Seibel (1988), apud Barbier (2007, p. 17), se trata de uma metodologia com pesquisas “nas quais há uma ação deliberada de transformação da realidade”; e, ainda, “possuem um duplo objetivo: transformar a realidade e produzir conhecimentos relativos a essas transformações”. Uma proposta que vai ao encontro dessa pesquisa, já que se busca um entendimento sobre a utilização de água envasada para consumo humano (o que onera a situação econômica das famílias, mesmo recebendo água tratada da CAGECE) ao mesmo tempo que buscamos produzir conhecimentos

integrados com foco na relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, por meio de uma SD.

2.2 CONTEXTO E SUJEITOS DA PESQUISA

Antes de entrar em detalhes adicionais sobre as metodologias aplicadas nesta SD, é necessário que apresentemos os sujeitos envolvidos na pesquisa. A instituição de ensino pública estadual selecionada para a execução da pesquisa está localizada a cerca de 300 quilômetros de Fortaleza, capital do estado. Por se tratar de uma escola de tempo integral, e com formação profissional, ela recebe alunos de municípios vizinhos e do interior da própria cidade. São, em média, 514 alunos distribuídos em 12 turmas, nos cursos: Técnico em Enfermagem; Técnico em Massoterapia; Técnico em Contabilidade; Técnico em Redes e Técnico em Informática.

O motivo para tal escolha resultou do fato de ser uma escola em que atuo como professor, fazendo que a comunicação entre os agentes fosse facilitada, além de ser uma escola que apresenta espaços/estrutura adequados, como laboratórios de Química, Física, Biologia, Robótica, Informática, Matemática, Letras e laboratórios específicos da parte técnica que ajudarão na condução desse trabalho. Dispõe, também, de um centro de multimeios o qual é equipado com livros didáticos, paradidáticos, computadores, um espaço para realização de pesquisas; além de outros espaços como salas de aula climatizadas, auditório, que também colaboraram à aprendizagem dos discentes.

O público-alvo escolhido para a realização desta pesquisa foi uma turma de 2ª série do Ensino Médio, formada por 45 alunos, os quais são identificados por combinações de letras e números como, por exemplo, ALUN01, ALUN02..., a fim de manter o anonimato ao longo da pesquisa. A escolha dessa turma levou em consideração o curso de enfermagem, já que a qualidade da água está diretamente ligada à nossa saúde; ao mesmo tempo que trata de uma turma cuja matriz curricular contempla o tema “água potável: parâmetros físico-químicos e métodos de obtenção”, como objeto de estudo presente no livro didático adotado.

O mesmo parâmetro foi proposto aos quatro professores colaboradores: um professor de Biologia, um de Física, outro de Química e um da base técnica do curso de Enfermagem, os quais foram identificados por PROF1, PROF2, PROF3 e PROF4,

professores que aceitaram o convite para participarem dessa pesquisa, relacionando os conhecimentos científicos de suas respectivas disciplinas aos aspectos tecnológicos e sociais relacionados. No caso do professor da base técnica, disciplinas como Saúde da Criança (abordando a hidratação) e Cuidados Clínicos (focando em doenças renais) foram fundamentais para enriquecer a discussão sobre a água para consumo humano. Ao mesmo tempo, buscava-se analisar os impactos de uma SD como método de ensino no Ensino Médio.

É importante destacar que, para identificação da situação social à qual a escola está inserida e ao entendimento prévio sobre o tratamento e disposição da água para consumo, optamos por substituir o método de amostragem por um censo, já que aplicamos um questionário, APÊNDICE A, a 99,02% dos alunos da escola. Porém, como o objetivo de nossa pesquisa consistiu em analisar as possíveis contribuições de uma SD baseada na abordagem CTS na temática água, esse universo se reduziu aos 45 alunos da turma que é alvo desse trabalho, assim como aos professores que participaram ativamente dessa proposta.

Vale ressaltar que essa pesquisa considerou os processos de construção dos dados, que serão detalhados nos tópicos a seguir. Além disso, em termos de ética, a pesquisa foi orientada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, com o CAAE 76536123.7.0000.9547 e parecer nº 6.691.578.

Para garantir a integridade e o respeito pelos direitos dos participantes, seguimos os procedimentos estabelecidos em documentos como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), APÊNDICE B, bem como o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), APÊNDICE C, aplicado aos responsáveis legais de menores de 18 anos, cumprindo, assim, com as normas éticas e legais necessárias à condução responsável deste estudo.

2.3 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE DADOS

No processo de construção de dados de uma pesquisa, existem diversos aspectos importantes a serem considerados para garantir a qualidade, a confiabilidade e a relevância dos dados coletados. Tal como pontua Gamboa (2003, p.404),

as pesquisas de boa qualidade têm em comum a abordagem dos problemas prementes da realidade, a clareza na formação das perguntas e o rigor na construção das respostas que permitem a elaboração de um diagnóstico exaustivo sobre a realidade.

Ao aplicar esses princípios, além da ética na coleta de dados – comentada no tópico supracitado, nossa pesquisa pôde conduzir uma SD envolvente e eficaz sobre a relação entre água, Ciência, Tecnologia e Sociedade, contribuindo para uma compreensão dessas questões complexas. A seguir, serão minuciosamente delineadas as etapas essenciais da proposição, aplicação e validação de nossa SD no contexto educacional.

2.3.1 Proposição da Sequência Didática

A base da SD proposta foi sustentada por três pilares: Investigação, interações discursivas e divulgação de ideias (Sasseron, 2013), promovendo uma abordagem de ensino que enfatizou a construção ativa do conhecimento, o engajamento dos estudantes em discussões significativas e a comunicação eficaz das aprendizagens alcançadas, de fundamental importância para criar um ambiente de aprendizado interativo e participativo. Além dos três eixos estruturantes que baseiam a referida proposta, levaram-se em consideração os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (Zabala, Op. Cit.), pois acreditamos que a combinação desses diferentes tipos de conteúdo pode enriquecer a experiência de aprendizado dos estudantes, proporcionando-lhes não apenas conhecimento teórico, mas também habilidades práticas e atitudes positivas em relação ao aprendizado e à vida em sociedade.

Para atingir os objetivos propostos por essa SD, nosso trabalho adotou uma série de estratégias, a qual incluiu a criação de questionários, que foram aplicados antes e após as intervenções, permitindo-nos realizar comparações significativas quanto à aprendizagem. Para enriquecer ainda mais a experiência do aprendizado, realizamos experimentos práticos em laboratórios, visita à Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), elaboração de mapas conceituais, entre outras estratégias. Também estivemos comprometidos em criar materiais de divulgação que apresentassem os resultados de forma acessível e compreensível. Vale ressaltar que todos esses passos foram elaborados em estreita colaboração com os professores das disciplinas da área de Ciências da Natureza (Química, Física e Biologia).

2.3.2 Processo de Aplicação da Sequência Didática

A SD foi aplicada em 6 (seis) encontros consecutivos, no horário das aulas das disciplinas de Química, Física e Biologia, totalizando 10 (dez) horas/aula.

No *primeiro encontro*, os alunos envolvidos responderam a um questionário, APÊNDICE D, no google forms, disponível no link https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfLMytGvevIHT9_CGPMRvDBgQQDWsaVStzexOWnW3nPKZThw/viewform.

Entendemos que a aplicação de um questionário diagnóstico antes do início das intervenções e de um questionário pós-intervenções é de fundamental importância em pesquisas e estudos que envolvem processos de intervenção. No primeiro, foi possível avaliar os conhecimentos prévios sobre água para consumo humano, tema abordado em nossa pesquisa. Nessa etapa, indagou-se sobre as formas de captação e características científicas da água, o que nos remete aos conteúdos conceituais, propostos por Zabala (Op. cit.), os aspectos tecnológicos e sua relação com o meio social, promovendo uma relação entre os conceitos procedimentais e atitudinais, propostos pelo mesmo autor.

Além de avaliar a situação inicial dos participantes, este questionário possibilitou a adaptação de intervenções que colaboraram para o êxito dessa pesquisa. Quanto ao questionário pós-intervenções, APÊNDICE E, permitiu-se uma mensuração acerca do quanto os participantes progrediram, quais aprendizados foram construídos, e, ainda, o ajuste de intervenções em abordagens similares.

Ainda, *no primeiro momento*, houve a explanação de objetos de estudo relacionados aos aspectos científicos, tecnológicos e sociais da água destinada ao consumo humano, atividade que foi conduzida na sala de aula. Utilizamos recursos visuais, como slides e vídeos curtos, para apresentar o conteúdo, pois abordar o ambiente da sala de aula contemporânea sem fazer referência à integração de recursos digitais é reconhecer lacunas no processo educativo, haja vista que nos encontramos em um mundo cada vez mais interconectado, o que demanda a adoção de abordagens educacionais inovadoras, tanto no ensino quanto na aprendizagem (Aureliano; Queiroz, 2023)

À luz do que foi mencionado, fizemos uso, além do google forms, da ferramenta Padlet, plataforma de colaboração online que permitiu uma avaliação acerca das contribuições dos alunos, através de murais digitais interativos, a qual foi utilizada para

registros dos alunos sobre a apresentação dos aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano.

No *segundo encontro*, os alunos participaram de uma visita à CAGECE, estação de tratamento de água no município de Bela Cruz, no Ceará. Nessa visita os estudantes tiveram a oportunidade de explorar o ciclo da água, compreender os processos de tratamento e distribuição, além de conhecer os desafios e soluções relacionados ao abastecimento de água em sua comunidade, com o intuito de fortalecer a compreensão prática dos processos de tratamento da água, assim como suas relações com a abordagem CTS. Durante essa visita, os alunos puderam esclarecer suas dúvidas sobre os processos de tratamento da água e entender como são realizadas as análises que asseguram sua qualidade para consumo humano.

Além disso, a visita também foi um momento propício para abordar outras perguntas que tenham surgido durante a explanação, primeiro encontro, dos aspectos CTS relacionados à água. Concordamos com Viveiro e Diniz (2009) quando destacam a importância dessas atividades para os estudantes, visto que um contato direto com um contexto específico possibilita um maior envolvimento e interação com situações reais.

No *terceiro encontro*, os alunos tiveram a oportunidade de realizar uma aula prática no laboratório da escola, com a presença de um professor do Instituto Federal do Ceará – IFCE. Além de contribuir com seu conhecimento especializado, o professor do IFCE trouxe materiais e equipamentos que a escola não dispunha, possibilitando a realização dos exames necessários para a análise biológica, física e química da água. Isso proporcionou uma experiência prática e enriquecedora sobre esse recurso fundamental à vida.

No *quarto encontro*, os alunos trabalharam, em duplas ou trios, na elaboração de mapas conceituais com o tema "Água para Consumo Humano". É importante ressaltar que a criação desses mapas foi orientada de modo a garantir que as informações utilizadas pelos alunos abrangessem os conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais relacionados ao tema. Esse exercício colaborativo permitiu aos estudantes integrar e aplicar, de forma prática, os conhecimentos adquiridos ao longo dos encontros.

No *quinto encontro*, acreditando na crença de que trabalhos desse tipo devem ser compartilhados e que eles visam à estimulação do "conhecimento", da "comunicação", da "argumentação" e do desenvolvimento do "pensamento científico,

crítico e criativo”, preconizados na BNCC, os alunos tiveram a oportunidade de apresentar suas descobertas e experiências por meio de *banners* informativos, à comunidade escolar. Esses *banners* explicitavam informações detalhadas sobre os temas abordados nos encontros anteriores, com foco na água para consumo humano, sua qualidade, as análises químicas, físicas e biológicas realizadas, bem como sua interligação com os aspectos tecnológicos e sociais.

No *sexto e último encontro*, os alunos foram submetidos a um questionário com perguntas semelhantes às utilizadas no primeiro, com o propósito de comparar os resultados obtidos ao longo do programa. Isso nos permitiu avaliar o progresso e o conhecimento adquirido pelos estudantes durante a aplicação da SD, fornecendo percepções valiosas sobre o impacto da aprendizagem e possíveis áreas de melhoria no processo de ensino-aprendizagem.

No Quadro 2, detalhamos, de maneira mais clara, as atividades, os objetivos de cada encontro, esclarecendo as formas de registro para a coleta de dados e indicando o tempo estimado e dedicado a cada um deles. Isso proporcionou uma visão mais precisa e organizada do programa, permitindo que os participantes compreendessem melhor cada etapa desenvolvida em nossa SD.

Quadro 2 – Resumo das etapas da Sequência Didática.

(continua)

ENCONTROS	ATIVIDADE	OBJETIVO	REGISTRO	TEMPO
Primeiro	Aplicação de questionário diagnóstico	Avaliar o nível de conhecimento prévio e percepções iniciais dos alunos; e identificar a forma de captação da água para consumo humano	Respostas do questionário	50 min
	Aula expositiva sobre o estudo dos aspectos científicos, tecnológicos e sociais da água para consumo humano	Promover o entendimento abrangente dos alunos sobre os aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano, visando fornecer uma visão integrada dos processos de tratamento, distribuição e impactos ambientais, bem como a conscientização sobre a importância da gestão sustentável dos recursos hídricos para a saúde e o bem-estar da sociedade.	Parecer dos alunos sobre aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano, por meio de mensagens na ferramenta digital PADLET	50 min

Quadro 2 – Resumo das etapas da Sequência Didática.

(continuação)

Segundo	Visitação à ETA – Estação de Tratamento da Água (CAGECE) com os alunos e professores envolvidos	Proporcionar aos alunos e professores envolvidos uma experiência imersiva na Estação de Tratamento de Água (ETA) com o intuito de fortalecer a compreensão prática dos processos de tratamento da água, assim como suas relações com as disciplinas da área de Ciências da Natureza e abordagem CTS	Relatório, por equipes, da aula de campo	100 min
Terceiro	Realização de experimentos para análises químicas, físicas e biológicas da água	Aprofundar a compreensão sobre os diferentes parâmetros de qualidade da água, promovendo a aplicação de métodos científicos na avaliação da potabilidade e na identificação de potenciais contaminações, contribuindo para a formação de uma visão crítica e responsável em relação ao uso e preservação dos recursos hídricos.	Relatório por equipes	100 min
Quarto	Elaboração de Mapas Conceituais	Fomentar a capacidade de síntese, organização e retenção de informações dos alunos por meio da elaboração de mapas conceituais, visando facilitar a compreensão de conceitos complexos e a interconexão de ideias, resultando em uma aprendizagem mais significativa e duradoura.	Mapas Conceituais	50 min
Quinto	Apresentação de <i>banners</i> para a comunidade escolar	Incentivar a pesquisa, a criatividade e a comunicação dos alunos através da apresentação de <i>banners</i> para a comunidade escolar, com o propósito de promover o trabalho colaborativo e proporcionar uma oportunidade de compartilhar conhecimentos de maneira acessível e envolvente com colegas e membros da comunidade escolar.	Fichas de avaliação com participação de avaliadores externos	100 min

Quadro 2 – Resumo das etapas da Sequência Didática.

				(conclusão)
Sexto	Reaplicação de um questionário	Avaliar mudanças, tendências ou evoluções nas respostas dos participantes ao longo do tempo, permitindo uma análise comparativa que ajude a identificar possíveis transformações, verificar a eficácia de intervenções ou medidas adotadas e obter insights para melhorias futuras	Respostas do questionário	50 min

Fonte: Elaboração própria (2023).

Essas ações serão descritas em um manual, APÊNDICE F, para professores que queiram, respeitando cada realidade, colocá-lo em prática, em suas escolas. Acreditamos que o compartilhamento de experiências entre professores desempenha um papel fundamental no aprimoramento do ensino e na promoção da qualidade educacional. Esse manual servirá como um valioso objeto educacional, não apenas documentando as práticas que desenvolvemos, mas também compartilhando percepções, métodos e recursos que podem beneficiar outros profissionais da educação.

2.3.3 Validação da Sequência didática

A validação desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de uma SD, sendo essencial para assegurar sua eficácia e relevância pedagógica no contexto educacional. Esse processo permite uma análise criteriosa que ajuda a identificar se os objetivos educacionais propostos foram atingidos, bem como se os conteúdos abordados foram devidamente compreendidos pelos alunos. Além disso, a validação possibilita avaliar a adequação das estratégias de ensino aplicadas, verificando se foram eficazes em promover o aprendizado. Através dela, é possível ajustar e aperfeiçoar a SD para melhor atender às necessidades dos alunos, contribuindo para um ensino mais significativo e contextualizado.

Ante o exposto, a validação da nossa SD deu-se por meio de um processo alinhado aos conteúdos propostos por Zabala (Op. Cit.), como podemos observar no Quadro 3; aos pilares destacados por Sasseron (2013), quando se refere à investigação, discussão e divulgação de ideias pertinentes às ações desenvolvidas; e à colaboração dos educadores envolvidos nesse trabalho.

Quadro 3 – Relação entre SD e os conteúdos de Zabala.

ATIVIDADE	CONTEÚDOS ZABALA		
	CONCEITUAIS	PROCEDIMENTAIS	ATITUDINAIS
Questionário diagnóstico	X		
Aula expositiva sobre CTS e água para consumo humano	X		
Visitação à CAGECE	X	X	
Análises químicas, físicas e biológicas da água	X	X	X
Mapas Conceituais	X		X
Apresentação de <i>banners</i>	X	X	X
Reaplicação do questionário	X		

Fonte: Elaboração própria (2024).

Como podemos observar, no Quadro 3, utilizamos uma variedade de estratégias de avaliação para garantir a eficácia do nosso trabalho. Cada uma dessas estratégias apresentou características singulares e colaborou para a validação dessa SD.

Como primeira intervenção didática, a aplicação dos questionários, antes e após as intervenções, permitiu-nos uma melhor avaliação acerca do impacto das atividades na compreensão e no desenvolvimento dos estudantes; em seguida, as respostas coletadas em murais digitais, como a ferramenta *padlet*, tornaram mais dinâmicos e visíveis os aspectos de validação da SD; em continuidade, os experimentos práticos em laboratórios serviram como indicadores de aprendizado e de apropriação de habilidades, os quais se fizeram evidentes ao se analisar os relatórios produzidos; na sequência, a produção e a apresentação dos trabalhos em *banners*, com os conhecimentos construídos ao longo dos encontros da SD; por último, o *feedback* e a colaboração contínua com os professores das disciplinas envolvidas também desempenharam um papel essencial na validação, garantindo que a SD atendesse às necessidades educacionais de forma eficaz e que fosse adaptável conforme necessário.

2.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

No contexto atual, a análise de dados se faz indispensável à compreensão aprofundada de fenômenos complexos e à tomada de decisões, fazendo-se uso de números e dados estatísticos, quando se busca uma análise por quantidade; ou em

nuances, perspectivas e experiências dos participantes, quando se busca uma natureza mais descritiva.

Considerando o apresentado, empregamos, nesse estudo, uma variedade de métodos para a coleta de dados, incluindo questionários, relatório de aulas práticas, mapas conceituais e outros recursos apresentados na SD, conforme discutido no tópico anterior, os quais serão melhor detalhados nos parágrafos a seguir, permitindo uma exploração mais profunda dos dados coletados e suas interpretações.

2.4.1 Aplicação de questionários

A análise de dados, por meio de um questionário, desempenhou um importante papel na obtenção de informações valiosas a partir das respostas coletadas. O questionário em apreço, constituído por 16 perguntas subjetivas, já que elas desempenham um papel importante em pesquisas, permitiu que os participantes expressassem suas experiências, opiniões e percepções pessoais, o que nos exigiu uma abordagem diferente para avaliação.

Para lidar com as 12 perguntas do formulário prognóstico, por exemplo, implementamos um sistema que inclui três categorias principais de respostas: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Pouco Satisfatória (RPS) e Resposta Insatisfatória (RI), conforme proposto por Simões Neto *et al.* (2016). Esse enfoque nos permitiu organizar e classificar as respostas subjetivas de acordo com categorias predefinidas, tornando-as mais tangíveis e comparáveis. Dessa forma, pudemos extrair informações significativas mesmo de dados subjetivos, facilitando a análise e interpretação dessas respostas.

2.4.2 Ferramentas Digitais

Além de serem interativas e integradas à rotina dos alunos, as ferramentas digitais também desempenharam um papel essencial na coleta de dados automatizada. Um exemplo disso pode ser visto na plataforma *Padlet*, utilizada, já no primeiro momento de nossa SD, como um mural onde os alunos compartilharam suas percepções sobre aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano.

Para uma análise mais detalhada, adotamos critérios qualitativos que avaliaram a relevância e profundidade do conteúdo, a originalidade e criatividade, a clareza e coerência, o nível de engajamento e participação, além do uso de evidências e

referências. As contribuições dos alunos foram avaliadas quanto ao seu entendimento dos aspectos científicos, tecnológicos e sociais da água para consumo humano; a capacidade de apresentar ideias inovadoras; a organização e clareza das suas reflexões; o nível de engajamento com o tema e com os colegas; e o suporte de suas argumentações com evidências confiáveis. Esses critérios nos permitiram obter uma visão abrangente e detalhada das percepções e conhecimentos dos alunos sobre o tema.

2.4.3 Produção de relatórios

Os encontros dois e três de nossa SD correspondem, respectivamente, a uma visita à CAGECE, Estação de Tratamento de Água de Bela Cruz/CE, e uma aula de laboratório realizada em parceria com professores do Instituto Federal do Ceará – IFCE, de Acaraú – CE. Essas etapas exigiram, dos alunos, a produção de relatórios, os quais foram utilizados na construção dos dados do referido trabalho.

Para a análise dos relatórios produzidos pelos alunos durante os encontros, foram adotados critérios que refletiram tanto a compreensão conceitual quanto a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, com uma abordagem predominantemente qualitativa. No caso da visita à CAGECE, o foco esteve na capacidade dos alunos de observar e registrar de forma crítica os processos de tratamento de água, avaliando a clareza, a coerência e a profundidade das descrições.

Foram considerados aspectos como a identificação correta das etapas do tratamento, a relação dessas etapas com a qualidade da água, e a percepção dos impactos sociais e ambientais.

No segundo relatório, referente à aula de laboratório, além dos registros descritivos, foram avaliados os cálculos apresentados pelos alunos, que deveriam responder a perguntas direcionadas. A análise qualitativa incluiu a precisão dos cálculos, a adequação das respostas às perguntas propostas e a capacidade de relacionar os resultados obtidos com os conceitos discutidos durante a aula. A combinação dessas avaliações permitiu uma compreensão holística do aprendizado dos alunos, integrando observações qualitativas e quantitativas.

Entendemos que esses relatórios desempenham um papel significativo à análise de dados e, conseqüentemente, à validação de nossa SD. Esse registro forneceu informações valiosas e contribuíram para uma compreensão mais rica e aprofundada dos dados coletados.

2.4.4 Mapas Conceituais

O mapa conceitual é uma ferramenta pedagógica baseada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003). Ele sugere que o ser humano organiza o conhecimento por meio da hierarquização de conceitos, e que a aprendizagem ocorre quando novos conhecimentos se conectam aos já existentes, permitindo a construção de relações e modificações nas ideias previamente estabelecidas. Apesar da coleta de dados ser interpretativa e requerer um olhar sensível para os detalhes, essa ferramenta foi utilizada como uma etapa de nossa SD e colaborou com a nossa pesquisa por meio da análise das percepções e entendimentos dos alunos sobre as vivências nas etapas anteriores. Esse recurso mostrou a capacidade do cérebro humano de associar ideias e informações visualmente, tornando a aprendizagem e a organização de informações mais eficazes e envolventes.

Os dados advindos dessa etapa, quarto encontro da nossa SD, foram analisados a partir das seguintes categorias, a saber: (i) momento em que alunos só usam os conceitos científicos; (ii) momento em que alunos associam conceitos científicos com questões sociais e/ou tecnológicas; (iii) momento em que alunos só usam questões sociais (Diniz Júnior; Silva, 2014). As categorias que norteiam nossa pesquisa estão devidamente definidas no Quadro 4 apresentado abaixo:

Quadro 4 – Descrição das categorias utilizadas para a coleta de dados.

CATEGORIAS	DEFINIÇÃO
A. Momento em que alunos só usam os conceitos científicos	Esta categoria refere-se ao momento em que os alunos utilizarão exclusivamente conhecimentos científicos em suas respostas ou discussões.
B. Momento em que alunos associam conceitos científicos com questões sociais e/ou tecnológicas	Nesta categoria, observaremos quando os alunos associarão os conceitos científicos discutidos com questões sociais e/ou tecnológicas, reconhecendo a interconexão entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.
C. Momento em que alunos só usam questões sociais	Aqui, focaremos nas instâncias em que os alunos se concentram exclusivamente em questões sociais, sem necessariamente incorporar conhecimentos científicos em suas análises.

Fonte: Diniz Júnior e Silva (2014)

2.4.5 Confecção e apresentação de *banners*

A apresentação de *banner* em uma pesquisa qualitativa, embora seja mais frequente a apresentações visuais, como feiras científicas, pôde desempenhar um papel significativo no processo de coleta e análise de dados. Ante o exposto, os dados coletados no quinto encontro foram analisados por meio da confecção e apresentação

de *banners*, por equipes, com informações adquiridas no decorrer das atividades anteriormente propostas.

A avaliação da apresentação foi baseada em quatro critérios principais. O primeiro critério, clareza na apresentação, considerou a capacidade do apresentador de comunicar as informações de forma acessível e compreensível, utilizando uma linguagem adequada ao público-alvo. O segundo critério, domínio do assunto, avaliou o conhecimento e a profundidade com que o apresentador abordou o tema, demonstrando segurança ao discutir conceitos e responder a perguntas. O terceiro critério, organização visual do banner, levou em conta a disposição dos elementos visuais, como títulos, textos e imagens, de forma a facilitar a leitura e o entendimento das informações. Por fim, o quarto critério, respostas adequadas às perguntas dos avaliadores, analisou a precisão, relevância e fundamentação das respostas fornecidas, verificando se o apresentador conseguiu esclarecer dúvidas e aprofundar discussões de maneira eficiente.

Além de ter colaborado com dados para a nossa pesquisa, assim como na aprendizagem, esse recurso foi ao encontro do que se propõe na BNCC, visto que esse documento elenca habilidades como conhecimento, pensamento científico, crítico e criativo, comunicação e argumentação.

2.4.6 Debates (*Feedbacks*)

A realização de debates fez parte dos recursos que utilizamos na construção e análise dos dados para essa pesquisa. Acreditamos que *feedbacks* são importantes para uma pesquisa qualitativa, uma vez que se trata de uma atividade que estimula o pensamento crítico, explora várias perspectivas, desenvolve habilidades de comunicação e promove uma participação ativa. A coleta de dados nesse método aconteceu por meio de observação direta, sobre o comportamento, as falas e os argumentos dos participantes.

Para a análise dos dados coletados, utilizamos técnicas de codificação e categorização, permitindo identificar padrões e temas recorrentes nos argumentos apresentados. Essa abordagem possibilitou a compreensão das diferentes perspectivas dos participantes, bem como a identificação de consensos e divergências. Além disso, a análise foi aprofundada por meio da triangulação de dados, onde as informações coletadas nos debates foram comparadas com outras

fontes de dados, enriquecendo a interpretação dos resultados e garantindo maior validade às conclusões da pesquisa.

Além desses recursos, fizemos uso de um diário de bordo, instrumento no qual registramos, por escrito, as atividades, eventos, observações, reflexões e descobertas durante a aplicação dos encontros de nossa SD. Esse diário de bordo me permitiu, na qualidade de pesquisador principal, uma autoavaliação como professor ante a abordagem CTS, permitindo-me refletir sobre as etapas bem-sucedidas, assim como as que requerem reestruturação.

Outro destaque dessa ferramenta é que ela ajudou na reconstituição precisa dos eventos, o que ajudou bastante na construção dos resultados dessa pesquisa, evitando esquecimentos sobre o que foi observado em campo, pois, acreditando na compreensão profunda do assunto, na importância das observações diretas e na coleta de dados autênticos, este trabalho foi aplicado no próprio local, caracterizando uma pesquisa em *locus*, e que comunga com a ideia de Zabala (1998), haja vista que ele aborda conceitos relacionados à aplicação prática do conhecimento em contextos reais.

O quadro abaixo apresenta uma visão clara e estruturada das diversas estratégias pedagógicas aplicadas ao longo da sequência didática (SD). Cada recurso, desde o formulário diagnóstico até o diário de bordo, é associado a um objetivo específico que visa captar e avaliar as percepções e aprendizados dos alunos sobre a água para consumo humano.

A forma de coleta é descrita, demonstrando a diversidade de abordagens, como questionários, debates e apresentações, enquanto a análise de dados destaca os critérios qualitativos utilizados para interpretar as respostas e reflexões dos alunos. Em resumo, não apenas organiza as informações de forma clara e eficiente, mas também destaca a interconexão entre os métodos aplicados e os objetivos educacionais propostos, permitindo uma visão integrada do processo de ensino-aprendizagem. Ao fazer essas conexões, a síntese contribui significativamente para uma compreensão mais profunda da eficácia da abordagem CTS no ensino, demonstrando como cada método utilizado dialoga com os objetivos estabelecidos e como esses elementos, juntos, favorecem uma aprendizagem mais contextualizada e relevante para os alunos.

Quadro 5 – Descrição das categorias utilizadas para a coleta de dados.

(continua)

RECURSO	OBJETIVO	FORMA DE COLETA	ANÁLISE DE DADOS
Formulário diagnóstico	Captar percepções e experiências dos participantes.	Questionário com 16 perguntas subjetivas.	Análise qualitativa das respostas para interpretar percepções pessoais.
Ferramenta padlet	Avaliar as percepções e conhecimentos dos alunos sobre os aspectos da água para consumo humano.	Contribuições dos alunos sobre aspectos científicos, tecnológicos e sociais	Critérios qualitativos avaliando relevância, originalidade, clareza, engajamento e uso de evidências, proporcionando uma visão detalhada das percepções dos alunos.
Relatórios	Avaliar o aprendizado prático e conceitual dos alunos nas etapas da SD.	Relatórios dos alunos sobre a visita à CAGECE e a aula de laboratório no IFCE.	Critérios qualitativos focando em clareza, coerência, observação crítica e cálculos precisos. Avaliação da compreensão conceitual e aplicação prática dos conhecimentos adquiridos.
Mapas conceituais	Analisar as percepções e entendimentos dos alunos sobre as vivências nas etapas anteriores da SD.	Uso de mapas conceituais como ferramenta pedagógica no quarto encontro da SD.	Classificação das respostas em três categorias: (i) uso exclusivo de conceitos científicos; (ii) associação de conceitos científicos com questões sociais e/ou tecnológicas; (iii) uso exclusivo de questões sociais, permitindo uma compreensão das conexões feitas pelos alunos. (DINIZ JÚNIOR; SILVA, 2014)
Banners	Desenvolver habilidades como: comunicação; argumentação; pensamento crítico, científico e criativo; e Conhecimento	Apresentação de banners, em equipes, utilizando informações adquiridas nas atividades anteriores.	Avaliação com base em quatro critérios: (i) clareza na apresentação; (ii) domínio do assunto; (iii) organização visual do banner; (iv) respostas adequadas às perguntas dos avaliadores.
Debates	Analisar dados coletados por meio de debates e reflexões para enriquecer a pesquisa qualitativa	Observação direta do comportamento, falas e argumentos dos participantes durante os debates, além do uso de um diário de bordo para registrar atividades e reflexões	Utilização de técnicas de codificação e categorização para identificar padrões e temas, complementada pela triangulação de dados para validar as conclusões.
Diário de bordo	Registrar atividades, eventos, observações e reflexões durante os encontros da SD	Utilização de um diário de bordo para documentar as experiências do pesquisador e os processos de ensino-aprendizagem.	O diário permitiu uma autoavaliação reflexiva sobre a prática docente, ajudando na reconstituição precisa dos eventos e contribuindo para a construção dos resultados da pesquisa, alinhando-se à ideia de aplicação prática do conhecimento em contextos reais, conforme Zabala (1998).

Quadro 5 – Descrição das categorias utilizadas para a coleta de dados.
(conclusão)

Formulário Prognóstico	Avaliar as contribuições à aprendizagem dos estudantes sobre água para consumo humano a partir da abordagem CTS	Formulário prognóstico com 12 perguntas.	Classificação das respostas nas categorias RS, RPS e RI, com base em Simões Neto <i>et al.</i> (2016)
------------------------	---	--	---

Fonte: Elaboração própria (2024).

Através desses recursos, esperamos, assim como propõe Gatti (2002, p.11), “nos servimos para a geração de algum conhecimento que acrescente alguma coisa à compreensão do problema que nos interessa”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na presente seção, será feita a apresentação dos resultados da nossa SD obtidos através da aplicação de questionários e das diversas atividades desenvolvidas. A aplicação do formulário diagnóstico permitiu avaliar o conhecimento inicial dos alunos sobre a água e seu tratamento. Além disso, serão discutidos os resultados das aulas expositivas, que exploraram aspectos científicos, tecnológicos e sociais, e da visita à estação de tratamento de água da CAGECE, que ofereceu uma experiência prática essencial.

Também serão abordados os resultados das análises químicas, físicas e biológicas da água, a confecção de mapas conceituais com uma abordagem CTS, e a apresentação de *banners* para a comunidade escolar. Cada uma dessas etapas contribuiu para uma compreensão mais aprofundada do tema. Finalmente, a nova aplicação de formulário que permitiu avaliar o impacto das intervenções realizadas e a evolução do conhecimento dos alunos.

3.1 APLICAÇÃO DO FORMULÁRIO DIAGNÓSTICO

Com o objetivo de avaliar o nível de conhecimento prévio e percepções iniciais dos alunos e identificar a forma de captação da água para consumo humano, indo ao encontro do que propõe Zabala (Op. Cit.), em seus conteúdos conceituais, aplicamos um formulário diagnóstico constituído de dezesseis questões. Quarenta e dois alunos participaram desse momento; outros três, por motivos alheios, não compareceram à escola no dia da aplicação.

Acerca da primeira pergunta, que indagava o aluno sobre “a origem da água que utilizamos em nossas casas, as respostas variaram amplamente. Das 42 respostas, 12 estavam corretas, indicando que a água vinha de poços profundos ou lençóis freáticos. Todavia, muitas respostas apontaram outras fontes, por exemplo, quando mencionaram que a água vinha de rios, lagos e lagoas como fontes.

O público-alvo dessa pesquisa é formado por alunos do município de localização da escola e de outros dois municípios vizinhos. Essas três cidades são banhadas pelo Rio Acaraú, o que justificou essas respostas; porém, o que não ficou claro para os alunos, nesse momento, é o fato de que fazer uso de água de poços é

mais viável para a CAGECE, devido ao baixo custo com processos tecnológicos envolvidos, quando comparado a outros meios.

Outras fontes e métodos, como cacimbas e cisternas, foram mencionados em três respostas; e poços artesianos foram citados em outras três, o que não destoia do conceito, já que, por morarem na Zona Rural, alguns não recebem água tratada em casa.

Embora a maioria das respostas tenha reconhecido a origem natural da água, houve variações significativas nas fontes específicas mencionadas, com rios e lagos sendo os mais comuns. Os outros questionamentos, para um melhor entendimento, serão apresentados com base nos conceitos Científicos, Tecnológicos e Sociais, abordagem presente em nosso estudo.

A respeito dos primeiros conceitos, quando questionados sobre “quais as doenças poderiam surgir na ausência de água tratada”, os alunos apresentaram uma variedade de respostas. Muitas delas coincidem com as doenças apresentadas na tabela 2, tópico 1.3; enquanto outras refletiram diferentes percepções e alguns equívocos.

Entre as doenças frequentemente mencionadas pelos alunos e que também constam na lista de doenças reais causadas pela água não tratada, estão leptospirose, esquistossomose, diarreia (incluindo diarreia por *Escherichia coli* e disenteria bacteriana), hepatite A, cólera e febre tifoide. Mas, em conversas com profissionais da saúde que trabalham em nossa escola, podemos constatar que a leptospirose é uma infecção bacteriana transmitida pela urina de animais infectados. De acordo com Basso *et al.* (2022), é uma doença que ocorre devido à falta de condições básicas de saneamento, tais como sistemas adequados de drenagem de águas pluviais e de tratamento de esgoto, assim como a coleta e destinação correta do lixo.

A esquistossomose, por sua vez, é causada por parasitas do gênero *Schistosoma* e transmitida através do contato com água contaminada. Esse fato é corroborado pela Secretaria de Saúde de Pernambuco quando afirma que a falta de saneamento é considerada um fator crucial para o surgimento da esquistossomose, pois facilita a contaminação fecal de corpos d'água, que servem como criadouros naturais do caramujo transmissor, iniciando assim o ciclo de propagação da doença (Pernambuco, 2013).

Portanto, é importante ressaltar que essas doenças estão mais diretamente ligadas à ausência de sistemas adequados de esgotamento sanitário e ao manejo inadequado de resíduos do que ao tratamento da água destinada ao consumo humano, evidenciando a necessidade de investimentos em saneamento básico como medida essencial para a prevenção dessas enfermidades.

No que diz respeito a diarreia, especialmente por *Escherichia coli*, é uma consequência comum da ingestão de água contaminada, assim como a hepatite A, uma infecção viral do fígado: e a cólera, causada por *Vibrio cholerae*, provoca diarreia intensa e desidratação, e a febre tifoide, causada por *Salmonella typhi*, é uma infecção bacteriana grave.

Além dessas, os alunos mencionaram outras doenças que podem não estar diretamente relacionadas à falta de água tratada ou que não foram mencionadas inicialmente. Alguns deles citaram desidratação, que pode ser uma consequência da diarreia causada por água contaminada. Outros mencionaram doenças respiratórias como pneumonia e resfriados, que não são diretamente transmitidas pela água, mas que podem ser agravadas pela falta de saneamento adequado. Doenças como dengue, chikungunya e Zika vírus foram citadas, mas essas são transmitidas por mosquitos e não diretamente pela água contaminada.

Ainda nesse viés científico, quando questionados sobre “os processos científicos na remoção de contaminantes da água em ETAs”, alguns alunos identificaram corretamente processos importantes, como coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. A coagulação e a floculação são etapas nas quais as impurezas presentes na água são agrupadas pela ação de coagulantes em partículas maiores, chamadas flocos, que podem ser removidas pelo processo de decantação. Esta, por sua vez, é o processo de separação de misturas heterogêneas, no qual as partículas mais pesadas sedimentam no fundo. A filtração, por outro lado, é a separação de misturas heterogêneas do tipo sólido-líquido ou gás-líquido, etapa que retira da água as partículas sólidas remanescentes e o gás que se encontra dissolvido nela.

No entanto, 28 alunos, 66,66%, declararam não ter conhecimento sobre as ETA's ou afirmaram nunca terem ouvido falar sobre elas. Algumas respostas indicaram confusão ou falta de informação, como citar conceitos filosóficos, empíricos ou religiosos, que não são diretamente aplicáveis ao tratamento de água.

À vista disso, alguns alunos mencionaram tecnologias de tratamento avançado, como eletrocoagulação, flotação por ar dissolvido, processos oxidativos avançados, adsorção em carvão ativado e processos de separação por membranas, o que mostra um conhecimento mais aprofundado e específico sobre métodos modernos utilizados em ETAs. Outros conceitos científicos mencionados incluíram a destilação e a condensação, que, embora não sejam processos comuns em ETAs, são relevantes em outros contextos de tratamento de água.

Além dos processos já mencionados, é importante citar outros conceitos fundamentais que podem não ter sido adequadamente abordados nas respostas dos alunos, como a troca iônica e a osmose reversa. Aquela é um processo utilizado para remover íons indesejados da água, substituindo-os por íons mais desejáveis; esta é uma técnica eficaz para a remoção de contaminantes dissolvidos, utilizando uma membrana semipermeável para separar as partículas indesejadas.

Outros conceitos importantes trataram-se da correção do pH, que é de fundamental importância para garantir que a água esteja dentro dos parâmetros ideais para consumo; assim como a adição de cloro ou ozônio, que é usada para desinfetar esse recurso hídrico, eliminando microrganismos patogênicos; e a aplicação de flúor, por sua vez, que ajuda a prevenir cáries dentárias na população.

Nesse contexto científico, de modo mais específico em Química, quando questionados sobre “como classificam a água que recebem em suas casas”, a maioria dos alunos classificou a água como uma mistura homogênea, justificando que ela apresenta sais minerais dissolvidos e passa por processos de tratamento que tornam suas características uniformes. Outros, no entanto, classificaram-na como uma substância pura, desconsiderando os sais nela presentes; em razão disso, eles acreditam que a água, por ser composta por moléculas de hidrogênio e oxigênio, constitui-se de substância pura porque passa por tratamentos antes de ser consumida.

Houve, ainda, respostas que apontaram a água como uma mistura heterogênea, o que mostra um equívoco, pois, para isso, a água não estaria própria para consumo, uma vez que ela apresentaria resíduos visíveis, como poeira, que a tornaria inadequada para o uso.

A percepção de que a água tratada é uma mistura homogênea foi a mais comum, para um grupo de alunos, o qual mencionou que ela contém produtos dissolvidos, não visíveis a olho nu. Acresça-se o fato de que, embora a água seja uma

mistura homogênea, isso não, necessariamente, garante sua potabilidade, pois a presença de contaminantes pode ainda estar presente. Conforme Branco (2010), a aparência cristalina da água muitas vezes engana, pois não é um indicador confiável de sua qualidade. Substâncias químicas e microrganismos invisíveis podem permanecer dissolvidos, representando riscos à saúde, mesmo em águas aparentemente puras.

Esse contraste entre a percepção visual e a real qualidade da água evidencia a importância de ensinar aos alunos que o tratamento eficaz da água vai além da estética e deve envolver processos rigorosos de desinfecção e filtração para remover contaminantes biológicos e químicos.

Quando indagados acerca dos “produtos químicos utilizados no tratamento da água”, a maioria dos participantes mencionou o cloro (Cl_2) como o principal agente utilizado, representando 73,80% das respostas. Já o ozônio (O_3) foi mencionado por 6 alunos, 14,28%, como uma alternativa ao cloro. Em menor escala, 4,76% dos entrevistados, destacaram o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e o cloreto férrico (FeCl_3) como componentes importantes no processo de tratamento. Além disso, 4,76% mencionaram a presença de flúor (F_2) no tratamento da água. Adicionalmente, posto que eles poderiam citar mais de uma substância, 23,80% deles relataram falta de conhecimento e não saberem quais substâncias eram utilizadas.

Quanto ao eixo tecnológico, os alunos foram questionados sobre (i) métodos de separação de misturas encontrados nas estações de tratamento de água; (ii) fatores que podem contribuir para a má qualidade da água e como a comunidade deve abordá-los; (iii) processos tecnológicos utilizados; e (iv) se toda água envasada era mineral.

Ao primeiro tópico, a maioria dos alunos destacou a filtração como um método importante, mencionando a utilização de materiais como areia e carvão para remover impurezas visíveis da água. Além disso, mencionou-se a decantação como um processo em que as partículas mais densas são separadas da água por meio da ação da gravidade; enquanto reconheceu-se a floculação como o estágio ante o qual as impurezas são agrupadas em flocos maiores para facilitar sua remoção.

No entanto, 40,47% dos alunos forneceram respostas incorretas ou mencionaram métodos que não são aplicáveis ao tratamento convencional de água, refletindo a necessidade de maior educação e esclarecimento sobre este tema fundamental à saúde pública, pois propuseram técnicas como catação, levigação,

separação magnética, sifonação e ventilação, embora elas não sejam especificamente aplicáveis ao tratamento de água em estações convencionais.

Referente ao segundo questionamento do eixo tecnológico, os alunos identificaram vários fatores que contribuem a má qualidade da água e sugeriram diversas abordagens que a comunidade pode adotar para enfrentar esses problemas. A falta de saneamento básico foi uma das causas mais mencionadas, sendo destacada pela ausência de infraestrutura adequada para o tratamento e distribuição de água. A poluição e o péssimo tratamento desse recurso também foram citados, apontando sugestões de campanhas de sensibilização para diminuir a poluição e manter a cidade limpa e a água conservada.

De acordo com Antunes *et al.* (2014, p.75), “conhecer os fatores que ameaçam a qualidade das águas superficiais e subterrâneas em contextos específicos pode contribuir para a preservação desses reservatórios”. Porém, como afirma Porto-Gonçalves (2011, p. 38), “o problema é que boa parte da produção do conhecimento a respeito do tema da água [...] vê a sociedade de um lado e a natureza de outro, como se a sociedade não tivesse nada a ver com a crise da água”.

Outros alunos destacaram que a má qualidade da água pode ser decorrente do uso exacerbado de produtos químicos e da falta de manutenção das encanações e que a comunidade deveria abordar esses problemas de forma compassiva, mantendo o foco na saúde, realizando a manutenção adequada e no tempo certo. Houve, ainda, menções específicas sobre o mau uso da água pela comunidade e a falta de recursos para manutenção, que acarretam a insalubridade e seu mau odor.

Em resposta a esses problemas, citaram-se ações como reclamações ao centro de controle hídrico da cidade; comunicação do problema à prefeitura; fiscalização a fatores que geram poluição causada por atividades industriais e agropecuárias; e monitoramento da qualidade da água pela comunidade.

Conclui-se que a percepção dos alunos sobre os fatores que afetam a qualidade da água, como a ausência de saneamento básico e a poluição, revela um entendimento crítico das causas do problema. Suas sugestões de campanhas de sensibilização mostram o papel fundamental da educação e do engajamento comunitário na preservação dos recursos hídricos. Assim, é necessário reconhecer, conforme Porto-Gonçalves (2011), que a crise da água está profundamente ligada às práticas sociais, exigindo uma abordagem integrada entre sociedade e meio ambiente para a resolução efetiva desses desafios.

Em relação aos processos tecnológicos utilizados, percebeu-se que a maioria compreendeu o processo como essencial para remover impurezas e tornar a água própria para consumo humano, uma vez que 69,04% dos alunos mencionaram corretamente etapas como captação, filtração, desinfecção e a utilização de produtos químicos à sua purificação. No entanto, aproximadamente 30,95% das respostas indicaram entendimentos parciais ou concepções incorretas sobre os métodos e tecnologias envolvidos, sugerindo a necessidade de maior educação sobre este processo fundamental para a saúde pública e preservação ambiental. O que fica claro nas respostas de dois estudantes quando afirmam, respectivamente, que “Primeiro, corrige-se o pH da água. Depois, adiciona-se cloro ou ozônio para a eliminação dos microrganismos. A despoluição, a captação da água da chuva, dessalinização” (ALUN07) e “Produtos que são aplicados na água que a tornam prontas para consumo” (ALUN14)

Existe um entendimento parcial, na primeira resposta, quando o discente cita correção de pH como primeira etapa, além de citar a água da chuva como fonte de coleta de água para distribuição. Já na segunda resposta, o aluno relata o acréscimo de substâncias químicas (produtos), mas não mencionam que outras substâncias são eliminadas nesse processo.

Concluindo os questionamentos sobre esse eixo, a respeito da percepção da água envasada, a maioria dos alunos demonstrou confusão ou falta de conhecimento sobre o assunto, já que cerca de 73,8% deles admitiu não saber a resposta correta. Entre elas, houve menções sobre a diferença percebida através do rótulo; confusão entre água mineral e outras formas de água envasada; e, até mesmo, declarações de desconhecimento sobre o que constitui água envasada. Apenas 23,8% dos entrevistados conseguiram identificar corretamente que nem toda água envasada é necessariamente mineral, destacando a necessidade de maior informação sobre os tipos e características da água disponível no mercado.

Quanto às questões ambientais e sociais, os discentes foram questionados sobre suas percepções e preocupações em relação aos recursos hídricos, as mudanças climáticas e o acesso à água tratada. A maioria deles expressou sérias preocupações sobre a possibilidade de esgotamento dos recursos hídricos no futuro, destacando o aumento da demanda por água, devido ao crescimento populacional e às atividades industriais, bem como os desafios associados à gestão responsável desse recurso finito.

Muitos deles acreditam que o desperdício excessivo de água é um problema significativo que precisa ser abordado com urgência. Ideias como a redução do desperdício, o reuso da água e a conscientização pública foram mencionadas como formas eficazes de mitigar a escassez iminente desse recurso. Isso se evidencia em respostas como: “Simmm, acredito que um dia pode acabar, e vai acabar se continuarmos nesse ritmo, mas pode ajudar se economizar mais água, e fazer um bom uso dela” (ALUN04); “Sim, pois muita gente no nosso planeta utiliza a água de maneira errada (desperdício) o fator principal na minha concepção. Para acabar com essa situação, precisamos consumir a quantidade certa sem desperdícios” (ALUN07)

A preocupação com esse recurso se manifesta nas respostas acima e em outras, porém, houve opiniões que divergiam da maioria, a saber: “Não, creio que a água é algo inacabável pois é um ciclo bastante forte e simultâneo, para ser destruído ou modificado” (ALUN36)

De certa forma, o ALUN36 apresenta conhecimentos válidos quando analisamos a água em seu ciclo, o que não ficou claro para ele é que, embora não acabe quantitativamente, a qualidade da água é ameaçada e, conseqüentemente, sua distribuição sofre conseqüências.

Em relação às mudanças climáticas, percebeu-se um consenso de que esses fenômenos têm um impacto direto na disponibilidade e na distribuição da água. Os participantes apontaram preocupações com o aumento de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e inundações, que estão afetando as reservas de água doce em todo o mundo. A simples observação das notícias abaixo, Figuras 1 e 2, evidencia o que foi por eles citado.

Figura 1 – Notícia relacionada aos eventos climáticos.



Fonte: Enchentes no Rio Grande do Sul são uma tragédia anunciada. Instituto de Estudos Socioeconômicos. In: https://inesc.org.br/nota-publica-enchentes-no-rio-grande-do-sul-sao-uma-tragedia-anunciada/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwydSzBhBOEiwAj0XN4BrSh-8LaKvTzcDQZJAFNbAd-YIEfHQ-XoDjQOtO1pboi-MGgOX6hRoCtd4QAvD_BwE. Acessado em 27 out. 2024 às 19h01min. (2024).

Figura 2 – Notícia relacionada aos eventos climáticos II.



Fonte: Enchentes no Rio Grande do Sul são uma tragédia anunciada. Portal de notícias G1. In: <https://g1.globo.com/ms/mato-grosso-do-sul/noticia/2024/06/20/pantanal-incendio-de-2024-supera-o-registrado-no-mesmo-periodo-de-2020-ano-recorde-de-queimadas.ghtml>. Acessado em 27 out. 2024 às 19h03min. (2024).

No que diz respeito ao acesso à água tratada, muitos participantes observaram que o custo associado a esse serviço essencial é uma preocupação significativa, especialmente para famílias de baixa renda. Eles destacaram que as tarifas elevadas

para tratamento e distribuição da água podem representar uma carga financeira pesada, limitando o acesso das pessoas à água limpa e segura. A falta de acesso à água tratada também foi descrita como um problema que pode afetar negativamente a saúde pública e o bem-estar das comunidades mais vulneráveis.

A aplicação do formulário diagnóstico, associada à abordagem CTS e aos conteúdos conceituais propostos por Zabala (1998), revelou uma diversidade de conhecimentos e percepções dos alunos sobre a origem da água; as doenças relacionadas à água não tratada; os processos de tratamento; e os desafios ambientais. As respostas, por eles apresentadas, evidenciaram uma compreensão parcial dos processos científicos e tecnológicos envolvidos no tratamento da água, destacando a necessidade de um estudo mais aprofundado, o que justifica a utilização da abordagem CTS em nosso trabalho, já que ela permite compreender como o conhecimento científico e tecnológico é influenciado por questões sociais e ambientais.

Zabala (Ibidem) propõe que os conteúdos conceituais sejam trabalhados de forma contextualizada e integrada, visando ao desenvolvimento de competências para a resolução de problemas reais. A aplicação do formulário diagnóstico alinou-se com essa proposta, ao explorar questões concretas relacionadas à água, promovendo uma reflexão crítica entre os alunos sobre os processos de tratamento e suas implicações sociais e ambientais.

No geral, os alunos demonstraram preocupação com a sustentabilidade dos recursos hídricos e o impacto das mudanças climáticas, refletindo uma sensibilidade às questões sociais e ambientais. Essa experiência sublinhou a importância de integrar a educação científica à sensibilização quanto às implicações sociais e tecnológicas, promovendo uma formação crítica que capacite, de maneira informada e proativa, os alunos a enfrentar os desafios relacionados à água.

Ante o exposto, a atividade foi eficaz na avaliação do conhecimento prévio dos alunos e na promoção de uma compreensão mais ampla e integrada dos conteúdos conceituais, conforme proposto por Zabala, evidenciando a importância de uma abordagem educativa que interligue Ciência, Tecnologia e Sociedade para a construção de uma sociedade mais sustentável e equitativa. Diante desses conhecimentos prévios, foi possível traçar rotas de correção e/ou aprofundamento do assunto, as quais trazem os resultados relatados nos próximos tópicos.

3.2 AULA EXPOSITIVA SOBRE ABORDAGEM CTS ASSOCIADOS À ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Como o próprio nome sugere, a aplicação do questionário diagnóstico, tópico anterior, foi uma etapa sem intervenções, cujo objetivo era avaliar o conhecimento prévio do público-alvo da pesquisa. Após essa etapa, realizamos uma aula expositiva, utilizando vídeos e slides, para fornecer informações sobre os aspectos Científicos, Tecnológicos e Sociais da água destinada ao consumo humano.

Iniciamos a aula apresentando os resultados da pesquisa realizada com os alunos da escola, questionando por que tantos pais/responsáveis compram água envasada, mesmo tendo acesso à água tratada em casa. Após essa apresentação, discutimos o papel vital da água na sustentação da vida humana, essencial para funções vitais do corpo, desde a hidratação até a manutenção da saúde. Foram também abordados os processos adequados de tratamento da água, como filtração, coagulação, desinfecção e monitoramento rigoroso da qualidade, indispensáveis para garantir sua segurança para o consumo humano.

Para causar um maior impacto, apresentamos informações sobre o acesso à água tratada no mundo, no Brasil e no Ceará, Figura 3. Os alunos surpreenderam-se com os números apresentados, reação que se justifica pelo fato de todos terem acesso à água e não enfrentarem problemas relacionados ao mau tratamento da água e saúde.

Figura 3 – Página dezoito do slide apresentado em sala.

Como é o acesso a água tratada no Brasil e no Mundo?

Um bilhão e 200 milhões de pessoas (35% da população mundial) não têm acesso a água tratada.

Mais de 33 milhões de brasileiros não têm acesso à água potável (2021)

50 mil famílias cearenses não têm acesso a água potável de forma regular



Fonte: Elaboração própria (2024).

Esses dados serviram como um chamado à ação, ressaltando a necessidade urgente de proteger e conservar nossos recursos hídricos.

Durante a aplicação do formulário, observamos que alguns alunos tinham conhecimento parcial sobre a tecnologia envolvida no processo de produção da água para consumo humano, bem como sobre aspectos científicos e sociais, confirmando a necessidade de abordar esses temas.

Nos aspectos científicos, discutimos:

- Processos de purificação, físicos e químicos utilizados nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), como filtração, coagulação, floculação, sedimentação, turbidez, correção de pH e desinfecção;
- Controle de qualidade, ressaltando a importância do monitoramento constante da qualidade da água, incluindo testes microbiológicos, físico-químicos e de toxicidade;
- Estudos de contaminantes, através de pesquisas científicas sobre a presença de contaminantes emergentes, como produtos farmacêuticos, produtos de cuidados pessoais e poluentes orgânicos persistentes.

Nos aspectos tecnológicos, abordamos:

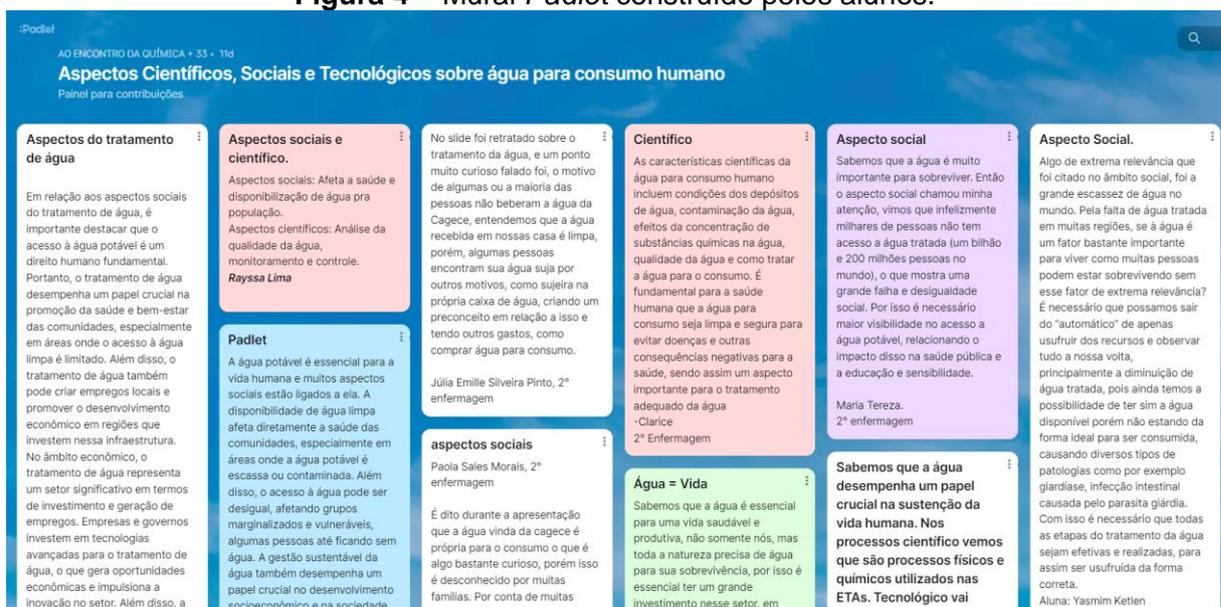
- Inovações em tratamento de água, como sistemas de membranas avançadas, processos de oxidação avançada e nanotecnologia aplicada ao tratamento de água;
- Monitoramento remoto, com o uso de sensores e sistemas de monitoramento remoto para garantir a eficiência operacional e a segurança das ETAs;
- Automação e inteligência artificial, implementadas nas ETAs para otimizar processos, prever demandas e detectar anomalias.

Já nos aspectos sociais, refletimos acerca de:

- Acesso à água potável, destacando disparidades socioeconômicas e geográficas;
- Impacto na saúde pública, considerando os efeitos da água contaminada na saúde das comunidades, incluindo doenças transmitidas pela água e problemas de saúde crônicos;
- Educação e conscientização, sobre a importância do consumo responsável de água e a conservação dos recursos hídricos.

Durante a apresentação, a maioria dos alunos participou ativamente, engajando-se em debates produtivos sobre os temas levantados. Suas perguntas e contribuições enriqueceram a discussão, demonstrando interesse pelo tema. Alguns, embora não se sentissem confortáveis para participar das discussões em sala, contribuíram na atividade final deste primeiro encontro, registrando suas opiniões no *Padlet* criado, Figura 4, mural de mensagens disponível no link <https://padlet.com/fcofabianoaraujo/aspectos-cient-ficos-sociais-e-tecnol-gicos-sobre-gua-para-c-r16qtd8mnemuil0q>.

Figura 4 – Mural *Padlet* construído pelos alunos.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Com base nas 35 contribuições dos alunos, é possível observar uma compreensão abrangente e diversificada dos aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados ao tratamento da água. No âmbito social, destacou-se a importância do acesso à água potável como um direito humano fundamental, crucial para a saúde e o bem-estar das comunidades, especialmente em áreas com acesso limitado. Isso é evidente no comentário seguinte:

É importante destacar que o acesso à água potável é um direito humano fundamental. Portanto, o tratamento de água desempenha um papel crucial na promoção da saúde e bem-estar das comunidades, especialmente em áreas onde o acesso à água limpa é limitado. (ALUNO1)

Alguns alunos se mostraram surpresos com a quantidade de pessoas que apresentam problema relacionados ao recebimento de água tratada em casa, isso se deve ao fato de que moram em uma região que, felizmente, não carece de tal recurso. Essa surpresa é enfatizada no comentário a seguir:

Algo que me chamou bastante atenção foi a quantidade de pessoas que não possuem acesso a água tratada, e com isso, essas pessoas acabam tendo uma maior facilidade de adquirir doenças causadas pela falta do acesso a uma água limpa. Além disso, outro ponto de grande relevância é a importância da água ter que passar por todos os processos de seu tratamento, para ser utilizada sem causar danos ao ser humano (ALUN16).

Além dessa contribuição, destacada em outros argumentos, foi enfatizada a necessidade de políticas públicas eficazes para reduzir a desigualdade no acesso à água tratada, que afeta milhões de pessoas em todo o mundo.

No aspecto tecnológico, os alunos reconheceram os avanços significativos nas tecnologias de filtragem, purificação e monitoramento que tornam o tratamento de água mais eficiente e sustentável. Tecnologias emergentes, como a automação e a inteligência artificial, foram mencionadas como ferramentas essenciais para melhorar a qualidade e a gestão dos recursos hídricos. O comentário a seguir demonstra isso:

É notório como a tecnologia se encontra presente em tudo do nosso cotidiano, e isso não será diferente quando se fala sobre o tratamento da água, hodiernamente, podemos observar diversos métodos utilizados para limpar a água, por exemplo, aparelhos que medem o pH, outros que medem os níveis de algumas substâncias presentes na água, entre outros. (ALUN31)

É interessante observar o entendimento do aluno em relação à ideia de tecnologia. Muitos alunos mencionaram a filtração, sem precisar recorrer a métodos mais sofisticados, como uma tecnologia presente nas ETAs, destacando que, apesar de ser uma técnica simples frequentemente usada em casa, ela é fundamental para garantir a qualidade da água.

Do ponto de vista científico, os alunos destacaram os processos rigorosos de controle de qualidade e purificação que garantem que a água seja segura para consumo humano, ressaltando a importância contínua de pesquisas e inovações nesse campo.

Essas contribuições evidenciam uma compreensão holística da interconexão entre os aspectos sociais, tecnológicos e científicos do tratamento da água. Elas refletem a complexidade e a importância do tema para a saúde pública, alinhando-se

ao que foi discutido no tópico 1.3 sobre água para consumo humano na perspectiva da abordagem CTS. Além disso, essas contribuições permitem analisar as possibilidades de nossa SD, que é o objetivo principal de nossa pesquisa.

3.3 VISITA À CAGECE

No segundo encontro, os alunos participaram de uma visita à CAGECE, estação de tratamento de água no município de Bela Cruz, no Ceará, que fica a metros de nossa escola, tão próximo que o percurso até lá foi feito a pé, não exigindo recursos extras para a realização dessa atividade. Este momento, Figura 5, contou com a participação de 42 alunos, além de três professores colaboradores: um de Biologia (PROF1), um de Física (PROF2) e um professor da base técnica de Enfermagem (PROF4). O professor de Química (PROF3) não pôde participar por motivos alheios.

A presença dos professores de outras disciplinas enriqueceu ainda mais a experiência, pois permitiu relacionar os conhecimentos científicos teóricos às práticas observadas.

Figura 5 – Visita à CAGECE. (5a) No caminho à CAGECE; (5b) Professores que acompanharam à visita; (5c) Recepção aos alunos pelo técnico e coordenador da CAGECE.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Na ocasião, fomos acompanhados pelo coordenador da CAGECE e por um operador de máquinas que trabalha na mesma empresa. Eles guiaram-nos por todas as etapas do tratamento da água, desde a captação até a distribuição, as quais serão

detalhadas nos próximos subtópicos. Esta visita iniciou-se às 7h30 e encerrou-se às 9h00, durando duas horas-aula, conforme o planejado na descrição da atividade de nossa SD.

3.3.1 Captação da água

O processo de captação da água geralmente ocorre por meio do gradeamento, onde são retidos resíduos sólidos indevidamente lançados na rede de esgoto, como fraldas, papel higiênico, restos de alimentos, galhos de plantas, entre outros materiais. Em nossa visita, essa etapa não foi observada, pois a água utilizada pela CAGECE para tratamento e distribuição provém de poços profundos, eliminando a necessidade de gradeamento. Na primeira pergunta do formulário diagnóstico, os alunos foram questionados sobre a origem da água que chega às suas casas. Acreditamos que os 30 alunos que não tinham conhecimento sobre isso puderam compreender, com essa intervenção, de onde vem a água.

Quanto à adução, o segundo processo em que o recurso é enviado por tubulações até as dependências da ETA, não foi possível acompanhá-lo integralmente devido à distância dos poços profundos. No entanto, foi possível observar as engrenagens e o local onde a água chega, além de refletir sobre os materiais utilizados nas tubulações. Antigamente, essas tubulações eram feitas de ferro, o que exigia trocas periódicas e elevados gastos com manutenção, devido à oxidação do ferro (Fe) em contato com o oxigênio (O₂) do ar e a água (H₂O), resultando em corrosão e formação de ferrugem, conforme representado na equação abaixo:



Fato este que contribuiu para a substituição desse material por tubos poliméricos, devido a diversos fatores como durabilidade, leveza, flexibilidade, custo, facilidade de instalação e resistência à corrosão. Aproveitamos o momento para discutir com os alunos a substituição dos tubos de ferro por tubos poliméricos, utilizando isso como uma oportunidade para explorar conceitos importantes.

Isso permitiu aos alunos estabelecer contato com os conceitos de estudo da eletroquímica, especialmente a oxidação de materiais, pois a oxidação dos tubos de ferro, causada pela exposição contínua à água e ao oxigênio, resultava em corrosão, comprometendo a durabilidade e a eficiência do sistema; e dos polímeros, compostos

por macromoléculas, oferecem propriedades que os tornam ideais para esse tipo de aplicação: são resistentes à corrosão, leves, flexíveis, de fácil instalação e possuem maior durabilidade.

3.3.2 Coagulação, floculação, decantação e filtração

Nessas etapas, as quais tivemos o privilégio de acompanhar tanto na apresentação de uma maquete, disponibilizada em uma sala da ETA, quanto de forma prática, os alunos puderam revisar conceitos importantes sobre métodos de separação de mistura, assim como associar substâncias químicas nelas presentes.

Na etapa de *coagulação* é adicionado sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), uma substância que, ao ser adicionada à água, reage formando hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$), conforme a equação abaixo.



Esse hidróxido de alumínio cria partículas gelatinosas que atraem e aglutinam partículas suspensas, como argila, matéria orgânica, bactérias e outros contaminantes. Em seguida, a *floculação*, que ocorre por processos mecânicos, promove a formação de flocos maiores através de uma agitação lenta, permitindo que essas partículas sejam facilmente sedimentadas. Os alunos apresentam dificuldade em conceituar essas duas etapas, pensando, às vezes, que se trata de um único processo e dois nomes diferentes; mas, enquanto a coagulação está voltada à desestabilização das partículas, a floculação concentra-se na agregação delas. Esses flocos maiores e mais densos, resultantes da aglutinação, são mais fáceis de remover durante a decantação e a filtração, melhorando significativamente a clareza e a qualidade da água tratada.

Na *decantação*, etapa sequencial do tratamento da água, outro objeto de estudo foi discutido: densidade, relação entre massa e volume de uma substância. Esse objeto de estudo, contemplado em Química e em Física, é o responsável por explicar o método de separação que permite a remoção eficiente dos sólidos, resultando em uma água mais limpa e segura para consumo.

Enquanto a *filtração*, nas ETAs, é a etapa responsável pela remoção de impurezas remanescentes após a decantação. Utilizando materiais porosos, como pedras, cascalhos, areia e carvão ativado, a água passa por diversas camadas que

retêm partículas finas, microrganismos e substâncias químicas. Esse processo garante a eliminação de contaminantes invisíveis a olho nu, melhorando a clareza, sabor e segurança da água. Ante o exposto, a turma e os professores ficaram bastante intrigados com a quantidade de ferro, na forma de dióxido de ferro (FeO_2), presente em nossa água. Apesar de sabermos que ela apresenta vários minerais dissolvidos, entre eles o ferro, percebemos, Figura 6, o quanto é alta essa concentração.

Figura 6 – Pedras dos filtros antes e após utilização.



Fonte: Elaboração própria (2024)

A coagulação, a floculação, a decantação e a filtração são processos importantes no tratamento de água, os quais desempenham papéis vitais na remoção de impurezas e contaminantes. Esses métodos garantem a qualidade e a segurança da água, tornando-a adequada para consumo humano e utilização em diversas aplicações industriais e agrícolas. A implementação eficaz desses processos é fundamental para a preservação da saúde pública e a proteção do meio ambiente. Entretanto, as etapas não se encerram aqui, pois existem micro-organismos que conseguem passar por essas barreiras ocasionando problemas de saúde pública quando não evitados.

3.3.3 Desinfecção da água

A desinfecção da água, destinada a eliminar micro-organismos patogênicos e garantir a segurança microbiológica da água, pode ser realizada com auxílio de diversas substâncias químicas, sendo as mais comuns o cloro (Cl_2), o dióxido de cloro (ClO_2), o ozônio (O_3) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Cada uma dessas substâncias

compõe-se de propriedades desinfetantes específicas que atuam na destruição de vírus, bactérias e protozoários presentes na água tratada, prevenindo a transmissão de doenças.

Na ETA a qual visitamos, a substância utilizada é o cloro, devido à sua eficácia e custo acessível quando comparada às outras substâncias. Quando adicionado à água tratada, essa substância age como um agente oxidante poderoso, destruindo micro-organismos patogênicos, como vírus, bactérias e protozoários. Ela atua rompendo as paredes celulares desses organismos, impedindo sua capacidade de se reproduzir e causar doenças. Além da desinfecção, o cloro também possui a capacidade de manter a água protegida durante o transporte até os pontos de consumo, garantindo a segurança microbiológica ao longo de toda a rede de distribuição.

Essa etapa tem relação direta com a Biologia, através do objeto de estudo microbiologia. Em particular, compreender como o cloro interage com os micro-organismos patogênicos na água, rompendo suas estruturas celulares e inativando sua capacidade de causar doenças, é fundamental para entender os processos de controle de infecções e saúde pública. A presença da professora dessa disciplina, nesse momento, foi de fundamental importância na construção e disseminação desse conhecimento de forma mais completa. Assim como a participação da professora da base técnica de Enfermagem, que colaborou com informações mais relacionadas à saúde.

3.3.4 Correção de pH e fluoretação

Durante a visita à CAGECE, pudemos observar diversas etapas essenciais no tratamento de água, porém, duas importantes técnicas não estavam presentes: a correção de pH e a fluoretação. A correção de pH é a etapa responsável por garantir que a água esteja dentro dos padrões ideais de acidez ou basicidade, o que pode afetar diretamente sua qualidade e a eficiência de outros processos de tratamento. Embora a água observada não tenha mostrado variações significativas que exigissem ajustes, é fundamental monitorar regularmente o pH para assegurar a estabilidade do tratamento e a segurança do consumo humano.

Vale ressaltar que a ausência desse procedimento foi devido ao fato de que a água que chega na CAGECE já apresenta um pH dentro do padrão que, de acordo com Regulamento do Ministério da Saúde (2017), está na faixa entre 6,5 e 9,5. Isso

foi comprovado quando nos dirigimos ao laboratório de análises de qualidade da água, Figura 7. Esse momento, embora teórico, ajudou os discentes a criarem conceitos sobre acidez e basicidade relacionados à escala de pH, muito importante no entendimento das propriedades das substâncias em nosso meio.

Figura 7 – Realização de análises de pH, turbidez e cor no laboratório da CAGECE.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Lá observamos que a água, depois de passar por todos esses processos, apresentava pH dentro da faixa citada, apresentando pH por volta de 6,8, além de outras propriedades como turbidez, cor concentração de cloro dentro dos padrões. Este último parâmetro é de fundamental importância, visto que cloro em excesso, pode colaborar para a produção de trihalometanos, substâncias prejudiciais à saúde humana. Essas análises exigem tempo, por isso não foram executadas da forma que deveriam o que justifica a necessidade de uma aula mais específica, em nossa SD, e que será registrada no próximo tópico.

A fluoretação, por sua vez, desempenha um papel vital na saúde pública ao adicionar flúor à água tratada, beneficiando a saúde dental da população. Apesar de seu potencial para reduzir custos relacionados a problemas dentários, entendo que a não implementação pode ser devido a considerações econômicas. A visita destacou a importância de avaliar constantemente as práticas de tratamento de água para garantir que todas as etapas essenciais sejam adequadamente implementadas, assegurando a qualidade da água fornecida à comunidade.

3.3.5 Distribuição da água

Após o tratamento nas ETAs, a distribuição eficiente da água até as residências depende de cálculos físicos precisos. A altura das torres e reservatórios é fundamental, pois determina a pressão necessária para conduzir a água ao longo das redes de distribuição. Essas estruturas são estrategicamente posicionadas em elevações adequadas, aproveitando o efeito gravitacional, garantindo um fluxo constante e controlado de água até os consumidores. A pressão é calculada considerando a diferença de altura entre os pontos de armazenamento e os locais de consumo, o que permite que a água seja entregue com a pressão ideal para uso doméstico.

Sendo mais específico, quando se quer calcular a pressão hidrostática, pressão necessária para distribuir a água de forma eficiente, utiliza-se o teorema de Stevin $P = d.g.h$, onde P = pressão hidrostática, d = densidade da água, g = gravidade e h = altura. Com essa fórmula foi possível calcular qual a pressão hidrostática da torre de distribuição da ETA visitada, Figura 8.

Figura 8 – Torre de distribuição de água.



Fonte: Elaboração própria (2024)

Conhecendo-se os valores,

$$P = 1000\text{Kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 26 \text{ m}$$

$$P = \mathbf{254.800 \text{ N/m}^2}$$

Os cálculos físicos não apenas otimizam a distribuição, mas também contribuem para a eficiência operacional do sistema. Ao utilizar a gravidade como força motriz principal, o sistema de distribuição minimiza a necessidade de bombas adicionais e reduz o consumo de energia, tornando o processo mais sustentável e econômico. Dessa forma, assegura-se não apenas a qualidade da água tratada, mas também a confiabilidade do serviço fornecido aos consumidores finais, promovendo a saúde pública e o bem-estar geral da comunidade atendida.

Temas como esses são frequentemente abordados em questões de Ciências da Natureza no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), Figura 9.

Figura 9 – Questão 67, prova do ENEM de 2012, caderno azul.

QUESTÃO 67

O manual que acompanha uma ducha higiênica informa que a pressão mínima da água para o seu funcionamento apropriado é de 20 kPa. A figura mostra a instalação hidráulica com a caixa d'água e o cano ao qual deve ser conectada a ducha.

O valor da pressão da água na ducha está associado à altura

A h1.

B h2.

C h3.

D h4.

E h5.

Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP (2012).

Portanto, além de trabalhar conceitos importantes associados a situações do dia a dia, essa pesquisa também contribui com a escola no seu objetivo de colaborar para a inserção dos alunos às Universidades.

Nessa visitação, os estudantes tiveram a oportunidade de compreender os processos de tratamento e distribuição da água, conhecer os desafios e soluções relacionados ao abastecimento em sua comunidade e esclarecer suas dúvidas sobre o assunto. Essa experiência prática fortaleceu a compreensão dos processos de tratamento da água e suas relações com a abordagem CTS, além de permitir que entendessem como são realizadas as análises que asseguram a qualidade da água para consumo humano. A visita também serviu para esclarecer quaisquer dúvidas que

tenham surgido durante a introdução à abordagem CTS em sala de aula, relacionadas à água.

Este encontro permitiu aos alunos e professores uma experiência imersiva na ETA, visando fortalecer a compreensão prática dos processos de tratamento da água e suas conexões com disciplinas das Ciências da Natureza, seguindo a abordagem de Zabala, já que os conteúdos conceituais foram trabalhados através dos conhecimentos teóricos e factuais, construídos junto aos alunos; e conteúdos procedimentais, pois, durante a visita, os estudantes puderam observar e, em alguns casos, participar ativamente das atividades realizadas na ETA, como a análise de amostras de água, a medição de parâmetros físico-químicos e a interpretação de dados coletados.

Essa etapa da SD exigiu dos alunos a produção de relatórios, os quais foram utilizados na construção dos dados do referido trabalho, promovendo o desenvolvimento de habilidades como observação, registro de dados, análise crítica e trabalho em equipe, essenciais para a formação científica e cidadã dos alunos. Entendemos que esse relatório desempenha um papel significativo na análise de dados e, conseqüentemente, na validação da nossa SD.

Analisando os relatórios pudemos perceber que as informações apresentadas mostravam coerência com o que foi apresentado, o que nos deixou bastante satisfeitos ao acreditar que o objetivo dessa visita foi alcançado. Essa satisfação é comprovada por meio dos comentários dos alunos, nos relatórios, nos quais destacamos os seguintes: “Concluimos que a visita a ETA de Bela Cruz proporcionou uma compreensão mais profunda sobre a importância da água como recurso vital para a sobrevivência humana e a preservação dos ecossistemas naturais” (ALUN04; ALUN22); e “Portanto, é perceptível que essa visita foi de extrema relevância para a compreensão sobre o funcionamento das ETAs, bem como sua importância e para a formação acadêmica” (ALUN03; ALUN13);

Podemos perceber nesses comentários, que a visita à ETA de Bela Cruz proporcionou uma compreensão mais profunda sobre a importância da água como recurso vital e a preservação dos ecossistemas. Eles consideraram a experiência extremamente relevante para entender o funcionamento das ETAs e sua importância, além de aprimorar o aprendizado sobre o tratamento de água, um tema essencial para a formação acadêmica e cotidiana.

Ainda sobre essas informações,

Depois de observar todo o processo ainda me pergunto o porquê de muitas famílias não confiarem na água vinda da CAGECE e gastarem dinheiro com garrafão vendido em lojas, lembrando que a responsabilidade também é da família em relação a limpeza da caixa d'água (ALUN34).

Nesse último comentário, o aluno destacou a perplexidade ao ver que muitas famílias ainda não confiam na água fornecida pela CAGECE, evidenciando o impacto dessa proposta no social/financeiro, ressaltando que a limpeza das caixas d'água também é uma responsabilidade das famílias.

Comentários como esses vão ao encontro do que propõe Lara *et al.* (2021), mencionado na fundamentação teórica, no tangente a um Ensino de Química no desenvolvimento de habilidades proporcionado por atividades que promovam o pensamento crítico e envolvimento ativo dos alunos, além de reafirmar nosso papel de professor ao contribuir para o despertar desse senso crítico pelo aluno, mencionado, também na fundamentação teórica, por Costa (2016).

Esta experiência permitiu aos estudantes observar diretamente os processos de tratamento de água, compreender a aplicação de conceitos químicos, físicos e biológicos, e reconhecer a relação entre qualidade da água e saúde pública.

Os professores envolvidos diretamente também manifestaram suas satisfações através dos comentários abaixo:

A Visita técnica à CAGECE foi de extrema relevância para a construção de uma aprendizagem significativa sobre o objeto de estudo (água) anteriormente abordado nas aulas de biologia. O novo ensino médio traz como objetivo de estudo não só compreender os parâmetros físico-químicos como também conhecer a disponibilidade hídrica, o acesso e a forma como este recurso é tratado na realidade local dos alunos. Embora estas questões tenham sido vistas de forma teórica durante as aulas expositivas, a visita técnica propiciou a solidificação, aprimoramento e ampliação de conceitos, saberes e habilidades sobre cada uma das etapas envolvidas na estação de tratamento de água (ETA). Neste sentido, visitas como estas são indispensáveis para o fortalecimento e sucesso do processo de ensino aprendizagem da disciplina de biologia, disciplina que geralmente é vista pelos alunos como "difícil" devido ao seu caráter técnico-científico. (PROF1)

O PROF1 destacou a visita técnica à CAGECE como um reforço essencial para a construção de uma aprendizagem significativa. Ele enfatizou que, embora os parâmetros físico-químicos da água tenham sido abordados de forma teórica nas aulas, a visita possibilitou que os alunos solidificassem e ampliassem seus conhecimentos, especialmente sobre as etapas do processo de tratamento de água.

Essa experiência prática é, segundo ele, indispensável para o fortalecimento do ensino em Biologia, disciplina que os alunos frequentemente percebem como complexa devido ao seu caráter técnico-científico.

De acordo com o PROF2,

A interdisciplinaridade surge como uma ferramenta importante na aprendizagem por significado. Temas transversais como a Água, englobam conceitos biológicos, físicos e químicos possibilitando atividades que alcancem a área de Ciências da Natureza como um todo. Na disciplina de Física, paralelamente aos conceitos biológicos e químicos abordados no período da visita, os estudantes da turma do 2º enfermagem foram expostos ao teorema de Stevin que busca determinar a pressão exercida por um fluido Ph (pressão hidrostática) a uma determinada altura h. As questões dos principais vestibulares como o Enem (Ensino Nacional do Ensino Médio) contemplam o assunto através da análise de distribuições de fluidos. Ao se deparar com as estruturas da CAGECE, algumas grandezas foram observadas, como por exemplo o volume dos reservatórios e a altura em que foram instaladas, conceitos contemplados nas questões, concretizando a relevância das aulas de campo na fixação e auxílio na resolução de problemas. (PROF2)

O professor enfatizou a interdisciplinaridade como uma ferramenta vital para uma aprendizagem significativa. Ele destacou que o entendimento sobre a pressão hidrostática e outras grandezas, como o volume e a altura dos reservatórios, contribui para a aplicação dos conceitos em questões de vestibulares e auxilia na resolução de problemas práticos.

Conforme o PROF4 aponta,

Durante a visita técnica à unidade da CAGECE, foi possível observar de perto o complexo processo de tratamento da água, fundamental para a promoção da saúde pública. Como professora de enfermagem, destaco a importância dessa experiência prática para os alunos do segundo ano, que puderam entender a relação direta entre a qualidade da água e a prevenção de doenças. Acompanhamos as etapas de purificação e controle de qualidade, reforçando a relevância da água tratada para o bem-estar da comunidade. Essa vivência proporcionou aos futuros técnicos em enfermagem uma compreensão mais ampla do impacto das condições ambientais na saúde, fortalecendo seu compromisso com a promoção da saúde integral. (PROF4)

A professora de Enfermagem, identificada como PROF4, focou na importância da visita técnica para a compreensão do impacto da água tratada na saúde pública. Ela relatou que a observação direta do processo de purificação reforçou para os alunos a ligação entre a qualidade da água e a prevenção de doenças. Essa vivência prática proporcionou uma visão mais ampla sobre o papel dos futuros técnicos de enfermagem na promoção da saúde e bem-estar da comunidade.

A participação dos professores na visita técnica à CAGECE foi essencial para enriquecer o processo de ensino-aprendizagem dos alunos. Através da integração de conhecimentos teóricos e práticos, os professores de Biologia, Física e Enfermagem destacaram a importância da interdisciplinaridade no entendimento de temas como a água.

Esses comentários evidenciam que estamos alinhados com a proposta deste estudo, uma vez que os participantes, representados por PROF1, PROF2 e PROF4, destacam aspectos fundamentais como interdisciplinaridade, aprendizagem significativa e a relação entre conceitos científicos e aspectos sociais. Essa convergência fortalece a perspectiva de Correia *et al.* (2004), autores que somaram ao nosso referencial teórico, que enfatizam que uma abordagem interdisciplinar pode tornar mais significativa a aprendizagem dos conceitos científicos, mostrando que a integração de diferentes áreas do conhecimento contribui para um entendimento mais profundo e contextualizado dos conteúdos abordados.

3.4 ANÁLISES FÍSICA, QUÍMICA E BIOLÓGICA DA ÁGUA

Nosso terceiro encontro consistiu em uma aula no laboratório de Química da escola, voltada para a realização de experimentos de análises químicas, físicas e biológicas da água. O principal objetivo desse momento foi aprofundar a compreensão sobre os diferentes parâmetros de qualidade da água, promovendo a aplicação de métodos científicos na avaliação da potabilidade e na identificação de potenciais contaminações, contribuindo para a formação de uma visão crítica e responsável em relação ao uso e preservação dos recursos hídricos.

Contamos com a participação de um professor do IFCE de Acaraú, cidade vizinha, que aceitou o convite e disponibilizou seu tempo para vir à nossa escola e contribuir com informações valiosas, Figura 10.

Figura 10 – Realização da aula prática no laboratório de Química da Escola.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Após apresentações (nome, local de trabalho e área de atuação), o professor iniciou sua contribuição introduzindo conceitos importantes sobre parâmetros físicos da análise da água, destacando a importância de análises como: sólidos, turbidez, cor, sabor e odor, parâmetros que se classificam como físicos, por terem ausência de reações químicas, fenômenos que alteram a estrutura da matéria.

Para a realização de experimentos, utilizamos amostras A, B e C que correspondiam a amostras de água da ETA que chegava aos bebedouros dos alunos, água mineral e água que chegava, também da ETA, às torneiras do laboratório. No primeiro procedimento, executado na prática, construímos conhecimento sobre a análise de sólidos.

Colocamos uma amostra de 100 mL de água, no cadinho e levamos para secagem na estufa, Figura 11a. Esperamos alguns minutos para que a amostra de água evaporasse, o que nos deu tempo para realizar outros procedimentos. Em seguida, já com a água evaporada, pesamos o cadinho, Figura 11b, para obter o peso do resíduo sólido presente na água.

Figura 11 – Realização da análise de sólidos na água. (a) secagem da amostra na estufa; (b) pesagem do resíduo.



Fonte: Elaboração própria (2024).

De posse dos valores, aplicamos a fórmula

$$\text{TDS (mg/L)} = P_1 - P_0 \times 1000/V,$$

onde P_1 peso do resíduo seco em estufa + cadinho, P_0 é o peso do cadinho e V equivale ao volume da amostra em L. Abaixo o resultado apresentado pela amostra C.

$$\text{ST (mg/L)} = 58,552 - 58,514 \times 1000/0,1 = 380 \text{ mg/L}$$

Executamos o mesmo procedimento com as amostras B e A, apresentando os valores 520 mg/L e 630 mg/L, respectivamente. De acordo com o Ministério da Saúde (2017), o padrão de potabilidade é de, no máximo, 1.000 mg/L de sólidos totais dissolvidos. Portanto, as três amostras se apresentavam dentro do padrão. Porém, de acordo com a Resolução CONAMA n.º 20, o valor máximo é de 500 mg/L, estando apenas a solução C, dentro do padrão.

Infelizmente o equipamento para análise de turbidez, trazido pelo professor do IFCE, apresentou um problema que impossibilitou a realização prática, porém, foi possível obter informações de forma teórica. O professor falou a importância desse teste na medição da claridade da água e ressaltou que existe uma diferença entre cor

e turbidez. Enquanto a primeira pode ser removida por filtração, a turbidez requer processos adicionais como sedimentação.

Exploramos também os parâmetros químicos da água, como a presença de fósforo (P), nitrogênio (N), sulfato (SO_4^{2-}), íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), potencial hidrogeniônico (pH) e alcalinidade. Devido ao tempo e/ou falta de reagentes específicos, realizamos a parte prática referente aos três últimos citados.

Para determinar a quantidade de íons cálcio e magnésio nas amostras, Figura 12a, parâmetros que determinam a dureza da água, utilizamos a substância preto de eriocromo T ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{O}_7\text{SNa}$), Figura 12b, um indicador complexométrico utilizado em titulações e que apresenta variação de cor lilás (roxo), Figura 12c, para uma coloração azul-escuro, Figura 12d. Essa variação de cor indica a presença desses íons na solução, quanto mais escuro for a tonalidade do azul, mais íons estarão presentes.

Figura 12 – Realização de análises químicas da água: (a) Realização de análise de dureza da água; (b) Indicador utilizado na análise; (c) Início da titulação; e (d) término da titulação.



Fonte: Elaboração própria (2024).

De acordo com a página eletrônica da FUSATI², disponível no link <https://www.fusati.com.br/o-que-e-turbidez/>, acessado em 24 de junho de 2024, a portaria Nº 5 do Ministério da Saúde estabelece, de maneira geral, que o limite da

² Disponível em: <https://www.fusati.com.br/o-que-e-turbidez/>. Acessado em 24 de junho de 2024.

turbidez da água potável ou valor máximo permitido é de 5 unidades de turbidez (uT), que pode ser determinado pela fórmula a seguir:

$$\text{Dureza}_{(\text{mg/L})} = V_{\text{EDTA}} (\text{mL}) \times 0,0125\text{M} \times 50.000 / V(\text{H}_2\text{O}),$$

onde V_{EDTA} é o volume de ácido etilenodiamino tetra-acético ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) utilizado, 0,0125M é a concentração em quantidade de matéria dessa substância, o 50.000 é da fórmula e $V(\text{H}_2\text{O})$ corresponde ao volume da água, em mL, utilizada na titulação.

Na análise de 50 mL de água da amostra A, foi utilizado 1,6 mL do EDTA na titulação, o que resultou no cálculo abaixo:

$$\text{Dureza}_{(\text{mg/L})} = 1,6\text{mL} \times 0,0125\text{M} \times 50.000 / 50 = 20 \text{ uT}$$

Repetindo o procedimento nas outras duas amostras chegamos aos valores de 5,6 uT para a amostra B e 2,5 uT, para a amostra C. Embora a amostra B tenha se aproximado do limite, apenas a amostra C estava dentro do padrão.

Quanto ao pH, embora seja do conhecimento dos alunos que pode ser determinado pela fórmula $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$, a determinação do pH das amostras foi facilitada, já que dispusemos de um pHmetro digital, Figura 13.

Figura 13 – Medição de pH das amostras.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Vale destacar o cuidado na limpeza do equipamento com água destilada, para que nenhuma impureza ou vestígio das outras soluções interferissem nos resultados. Após os procedimentos, chegamos aos seguintes resultados:

Tabela 3 – Valores de pH das amostras analisadas.

Amostras	Valores de pH
A	8,17
B	8,15
C	7,93

Fonte: Elaboração própria (2024).

Diante dos valores obtidos, concluímos que as três amostras estão dentro do padrão, pois de acordo com o Ministério da Saúde (2017), o pH da água potável deve apresentar valores entre 6,5 e 9.

No último parâmetro químico, o teste da alcalinidade, fizemos uso de uma solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4), de concentração 0,1N e um indicador ácido-base. Esse teste é utilizado para determinar a concentração de íons carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-) estão presentes na água. Inicialmente acrescentamos à solução de ácido, algumas gotas do indicador alaranjado de metila, que resultou em uma coloração amarela. À medida que a titulação ia acontecendo, essa coloração alterou para laranja, o que indicava que os íons carbonato e bicarbonato presentes na solução, tinham sido neutralizados pela solução ácida presente na bureta.

Para determinar o teor de alcalinidade utilizamos a fórmula:

$$\text{Alcalinidade} = V_{H_2SO_4} \times 0,02N \times 50.000/V(H_2O),$$

onde $V_{H_2SO_4}$ é o volume de ácido utilizado, 0,02M é a concentração dessa substância medida em normalidade, o 50.000 da fórmula e $V(H_2O)$ corresponde ao volume da água, em mL, utilizada na titulação. Com os cálculos realizados chegamos aos valores: 70 mg/L, para a amostra A; 85 mg/L, para a amostra B; e 25 mg/L, para a amostra C, todas dentro do padrão já que a OMS recomenda uma concentração entre 20 e 200 mg/L.

Quanto aos parâmetros biológicos, tivemos que nos contentar com a teoria. Percebemos que essas análises biológicas são bem complexas, exigindo muito tempo e alguns reagentes que necessitam de muito recurso financeiro. Porém, ficou claro que essas análises são bastante importantes já que determinam se a água analisada

apresenta micro-organismo indicadores de contaminações. A fala do professor contemplou análises que determinam a presença de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, causadores de doenças como esquistossomose, ascaridíase, teníase, entre outras.

Foi perceptível que as duas aulas destinadas a essa prática não foram o suficiente para que todos os cálculos, das análises físicas e químicas, fossem assimilados. Isso ficou claro nos relatórios apresentados pelos alunos, pois ficou perceptível que abordagens mais teóricas apresentaram melhores resultados quando comparadas com as que necessitavam de cálculos. Mas isso não é surpresa para nós visto que Zabala (Op. cit.) já afirmava que, ao trabalhar com SD, seria essencial respeitar o nível de desenvolvimento de cada aluno, propondo atividades adequadas às suas capacidades. O que nos faz acreditar que revisitações em livros e sites para maior aprofundamento do assunto, assim como algumas explicações em salas são fundamentais para a assimilação desse conteúdo.

Esse nosso terceiro encontro, aula prática no laboratório de Química, centrada na análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos da água, exemplificou a integração dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais conforme destacados por esse mesmo autor.

Os *conteúdos conceituais* foram abordados inicialmente pelo professor convidado, que introduziu os fundamentos teóricos das análises de qualidade da água, incluindo conceitos sobre turbidez, cor e parâmetros químicos como pH, íons cálcio e magnésio.

Durante os experimentos, os alunos aplicaram *conteúdos procedimentais*, como a utilização de cadinhos para evaporação de água, titulações para medir dureza e alcalinidade, e o uso de um pHmetro digital, demonstrando habilidades práticas na manipulação de equipamentos e reagentes.

Além disso, a atividade promoveu o desenvolvimento de *conteúdos atitudinais*, ao incentivar uma postura crítica e responsável em relação à preservação dos recursos hídricos, evidenciado pelo cuidado na limpeza dos equipamentos e a compreensão da importância de análises precisas para garantir a potabilidade da água.

Assim, a experiência laboratorial não apenas consolidou conhecimentos teóricos e práticos, mas também fomentou valores essenciais para a atuação consciente dos alunos como cidadãos responsáveis.

3.5 MAPAS CONCEITUAIS

No quarto encontro, os alunos trabalharam, em grupos de até três membros, na elaboração de mapas conceituais com o tema "Água para Consumo Humano". Essa atividade teve como objetivo fomentar a capacidade de síntese, organização e retenção de informações dos alunos por meio da elaboração de mapas conceituais, visando facilitar a compreensão de conceitos complexos e a interconexão de ideias, resultando em uma aprendizagem mais significativa e duradoura.

Para essa atividade, nos dirigimos ao laboratório de informática da escola, Figura 14, para realizar pesquisas inicialmente, para depois os alunos organizarem as informações em um mapa conceitual. Ao apresentar a proposta, destaquei a importância de abordar não apenas aspectos científicos, mas também os aspectos tecnológicos e sociais relacionados ao tema.

Figura 14 – Elaboração de mapas conceituais no Laboratório de Informática da Escola.



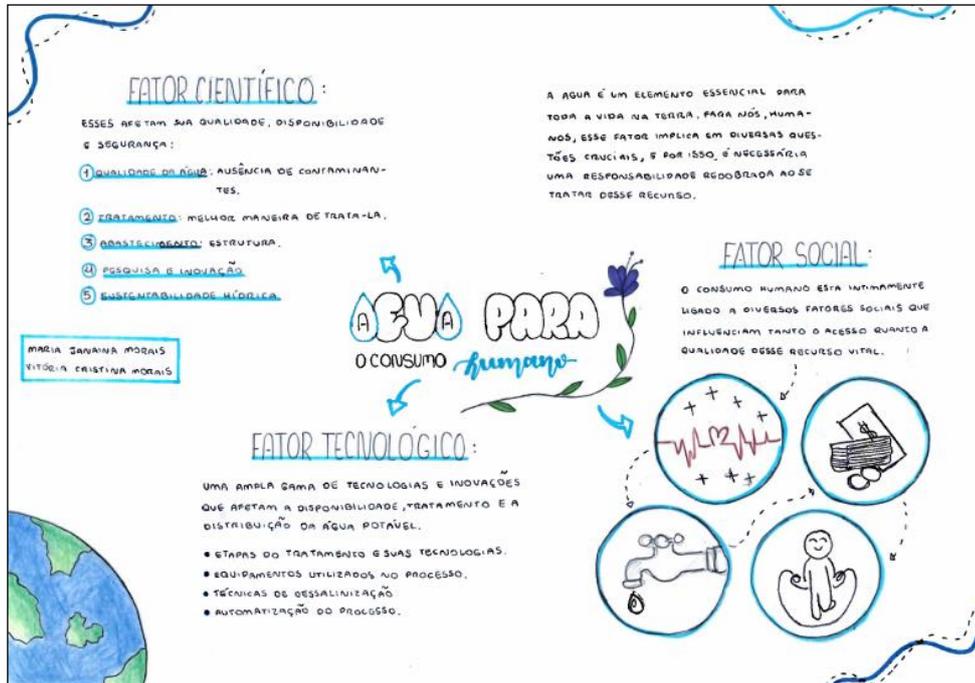
Fonte: Elaboração própria (2024).

Foi dada ao aluno a oportunidade de escolher entre criar seus mapas conceituais em papel, de forma manuscrita, ou utilizando ferramentas digitais como *PowerPoint*, *Canva*, entre outras. Esse livre-arbítrio colaborou para a promoção da autonomia e da responsabilidade no próprio aprendizado. Para os que optaram pela forma manuscrita, recebi o produto ao final do tempo dedicado a essa atividade, duas aulas de 50 minutos cada. Para os que optaram pela forma digital, disponibilizei um

e-mail para envio. Abaixo, Figura 15, disponibilizo alguns exemplos dos trabalhos produzidos pelos alunos.

Figura 15 – Exemplos de mapas conceituais produzidos. (a) Mapa conceitual manuscrito; (b) Mapa conceitual digital.

15a



15b



Fonte: Elaboração própria (2024).

Para uma análise mais detalhada das respostas, foram utilizadas as categorias propostas por Diniz Júnior e Silva (2014). No entanto, as outras 17 produções seguiram o formato dos dois mapas conceituais, representados nas figuras 15a e 15b,

que incluem comentários sobre três aspectos principais: científicos, tecnológicos e sociais. As produções analisadas, conforme as categorias apresentadas no Quadro 4, foram classificadas na categoria B, que corresponde ao momento em que os alunos conseguem associar conceitos científicos a questões sociais e/ou tecnológicas. Acreditamos que essa ênfase nos três aspectos, presentes desde o início, já na apresentação em slides, contribuiu para esse resultado.

Entre os aspectos científicos abordados, destacaram-se as análises científicas, a composição química da água e os parâmetros físico-químicos. No âmbito tecnológico, foram discutidos os sistemas de monitoramento de consumo, volume, vazão e pressão, além dos métodos de tratamento de água. Já no contexto social, os alunos abordaram questões como o acesso à água, o viés econômico, a importância do abastecimento de água no mundo, a higiene pessoal e a saúde pública.

Esse exercício colaborativo permitiu aos estudantes integrar e aplicar, de forma prática, os conhecimentos adquiridos ao longo dos encontros, validando assim a SD baseada na abordagem CTS no contexto da educação básica. Foi perceptível como essa ferramenta promoveu uma capacidade única de visualizar e conectar conceitos complexos de maneira acessível e envolvente.

3.6 APRESENTAÇÃO DE *BANNERS*

Nosso quinto e penúltimo encontro consistiu na apresentação de *banners* para a comunidade escolar, Figura 16. Esse momento teve como objetivos, incentivar a pesquisa, a criatividade e a comunicação dos alunos através da apresentação de *banners* para a comunidade escolar, com o propósito de promover o trabalho colaborativo e proporcionar uma oportunidade de compartilhar conhecimentos de maneira acessível e envolvente com colegas e membros da comunidade escolar. Para isso, a turma foi dividida em nove grupos, com cinco membros cada, os quais trabalharam em informações sobre as vivências durante a aplicação da nossa SD.

Figura 16 – Apresentação de *banners* pelas equipes.



Fonte: Elaboração própria (2024).

O primeiro grupo abordou os métodos de tratamento da água, trazendo uma explicação de maneira clara e didática como os processos de filtração, cloração, decantação, coagulação, floculação e distribuição da água são essenciais para garantir a potabilidade da água.

Houve engajamento e participação da comunidade escolar que acompanhava a apresentação dos trabalhos, não apenas dessa equipe, claro, e essa dinâmica engrateceu enormemente a atividade executada.

O segundo grupo apresentou relatos de nossa visita à CAGECE e isso foi um ponto alto da pesquisa, já que a comunidade escolar pôde confrontar as informações do primeiro grupo, que trouxe informações do que é esperado encontrar em uma ETA, com o que existe em nossa estação de tratamento. Esse grupo relatou a importância de ver, na prática, como é o funcionamento de uma ETA, para compreender os desafios enfrentados para garantir a água potável à comunidade.

Um outro grupo ficou responsável por apresentar os relatos da experiência que tiveram no laboratório, com a participação do professor do IFCE, onde executamos algumas práticas sobre análises físicas e químicas, assim como informações importantes sobre as análises biológicas.

Os grupos quatro, cinco e seis apresentaram, respectivamente, aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano. O grupo responsável pelos aspectos científicos apresentou uma visão detalhada dos

processos de purificação utilizados nas ETAs, como os citados acima, turbidez, correção de pH e desinfecção. Eles também destacaram a importância do controle de qualidade, enfatizando a necessidade de monitoramento constante da qualidade da água por meio de testes microbiológicos, físico-químicos e de toxicidade. Além disso, foram discutidos estudos de contaminantes, com foco em pesquisas científicas sobre a presença de contaminantes emergentes, como produtos farmacêuticos, produtos de cuidados pessoais e poluentes orgânicos persistentes.

A equipe responsável pelos aspectos tecnológicos, associados à água para consumo humano, abordou informações acerca das inovações no tratamento de água, como sistemas de membranas avançadas; e processos de oxidação avançada e nanotecnologia aplicada ao tratamento de água. Eles também destacaram o uso de sensores e sistemas de monitoramento remoto para garantir a eficiência operacional e a segurança das ETAs. Além disso, abordaram a automação e a inteligência artificial implementadas, a fim de otimizar processos, prever demandas e detectar anomalias.

Em relação aos aspectos sociais, a equipe responsável destacou as disparidades socioeconômicas e geográficas que afetam diferentes comunidades. Discutiram o impacto significativo da água contaminada na saúde pública, incluindo a propagação de doenças transmitidas pela água e problemas de saúde crônicos. Além disso, enfatizaram a importância da educação e conscientização sobre o consumo responsável de água e a conservação dos recursos hídricos. A equipe também ressaltou a necessidade de políticas públicas eficazes e investimentos em infraestrutura para garantir que todos tenham acesso à água de qualidade, reconhecendo que a disponibilidade e qualidade da água são fundamentais para o desenvolvimento sustentável e o bem-estar das populações.

O sétimo grupo trouxe informações sobre a experiência com mapas conceituais, apresentando os trabalhos produzidos pela turma além de relatos de como foi participar desse momento; o oitavo grupo colaborou com curiosidades através da temática água em números, trazendo informações sobre a água necessária à produção agropecuária, quantidade de água necessária à hidratação do corpo, quantidade de água doce disponível no mundo, entre outras informações.

Por último, e não menos importante, o nono grupo apresentou informações sobre tipos de água. Esse recurso, essencial à vida, apresenta-se em diversas formas, cada uma com características e usos específicos. A água mineral, por exemplo, é extraída de fontes subterrâneas protegidas e contém uma variedade de minerais

naturais benéficos à saúde, como cálcio e magnésio. A água adicionada de sais, por outro lado, é água tratada à qual se adicionam sais minerais artificialmente para melhorar seu sabor e propriedades nutricionais. A água destilada é purificada através de destilação, removendo impurezas e minerais, sendo frequentemente utilizada em laboratórios e indústrias devido à sua alta pureza. A água potável é o termo utilizado quando esse recurso é seguro para o consumo humano e deve atender a padrões rigorosos de qualidade, incluindo a ausência de contaminantes nocivos.

Outros tipos de água incluem a água deionizada, usada em processos industriais e científicos devido à ausência de íons, e a água alcalina, que possui um pH elevado e é promovida por seus supostos benefícios à saúde. Podemos perceber que cada tipo de água tem seu papel específico, refletindo a diversidade e a importância desse recurso vital.

Esta penúltima etapa do nosso trabalho proporcionou um aprendizado eficiente através das trocas de experiências estimulando “conhecimento”, “comunicação”, “argumentação” e o desenvolvimento do “pensamento científico, crítico e criativo”, presentes na BNCC. Ante o exposto, acreditamos que essa etapa não apenas desenvolveu essas competências, mas, também, foram ao encontro do que propõe Zabala (Op. cit.) em seus conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Conceitualmente, os alunos consolidam e demonstram seu entendimento teórico sobre temas relevantes, como a água e seus diferentes tipos, tratamentos e impactos. Procedimentalmente, a elaboração e apresentação de *banners* desenvolvem habilidades práticas, como pesquisa, síntese de informações, design gráfico e comunicação efetiva. Atitudinalmente, esta atividade promove valores importantes, como a responsabilidade ambiental, a colaboração em equipe e o compromisso com a aprendizagem contínua.

Ao integrar esses três aspectos, a atividade demonstrou sua capacidade de proporcionar uma aprendizagem significativa e integral, preparando os alunos para aplicar seus conhecimentos e habilidades de forma crítica e responsável na vida real.

3.7 APLICAÇÃO DO FORMULÁRIO PROGNÓSTICO

Chegamos à última etapa de aplicação da nossa SD, aplicação de um formulário pós-intervenções, mas antes de nos debruçar sobre os seus resultados, se faz importante refletir sobre o caminho traçado até aqui. Desde a aplicação do

formulário diagnóstico ocorreram vários trabalhos como aula expositiva, confecção de mapas conceituais, realização de experimentos no laboratório de Química, pesquisas no laboratório de Informática, confecção e apresentação de *banners*, contribuições em murais de textos, produção de relatórios e discussões entre os envolvidos.

Após todo esse processo os alunos foram convidados a se dirigirem mais uma vez ao laboratório de Informática da escola e foram submetidos a essa nova aplicação de formulário, Figura 17, disponível no link https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdXP_MmznRIxgJavHxQH_jUh0q8kCBtFWoD5wnhGzypVqU3rw/viewform, e também no APÊNDICE E. Participaram desse momento trinta e nove alunos, três estavam ausentes no dia e outros três tiveram algum problema com o envio das respostas.

Figura 17 – Aplicação do formulário prognóstico.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Como mencionado no tópico 2.4.1, implementamos um sistema que categoriza as respostas em três principais grupos: Resposta Satisfatória (RS), Resposta Pouco Satisfatória (RPS) e Resposta Insatisfatória (RI), conforme proposto por Simões Neto *et al.* (2016), o que nos permitiu organizar e classificar respostas subjetivas em categorias predefinidas, tornando-as mais concretas e comparáveis. Acerca disso, analisamos, ainda, as perguntas em três grupos: (i) Aspectos científicos, Quadro 6; (ii) aspectos tecnológicos, Quadro 7; e (iii) aspectos sociais, Quadro 8.

Quadro 6 – Relação das respostas dos alunos nos aspectos científicos e os critérios propostos por Simões Neto *et al.*

(continua)

PERGUNTA 1 - Quais os processos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano que você aprendeu durante nossas atividades		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS 51,28%	RPS – 25,64%	RI – 23,07%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>“Captação, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação.”</i>	<i>“Floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação”.</i>	<i>“Floculação e decantação”.</i>
JUSTIFICATIVA		
Respostas que mencionaram todos ou quase todos os principais processos químicos no tratamento da água.	Respostas que mencionaram alguns dos principais processos, mas não todos, ou que têm algumas imprecisões	Respostas que mencionaram poucos processos ou têm informações significativamente incorretas ou incompletas.
PERGUNTA 2 - Explique como a análise dos parâmetros de qualidade da água (químicos, físicos e biológicos) pode afetar a saúde pública.		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS 53,84%	RPS – 28,20%	RI – 17,94%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>“A análise dos parâmetros de qualidade da água é importante para identificar e eliminar contaminantes, garantindo a potabilidade e prevenindo doenças de origem hídrica, como gastroenterite e intoxicações. Observar esses parâmetros estabelece que a água atende aos padrões de saúde pública, protegendo a população contra riscos à saúde.”</i>	<i>“Analisar de forma realista esses parâmetros de qualidade da água é de extrema importância, pois teremos a oportunidade de evitar diversos tipos de contratempo. Podemos citar como exemplo a prevenção de doenças transmitidas pela água, que na maioria das vezes, acarreta um dano gastrointestinal.”</i>	<i>“Afeta de forma que se não for analisado, afeta a saúde e questões socioeconômicas e financeiras.”</i>
JUSTIFICATIVA		
Respostas que mencionaram a importância da análise dos parâmetros de qualidade da água e explicam como esses parâmetros afetam a saúde pública de forma detalhada e correta.	Respostas que mencionaram a importância da análise dos parâmetros de qualidade da água, mas fornecem explicações superficiais ou incompletas	Respostas que não conseguiram explicar adequadamente a importância da análise dos parâmetros de qualidade da água ou forneceram informações incorretas

Quadro 6 – Relação das respostas dos alunos nos aspectos científicos e os critérios propostos por Simões Neto *et al.*

(conclusão)

PERGUNTA 9 - Como as outras ciências, Biologia e Física, se fizeram presentes em nosso estudo?		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS 66,66%	RPS – 23,07%	RI – 10,25%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>"Durante o estudo sobre água para consumo humano, tanto a Biologia quanto a Física desempenharam papéis essenciais. A Biologia contribuiu significativamente ao explorar aspectos como a qualidade microbiológica da água, os ecossistemas aquáticos e os impactos da contaminação na saúde humana. Por outro lado, a Física proporcionou uma compreensão profunda das propriedades físicas da água, essenciais para o tratamento e uso eficiente deste recurso."</i>	<i>"A biologia e a física estão diretamente relacionados uns com os outros, elas se fizeram importantes para a compreensão em diversos âmbitos durante todo o processo."</i>	<i>"elas se fizeram presentes em todo o processo principalmente no processo de purificação da água"</i>
JUSTIFICATIVA		
Esta resposta foi mais além ao mencionar não apenas os aspectos biológicos e físicos, mas também sua interação e impacto na saúde humana e na eficiência do tratamento da água.	Embora reconheça a importância das disciplinas, a resposta não especificou como exatamente a Biologia e a Física contribuíram para o estudo da qualidade da água.	A resposta é muito genérica e não ofereceu detalhes específicos sobre como Biologia e Física contribuíram para o estudo da água.

Fonte: Elaboração própria (2024).

Analisando a primeira pergunta, acerca de “quais os processos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano que ele identificou durante nossas atividades”, os alunos relataram que, durante as atividades, aprenderam sobre diversos processos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano. Entre os processos mencionados estão: coagulação, onde são utilizados produtos como sulfato de alumínio para aglomerar partículas; floculação, que facilita a remoção dessas partículas; decantação, que separa os flocos da água; filtração, que remove partículas ao passar a água por camadas filtrantes; e desinfecção, que utiliza cloro ou outros agentes para eliminar microrganismos.

Além disso, mencionaram a fluoretação, a correção do pH, a adsorção em carvão ativado para remoção de compostos orgânicos, e a osmose reversa. Esses processos garantem que a água tratada seja segura e dentro dos padrões de qualidade para consumo humano.

Os resultados do questionário mostraram que uma significativa proporção dos alunos conseguiu identificar os principais processos químicos utilizados no tratamento

da água para consumo humano. Entre as respostas, 51,28%, foram consideradas Satisfatórias (RS), mencionando de forma abrangente, processos como coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e ajuste de pH. Já 25,64% das respostas foram classificadas como Pouco Satisfatórias (RPS), citando alguns desses processos, mas com certas omissões ou imprecisões. Por fim, 23,07% das respostas foram consideradas Insatisfatórias (RI), mencionando poucos processos ou apresentando informações incorretas.

Em um viés mais científico social, os discentes foram convidados a explicar “como a análise dos parâmetros de qualidade da água (químicos, físicos e biológicos) poderia afetar a saúde pública”. Eles destacaram que, através dessa análise, é possível identificar e eliminar contaminantes que poderiam prejudicar a saúde humana. Parâmetros químicos, como pH, metais pesados e compostos orgânicos, são monitorados para prevenir problemas de saúde agudos e crônicos, incluindo intoxicações e doenças como câncer. Parâmetros físicos, como cor, turbidez e temperatura, ajudam a identificar a presença de substâncias tóxicas e patógenos, enquanto parâmetros biológicos, como a presença de bactérias e outros microrganismos, são fundamentais para prevenir doenças gastrointestinais e outras infecções transmitidas pela água.

Os resultados do questionário mostraram que uma proporção significativa dos alunos conseguiu identificar a importância da análise dos parâmetros de qualidade da água para a saúde pública, com 53,84% das respostas sendo consideradas Satisfatórias (RS), mencionando de forma abrangente os parâmetros químicos, físicos e biológicos e seus impactos na saúde pública. 28,20% das respostas foram classificadas como Pouco Satisfatórias (RPS), citando alguns desses parâmetros, mas com certas omissões ou imprecisões. Por fim, 17,94% das respostas foram consideradas Insatisfatórias (RI), mencionando poucos parâmetros ou apresentando informações superficiais e imprecisas.

A monitorização rigorosa desses parâmetros assegura que a água consumida atenda aos padrões de saúde pública, prevenindo surtos de doenças e protegendo a população, especialmente os mais vulneráveis. Além disso, a análise adequada desses parâmetros contribui para a redução dos custos de saúde e a garantia de água potável segura, crucial para o bem-estar e a economia das comunidades.

Com base nas respostas fornecidas pelos alunos sobre “como as ciências da Biologia e Física se fizeram presentes no estudo da água para consumo humano”,

podemos concluir que a maioria dos estudantes conseguiu identificar e relacionar adequadamente os conceitos dessas disciplinas ao tema abordado. De acordo com a análise, 66,66% das respostas foram consideradas Satisfatórias (RS), demonstrando uma compreensão clara da aplicação da Biologia e Física no tratamento da água, como a importância dos microrganismos e parâmetros físicos na qualidade da água. Já 23,07% das respostas foram classificadas como Pouco Satisfatórias (RPS), reconhecendo a importância das disciplinas, mas sem detalhar como exatamente elas contribuíram para o estudo. Por fim, 10,25% das respostas foram consideradas Insatisfatórias (RI), por serem muito genéricas e não oferecerem detalhes específicos sobre a contribuição das ciências da Biologia e Física no contexto do tratamento da água.

Este resultado apoia as ideias defendidas por Japiassu (1976), Flor (2007), Silva et al. (2013) e Dickman et al. (2014), que argumentam sobre as vantagens de um ensino menos fragmentado e mais holístico. A pesquisa evidencia que o ensino interdisciplinar promoveu uma integração efetiva entre as áreas das ciências naturais e o tema da água para consumo humano, aproximando os alunos de uma compreensão mais ampla e contextualizada do conteúdo. Tal alinhamento com as diretrizes da BNCC reforça o sucesso significativo da abordagem adotada, pois além de fomentar uma visão interdisciplinar, estimula nos estudantes a habilidade de conectar saberes teóricos com questões práticas e atuais. Esse progresso positivo reflete o alcance do objetivo de avaliar as contribuições das ciências naturais para a aprendizagem, demonstrando como esses conhecimentos interligados podem impactar de maneira significativa a formação crítica dos alunos sobre temas relevantes para a sociedade.

O Quadro 7, a seguir, oferece uma análise detalhada das contribuições dos alunos sobre os aspectos tecnológicos envolvidos no tema da água destinada ao consumo humano. Esse quadro apresenta como os estudantes compreenderam e discutiram o papel das tecnologias no processo de purificação e tratamento da água, evidenciando o impacto desses recursos tecnológicos na melhoria da qualidade e segurança da água consumida pela população.

Quadro 7 – Relação das respostas dos alunos nos aspectos tecnológicos e os critérios propostos por Simões Neto *et al.*

Pergunta 3 - Qual a importância dos recursos tecnológicos no processo de purificação da água?		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS 33,33%	RPS – 33,33%	RI – 33,33%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<p><i>"A análise da qualidade da água, envolvendo parâmetros químicos, físicos e biológicos, é essencial para a saúde pública: Químicos: Contaminantes como metais pesados e pesticidas podem causar doenças graves, incluindo câncer e problemas neurológicos. Físicos: Alta turbidez, temperatura inadequada e mudanças na cor e odor podem indicar a presença de substâncias tóxicas e patógenos. Biológicos: Presença de bactérias e outros patógenos pode levar a doenças como cólera e hepatite. Garantir água de boa qualidade previne doenças, reduz custos de saúde e protege especialmente os mais vulneráveis."</i></p>	<p><i>"Ela permite identificar possíveis contaminações por substâncias químicas ou biológicas prejudiciais à saúde humana. Também possibilita mensurar os níveis de nutrientes importantes para atividades como pesquisas científicas."</i></p>	<p><i>"Afeta nas doenças, na economia e na tecnologia".</i></p>
JUSTIFICATIVA		
<p>Respostas que forneceram explicações detalhadas sobre como a análise dos parâmetros de qualidade da água afeta a saúde pública.</p>	<p>Respostas que mencionaram a importância da análise, mas com explicações superficiais ou incompletas.</p>	<p>Respostas que não conseguiram explicar adequadamente a importância da análise dos parâmetros de qualidade da água ou forneceram informações incorretas.</p>

Fonte: Elaboração própria (2024).

Como observado, o Quadro 7 apresenta uma análise das respostas dos alunos sobre "a importância dos recursos tecnológicos no processo de purificação da água". De maneira geral, os alunos destacaram como a tecnologia desempenha um papel essencial na remoção de contaminantes e na garantia da qualidade da água potável. Eles apontaram que as inovações tecnológicas são cruciais para o sucesso do tratamento de água, contribuindo para a eficiência e a eficácia dos processos, o que resulta em água segura para o consumo humano.

Além disso, os recursos tecnológicos foram mencionados como fundamentais para o monitoramento contínuo da qualidade da água. Sensores e dispositivos modernos permitem a coleta de dados em tempo real, o que é vital para a detecção

precoce de problemas e para a manutenção da segurança da água em todas as etapas do tratamento. Esse monitoramento constante assegura que os padrões de qualidade sejam cumpridos, protegendo a saúde pública e prevenindo doenças relacionadas à água.

Porém, quando analisamos nas três categorias, observamos que as respostas apresentaram resultados iguais entre RS, RPS e RI. As primeiras destacaram a relevância dos parâmetros químicos, físicos e biológicos na análise da qualidade da água para a saúde pública, explicando detalhadamente como a presença de contaminantes pode afetar a saúde humana. Já as RPS mencionaram a importância da análise, mas de forma superficial, enquanto as últimas falharam em explicar adequadamente a relevância dos parâmetros de qualidade da água ou forneceram informações incorretas.

Apresentamos no Quadro 8, a seguir, a análise das contribuições dos alunos sobre os aspectos tecnológicos relacionados à água para consumo humano.

Quadro 8 – Relação das respostas dos alunos nos aspectos sociais e os critérios propostos por Simões Neto *et al.*

(continua)

Pergunta 4 – Qual a importância da água tratada para a sociedade e como ela influencia a qualidade de vida das pessoas?		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS – 74,36%	RPS – 20,51%	RI – 5,12%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>"A água tratada é essencial para a sociedade, pois previne doenças transmitidas pela água, melhorando a saúde pública e reduzindo a mortalidade. Além disso, água de qualidade promove a segurança alimentar, ao ser utilizada na preparação de alimentos, e apoia atividades econômicas, como a agricultura e a indústria, influenciando diretamente a qualidade de vida."</i>	<i>"Uma boa qualidade de água influencia em vários meios, contudo, os fatores de saúde, pois uma água mal tratada pode vir a causar doenças."</i>	<i>"Quando a água é tratada, a qualidade de vida da população se torna melhor."</i>
JUSTIFICATIVA		
Respostas que abordaram múltiplos aspectos da importância da água tratada, como saúde pública, desenvolvimento econômico, segurança alimentar, higiene, e sustentabilidade ambiental.	Respostas que mencionaram a importância da água tratada, mas de maneira menos detalhada ou focando em um aspecto específico sem explorar outros pontos relevantes.	Respostas que são muito genéricas ou não abordaram diretamente a importância da água tratada para a sociedade.

Quadro 8 – Relação das respostas dos alunos nos aspectos sociais e os critérios propostos por Simões Neto *et al.*

(conclusão)

PERGUNTA 11 - Como você avalia o impacto da qualidade da água em comunidades carentes? De que forma a participação na atividade ajudou você a entender esses desafios sociais?		
QUANTIFICAÇÃO, APROXIMADA, EM PORCENTAGEM		
RS – 64,10%	RPS – 23,07%	RI – 12,82%
EXEMPLOS DE RESPOSTAS		
<i>"Aprendi que o tratamento adequado da água não apenas melhora sua qualidade para consumo humano, mas também garante que os recursos hídricos estejam disponíveis para as gerações futuras, se forem utilizados de maneira sustentável.</i>	<i>"Me ajudou mostrando a importância do tratamento e as consequências dele na nossa saúde e no meio ambiente</i>	<i>"Ajudou de uma maneira muito grande, onde foi bem aprofundado o assunto e consegui abranger mais conhecimento".</i>
JUSTIFICATIVA		
Compreensão clara da relação entre qualidade da água, sustentabilidade e saúde pública.	Resposta menos relevante que não demonstram um entendimento profundo	Exemplos vagos, não relacionados diretamente ao tema, ou informações incorretas.

Fonte: Elaboração própria (2024).

Os alunos foram questionados sobre “a importância da água tratada para a sociedade e como ela influencia a qualidade de vida das pessoas”. A análise das respostas revelou um entendimento abrangente do tema. A maioria das respostas destacou a relevância da água tratada na prevenção de doenças, melhoria da saúde pública, e promoção da segurança alimentar. Além disso, muitos alunos reconheceram o papel fundamental da água tratada no desenvolvimento econômico e na sustentabilidade ambiental. Houve também menções à importância da água para a higiene e o bem-estar social, evidenciando uma compreensão clara de como a qualidade da água influencia diretamente a qualidade de vida das pessoas.

A maioria (74,36%) apresentou uma compreensão satisfatória do tema, abordando aspectos multifacetados como a saúde pública, o desenvolvimento econômico, a segurança alimentar, a higiene e a sustentabilidade ambiental. Uma parcela significativa (20,51%) das respostas foi classificada como pouco satisfatória, mencionando a importância da água tratada de forma mais limitada ou focando em aspectos específicos. Por fim, uma menor proporção (5,12%) das respostas foi considerada insatisfatória, sendo muito genéricas ou não abordando diretamente a importância da água tratada para a sociedade.

Ainda nesse eixo, “sobre o impacto da qualidade da água em comunidades carentes” revelou uma compreensão significativa dos desafios sociais, 64,10% dos

alunos forneceram respostas satisfatórias, destacando a importância do tratamento adequado da água para a saúde e a sustentabilidade dos recursos hídricos. Esses alunos mostraram um entendimento claro da relação entre a qualidade da água e a saúde pública, com exemplos que refletiram uma análise profunda do tema. Em contraste, 23,07% das respostas foram consideradas pouco satisfatórias, mostrando uma compreensão limitada e menos relevante do impacto social e ambiental. Os 12,82% restantes apresentaram respostas insatisfatórias, com exemplos vagos e informações incorretas ou mal direcionadas.

Em um viés mais didático, afim de avaliar as contribuições à aprendizagem dos estudantes sobre água para consumo humano a partir da abordagem CTS, um dos objetivos deste trabalho, perguntamos, também, aos alunos, “de que maneira a participação do aluno em nossa SD, influenciou sua consciência sobre a importância de práticas sustentáveis e o uso responsável da água na sociedade”. As respostas demonstram que os alunos aprenderam a valorizar a água como um recurso vital e finito, compreendendo a necessidade de não desperdiçar e de adotar hábitos de consumo consciente. A experiência proporcionou um entendimento mais abrangente sobre os processos de tratamento e as tecnologias envolvidas, sensibilizando-os para a importância da conservação dos recursos hídricos.

Além disso, atividades como a apresentação de *banners* e a participação em visitas técnicas incentivaram os alunos a repassar os conhecimentos adquiridos para a comunidade escolar e familiares, destacando a importância da educação e da conscientização para promover comportamentos responsáveis. A reflexão sobre a escassez de água em comunidades carentes e o impacto ambiental das práticas de consumo irresponsável reforçou o compromisso dos alunos em apoiar iniciativas que contribuam para a sustentabilidade ambiental e a preservação dos recursos hídricos para as futuras gerações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como foco analisar os limites e as potencialidades de uma SD sobre a temática água para consumo humano, aplicada sob a ótica da abordagem CTS com estudantes de uma escola pública na região norte do Ceará. A sua implementação demonstrou não apenas uma resposta eficaz às críticas aos métodos tradicionais de ensino, mas também uma transformação significativa na dinâmica de aprendizado dos estudantes, promovendo uma compreensão profunda e contextualizada dos conceitos químicos envolvidos no tratamento da água para consumo humano.

Além disso, a SD mostrou-se uma alternativa viável para superar desafios contemporâneos no Ensino de Química, tais como a ênfase excessiva na memorização de fatos e fórmulas sem contextualização, a percepção de dificuldade em relação aos conteúdos e a sensação de irrelevância dos temas abordados. Ao conectar os conceitos químicos com aspectos tecnológicos e sociais, a SD contribuiu para desmistificar a aparente complexidade desse componente curricular, demonstrando a importância crítica da química da água potável não somente para o seu fornecimento seguro, mas também para questões ambientais e de saúde pública.

O objetivo geral deste estudo, de analisar os limites e potencialidades da SD, foi atingido ao se observar que a implementação da nossa SD além de ter contextualizado o objeto de estudo para os estudantes, promoveu, ainda, uma aprendizagem mais motivadora, uma vez que os dados coletados, por meio das atividades desenvolvidas, mostraram um aumento no interesse e na compreensão dos conceitos relacionados à qualidade da água, visto que muitos estudantes relataram uma maior conexão entre os conteúdos estudados e sua aplicação no dia a dia.

Ao propor esta SD articulando conceitos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano, a pesquisa evidenciou a importância de integrar diferentes aspectos científicos, tecnológicos e sociais. Através das atividades desenvolvidas, como visitas técnicas a ETA e análises laboratoriais, os estudantes demonstraram capacidade de compreender melhor os processos envolvidos na purificação da água, bem como as implicações sociais e tecnológicas dessas práticas, haja vista que os dados indicaram que 82,92% dos alunos, demonstraram uma compreensão satisfatória dos conceitos químicos abordados.

Um dos objetivos específicos deste estudo, a validação da SD no contexto da educação básica, foi alcançado exitosamente, conforme observado nos resultados das avaliações aplicadas; ante as quais os estudantes não só alcançaram os objetivos de aprendizagem esperados, como também relataram uma experiência educacional mais envolvente e significativa.

Comparando com outros estudos na área de CTS e água, os dados obtidos mostraram que a SD aplicada colaborou à construção do conhecimento e à promoção do senso crítico nos alunos em relação aos desafios e implicações do uso da água na sociedade. A esse respeito, destaca-se o fato de que a contextualização dos conteúdos e a relevância dos temas abordados contribuíram para um aprendizado mais significativo, algo que nem sempre é observado em propostas tradicionais.

Na introdução deste trabalho, trouxemos alguns questionamentos iniciais sobre o motivo de tantos alunos, ou melhor, pais ou responsáveis comprarem água envasada, mesmo recebendo água tratada em casa – o que comprova uma parcial ausência de consciência socioeconômica quanto ao uso de água; e, após a aplicação desse trabalho e análise dos resultados, explicitou-se um desconhecimento significativo entre os consumidores sobre as várias etapas do tratamento de água consumida, assim como sobre a responsabilidade compartilhada na garantia de sua qualidade.

Ademais, evidenciaram-se preocupações quanto às condições estruturais das ETAs e à percepção de insegurança em relação à qualidade da água que chega às residências, o que pode impactar significativamente o orçamento familiar. Parte disso pode estar associada às caixas d'água para armazenamento de água e é importante ressaltar que a responsabilidade pela limpeza regular delas, embora seja uma medida essencial, é de incumbência dos consumidores. À vista disso, muitos alunos questionaram-se do porquê da insegurança, após conhecer todas as etapas de tratamento de água nas ETAs.

Ante o exposto, percebemos o cunho social do nosso trabalho, pois o público-alvo, seguindo o curso natural da sobrevivência, comporá famílias, nos próximos anos, e colocando em prática os conhecimentos construídos e seu impacto no orçamento financeiro familiar.

Com efeito, uma das principais dificuldades encontradas durante a aplicação da SD foi a assiduidade dos alunos quando de suas etapas, visto que elas foram realizadas em dias diferentes e que era comum a ausência de três ou quatro alunos

em cada uma delas, o que poderia comprometer a continuidade e a eficácia de sua aplicação. Ainda que se esperasse uma resistência por parte dos professores em adotar a abordagem CTS, percebeu-se que sua aplicação ocorreu de maneira bastante satisfatória, sem enfrentar problemas significativos com a equipe docente diretamente envolvida, posto que eu fazia parte da instituição e mantive uma comunicação aberta e constante com a equipe em apreço.

Dessa forma, podemos afirmar que, apesar dos resultados positivos, a aplicação em um único contexto escolar limita a generalização dos resultados, indicando a necessidade de estudos adicionais em diferentes cenários educacionais. No entanto, acreditamos que este estudo contribuiu significativamente para a compreensão de como a abordagem CTS pode ser aplicada de forma eficaz no ensino de temas relacionados à água, proporcionando uma aprendizagem mais conectada com a realidade dos estudantes. Assim, a eficácia demonstrada desta metodologia pode servir de inspiração para que outros professores a adaptem em suas práticas, considerando as particularidades de seus recursos e público, contribuindo, pois, para uma educação mais inclusiva, contextualizada, crítica e reflexiva.

Para o futuro, sugere-se a ampliação da aplicação da SD em diferentes contextos educacionais, bem como a investigação de novas estratégias de avaliação que possam capturar melhor o impacto da abordagem CTS na formação crítica dos estudantes. Destarte, reforçamos a importância deste trabalho não apenas para o processo de ensino-aprendizagem em Química, mas também para a formação crítica e cidadã dos estudantes, preparando-os para os desafios e demandas do século XXI.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO DÍAZ, José Antônio. Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. In: **Borrador, Huelva**, v.13, p. 26-30, 1996.

ACEVEDO ROMERO, Pilar; ACEVEDO DÍAZ, José Antônio. Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. **Bordón**, Madri, v. 54, n. 1, p. 5-18, 2009. Disponível em: <<http://www.oei.es/salactsi/acevedo19.htm>>. Acesso em: 29 julho 2023.

ALVES, Cláudia Tamires da Silva; CAVALCANTI, Josinaide Guerra de Santana; SIMÕES NETO; José Euzebio. Uma sequência didática para abordagem do tema lixo eletrônico no ensino de química. In: **Educação Química em Ponto de Vista**, [S. l.], v. 2, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/1101>>. Acesso em: 6 ago. 2023.

AMARAL, Edenia Maria Ribeiro; FIRME, Ruth do Nascimento. Analisando a implementação de uma Abordagem CTS na sala de aula de química. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 383-399 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000200009>.

AMARAL, Edenia Maria Ribeiro; SOUZA, Thiago Antunes.; FIRME, Ruth do Nascimento. **Construindo o Novo Ensino Médio - Projetos Interdisciplinares: Química**. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2020. v. 1. 200p.

AMBROGI, Angélica; LISBÔA, Júlio Cezar Foschini; VERSOLATO, Elena Fregonese. **Unidades modulares de química**. 1. Ed. São Paulo: Hamburg, 1987.

ANTUNES, Camila Muniz Melo; BITTENCOURT, Silvia Cardoso; RECH, Tássio Dresh. Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 32, p. 75-87, 2014.

AULER, Décio. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 1, p. 68-83, 2003.

_____. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, v.1, n. especial, p. 1-20, 2007.

AULER, Décio; BAZZO, Walter Antonio. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1. p. 1-13, 2001.

AURELIANO, Francisca Edilma Braga Soares; QUEIROZ, Damiana Eulinia de. As tecnologias digitais como recursos pedagógicos no ensino remoto: implicações na formação continuada e nas práticas docentes. **Educação em Revista**, v. 39, p. e39080, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/PDVy8ythhFbqLrMj6YBfxsm/>. Acesso em: 31 out. 2023.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição, retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

BARBIER, René. **A pesquisa-ação**. 1. ed. Brailia: Liber Livro Editora, 2007.

BASSO, João Eduardo; BRUSCHI, Germano Augusto Cassol; DA SILVA, Tais Lopes; CARNEIRO, Maico Fernando Wilges; TRAVI, Magdalena Reschke Lajús; FARRET, Matheus Hilliard; BENETTI, Juliana Eliza. Impactos da leptospirose na vida dos animais e dos seres humanos na região oeste de Santa Catarina. **Anais de Medicina Veterinária**, 1(1), 46-59. 2022. Retrieved from <https://uceff.edu.br/anais/index.php/veterinaria/article/view/439>.

BATISTA, Rozilene da Costa; OLIVEIRA, Júlia Emanuely de; RODRIGUES, Sílvia de Fátima Pilegi. Sequência didática - ponderações teórico-metodológicas. In: **XVIII ENDIPE: Didática e Prática de Ensino no contexto político contemporâneo: cenas da Educação Brasileira**, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá. 2016.

BAZZO, Walter Antonio; LINSINGEN, Irlan Von; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **O que são e para que servem os estudos CTS**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

BEDIN, Everton; DEL PINO, José Cláudio. **Dicumba - el aprender por la investigación en el aula: los saberes científicos de química en el contexto sociocultural del alumno**. Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias, v. 13, n. 2, 2018b.

BELL, Philip., LEWENSTEIN, Bruce, SHOUSE, Andrew William; MICHAEL, Alfred Feder. **Learning science in informal environments: people, places and pursuits**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 2009. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/12190.html>>. Acesso em: 14 maio 2024.

BRANCO, Silvio. **Água: origem, uso e preservação**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 152/2017, de 07 de dezembro de 2017**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 2017. 1ª série. Nº 235. Disponível <em: <https://files.dre.pt/1s/2017/12/23500/0655506576.pdf>>. Acesso em 21 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular Comum: documento preliminar**. Secretaria da Educação Fundamental. Brasília, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf>. Acesso em 21 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base**. Brasília: MEC/SEB, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf>. Acesso em 02 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde; 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Qualidade da água para**

consumo humano: cartilha para promoção e proteção da saúde [recurso eletrônico]/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

BUENO, Lígia; MOREIA, Kátia de Cássia, Jerônimo, Denise Dantas; WIEZZEL, Andréia Cristiane Silva; TEIXEIRA, Marcos Fernando de Souza. **O ensino de química por meio de atividades experimentais: a realidade do ensino nas escolas**. São Paulo, [2003]. Disponível em: <<https://1library.org/document/q02ge9vy-ensino-quimica-meio-atividades-experimentais-realidade-ensino-escolas.html>>. Acesso em: 06 ago. 2023.

BUENO, Regina de Souza Marques; KOVALICZN, Rosilda Aparecida. **O ensino de ciências e as dificuldades das atividades**. Curitiba: SEED- PR/ PDE, 2008 (Portal diaadiaeducacao.pr.gov.br).

CASTRO, Jorge Abrahão. Evolução e desigualdade na educação brasileira. **Educação & Sociedade**, v. 30, n. 108, p.673-697, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302009000300003>.

CASTRO, Maria Carmo de; LIU, Andrea Santos; MIRANDA JÚNIOR, Pedro. Abordagem CTS: Uma análise dos anais dos Encontros Nacionais de Ensino de Química, de 2012 a 2018. **Rev. Ciênc.& Ideias**, v. 10, n. 3, p. 191-205, 2019.

CAVALCANTI, Marcelo Henrique da Silva; RIBEIRO, Matheus Marques; BARRO, Maria Roberto. Planejamento de uma sequência didática sobre energia elétrica na perspectiva CTS. **Revista Ciência e Educação** (Bauru), 24(4), 859-874. 2018. <https://doi.org/10.1590/1516-731320180040004>.

CHASSOT, Attico. **Para que(m) é útil o ensino?** 2. ed. Canoas: Ulbra, 2004.

CHIARO, Sylvia de; AQUINO, Kátia Aparecida da Silva. Argumentação na sala de aula e seu potencial metacognitivo como caminho para um enfoque CTS no ensino de química: uma proposta analítica. **Educ. Pesqui.** [online]. 2017, vol.43, n.2, pp.411-426. ISSN 1678-4634. <https://doi.org/10.1590/S1517-9702201704158018>.

CORREIA, Paulo Rogério Miranda; DAZZANI, Melissa; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; TORRES, Bayardo Baptista. A Bioquímica como ferramenta interdisciplinar: vencendo o desafio da integração de conteúdos no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n. 19, p. 19-23, maio de 2004.

DA COSTA, Maria Aparecida; FIELDS, Karla Amâncio Pinto. **Análise da utilização do livro didático de química com relação à contextualização e sua influência no processo de ensino e aprendizagem**. Itumbiara/GO, 2016.

COSTA, Edson de Oliveira; SANTOS, José Carlos Oliveira; Uma Proposta para o Ensino de Química Através da Abordagem CTSA: Uma Sequência Didática para a Temática Água. **Blucher Chemistry Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 85-91, 2015.

DANIEL, Luiz Antônio (coord); BRANDÃO, Cristina Célia Silveira; GUIMARÃES, José Roberto; LIBÂNIO, Marcelo; DE LUCA, Sérgio João. **Processos de**

desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001.

DICKMAN, Adriana G.; HYGINO, Cassiana Barreto; LINHARES, Marília Paixão; RODRIGUES JUNIOR, Edmundo. Questões Interdisciplinares com Enfoque CTS: uma proposta para o ensino médio. **Latin-American Journal of Physics Education.** v. 8, n. 1, p. 38-51. Mar. 2014.

DINIZ JÚNIOR, Antônio Inácio; SILVA, João Roberto Ratis Tenório da. Isômeros, Funções Orgânicas e Radicais Livres: Análise da Aprendizagem de Alunos do Ensino Médio Segundo a Abordagem CTS. **Química nova na escola,** São Paulo, v. 38, n. 1, p. 60-69, fev. 2016.

FARIAS, Luciana de Nazaré Farias; MIRANDA, Werventon dos Santos; PEREIRA FILHO, Sílvio Carlos Ferreira. Fundamentos Epistemológicos das relações CTS no Ensino de Ciências. UFP – Amazônia, **Revista de Educação em Ciências e Matemática.** V. 9, nº 17, p.64, 2012.

FERREIRA, Cristiane Pereira; MEIRELES, Rosane Moreira Silva. O ensino de Ciências nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores da Educação Básica no Brasil: um estudo preliminar. **Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências–VIII ENPEC.** Campinas: São Paulo, p. 1-13, 2017. Disponível em: https://abrapec.com/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0932-1.pdf. Acesso em: 01 ago.2024.

FERREIRA, Nádia Gavazzi. **A utilização de recursos não formais no desenvolvimento da abordagem CTS.** 2015. Tese de Doutorado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.26/11074>. Acesso em: 14 maio 2024.

FINGER, Isadora; BEDIN, Everton. A contextualização e seus impactos nos processos de ensino e aprendizagem da ciência química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática,** [S. l.], v. 2, n. 1, p. 8-24, 2019. DOI: 10.5335/rbecm.v2i1.9732. Disponível em: <https://seer.upf.br/index.php/rbecm/article/view/9732>. Acesso em: 31 out. 2023.

FLICK, Uwe. **Introdução à Pesquisa Qualitativa.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2009.

FLÔR, Cristhiane Cunha. Possibilidades de um caso simulado CTS na discussão da poluição ambiental. **Ciência & Ensino,** vol.1, especial, p.1-18, 2007.

FREITAG, Isabela Hrecek. A importância dos recursos didáticos para o processo ensino-aprendizagem. **Arquivos do Mudi,** v. 21, n. 2, p. 20-31, 23 nov. 2017.

GAMBOA, Sílvio Ancizar Sánchez. Pesquisa Qualitativa: superando tecnicismos e falsos dualismos. **Revista Contrapontos.** Volume 3, n. 3. P. 393-405. Itajaí. 2003.

GATTI, Bernardete Angelina. **A construção da pesquisa em educação no Brasil.** Brasília: Plano, 2002.

_____. **A construção metodológica da pesquisa em educação:** desafios. *Revista Brasileira de Política e Administração da Educação,* Brasília, DF, v. 28, n. 1,

p. 13-34, jan./abr. 2012. Disponível em:
<https://seer.ufrgs.br/index.php/rbpaee/article/view/36066/23315>. Acesso em: 13 set. 2023.

GEPEQ – Grupo de Pesquisa para o Ensino de Química. **Interação e transformação: química para o 2º grau**. São Paulo: EDUSP, 1993-1998. 3 v. (livro do aluno: guia do professor).

GIBBS, Graham. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GRF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 1: mecânica**. São Paulo: EDUSP, 1990.

_____. **Física 2: física térmica; óptica**. São Paulo: EDUSP, 1991.

_____. **Física 3: eletromagnetismo**. São Paulo: EDUSP, 1992.

HOFSTEIN, Avi; AIKENHEAD, Glen; RIQUEARTS, Kurt. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. **International Journal of Science Education**, Abingdon, v. 10, n.4, p. 357-366, 1998. Disponível em:
<https://doi.org/10.1080/0950069880100403>>. Acesso em 11 jul. 2023.

JAPIASSU. Hilton. **Interdisciplinaridade e Patologia do Saber**. Rio de Janeiro, Imago, 1976.

KING, Heather; GLACKIN, Melissa. 12 Supporting science learning in out-of-school contexts. **Good Practice In Science Teaching: What Research Has To Say: What research has to say**, p. 259, 2010.

LARA, Carla Alves; ALMENDRO Marciana; SOUSA David de. **Transformando experiências: química**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2021. v. 01. 196p.

LEITE, Luciana Rodrigues; RODRIGUES, Acássio Paiva; LIMA, Maria Socorro Lucena; MOURA, Francisco Nunes de Souza; FIRMINO, Nairley Cardoso Sá; DO NASCIMENTO, Francisco Jeovane; CASTRO, Eliziane Rocha; ARAGÃO, Fabiana Martins. O uso de sequências didáticas no ensino de Química: proposta para o estudo de modelos atômicos. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 11, n. 2, p. 177-188, 7 jul. 2020.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3d. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

LOURENÇO, Abílio Afonso; PAIVA, Maria Olímpia. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Ciências & Cognição**.15 (2). 132-141. 2010.
<<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/cc/v15n2/v15n2a12.pdf>>. Acesso em 11 jul. 2023.

LUTFI, Mansur. **Cotidiano e educação em química: os aditivos em alimentos como proposta para o ensino de química no segundo grau**. Ijuí: UNIJUÍ, 1988.

_____. **Os ferrados e os cromados: produção social e apropriação privada do conhecimento químico**. Ijuí: UNIJUÍ, 1992.

MANASSERO, Maria Antônia; VÁZQUEZ-ALONSO, Ángel; ACEVEDO-DÍAZ, José Antônio. **Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat**. Les Illes Balears, Spain: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears, 2001.

MÓL, Gerson de Souza; DOS SANTOS, Wildson Luiz Pereira. (Coords.). **Química na sociedade**. 2 ed. Brasília: Editora da UnB, 2000.

MORTIMER, Eduardo Fleury, MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. **Química, Energia e ambiente**. Belo Horizonte: CECIMIG, 1999.

NUNES, Amisson dos Santos; Adorni, Dulcinéia da Silva. O ensino de química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga-BA: O olhar dos alunos. In: **Encontro Dialógico Transdisciplinar - Enditrans, 2010**, Vitória da Conquista, BA. - Educação e conhecimento científico, 2010.

PALACIOS, Enrique Manoel Garcia; GALBARTE, José Carlos; CEREZO, Juan Antônio López.; GORDILLO, María del Mar; OSORIO, Carlos; VALDÉS, Clara. **Ciência, tecnologia y sociedad: uma aproximación conceptual**. Madrid: OEI, 2001.

PEREIRA, Antônio. Análise de dados, o tendão de aquiles da pesquisa interventiva nos mestrados profissionais em educação: por quê?. #Tear: **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 11, n. 2, 2022. DOI: 10.35819/tear.v11.n2.a6228. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/6228>. Acesso em: 13 set. 2023.

PEREIRA, Ademir de Souza; PIRES, Dario Xavier. Uma proposta teórica-experimental de sequência didática sobre Interações intermoleculares no ensino de química, utilizando Variações do teste da adulteração da gasolina e corantes de Urucum. **Investigações em Ensino de Ciências**, 17(2), 385-413. 2012

PERNAMBUCO. Secretaria Estadual de Saúde. Secretaria Executiva de Vigilância em Saúde. **Esquistossomose e geo-helmintíases: relatório das condições de saneamento das áreas/localidades hiperendêmicas em Pernambuco**. Recife: Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco; 2013. 134p.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. A geopolítica da água e a crise do conhecimento. In: TREVISOL, J. V.; SCHEIBE, L. F. (Org.). **Bacia hidrográfica do Rio do Peixe: natureza e sociedade**. Joaçaba: UNOESC, 2011. p. 17-54.

OLIVEIRA, Antônio Leonilde de; OLIVEIRA, José Clovis Pereira de; NASSER, Maria Jucione da Silva; CAVALCANTE, Maria de Paz. O jogo educativo como recurso interdisciplinar no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, 40(2), 89–96. 2018. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160109>

SÁ, Luciana Passos de; GARRITZ, Andoni. Análise de uma sequência didática sobre ligações químicas produzida por estudantes de química brasileiros em Formação Inicial. **Educação química**, 25(4), 470-477. 2014.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Unijuí, 1997.

SANTOS, Anderson de Oliveira dos; SILVA, Rosiane Pereira; ANDRADE, Djalma; LIMA, João Paulo Mendonça. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Scientia Plena**, [S. l.], v. 9, n. 7(b), 2015. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/1517>. Acesso em: 6 ago. 2023.

SASSERON, Lúcia Helena. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: Carvalho, A. M. P. (Org). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. P. 41-62.

SEDUC CE. **Documento curricular referencial do Ceará para o Ensino Médio/Secretaria da Educação do Estado do Ceará**. Fortaleza, 2021. Disponível em: https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2022/01/dcrc_completo_v 14 _09_2021.pdf. Acesso em: 16 set. 2023.

SILVA, Airton Marques da. Proposta para tornar o Ensino de química mais atraente. **Revista de Química Industrial**, Rio de Janeiro, ano 79, n. 731, p. 7-12, 2011.

SILVA, Raimunda Leila José da; STRIEDER, Roseline Beatriz. Articulação Freire-CTS: elaboração de uma proposta sobre água. **Indagatio Didactica**, v. 11, n. 1, p. 1211-1228, 5 jul. 2016.

SILVA, Rafael Santos; MORAES, Silvia Elizabeth; FECHINE, Pierre Basílio Almeida. Interdisciplinaridade, transversalidade e abordagem CTS no ensino de química por meio de projetos temáticos. **Revista Científica Internacional**. Edição 25. V.1. Artigo n. 8, abr/jun. 2013. p. 123-196.

SIMÕES, José Neto Euzébio; CAMPOS, Angela Fernandes; MARCELINO, Cristiano Júnior de Almeida Cardoso. Abordando a isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos: uma atividade fundamentada no uso de situações-problema na formação inicial de professores de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 327–346, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/133>. Acesso em: 16 set. 2023.

STRIEDER, Roseline Beatriz. **Abordagens CTS e Ensino Médio: Espaços de Articulação**. São Paulo, 2008. 236 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação. Instituto de Física – Depto. De Física Experimental. Universidade de São Paulo, 2008.

TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini; MEGID NETO, Jorge. Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 1055-1076, 2017. DOI: <https://doi.org/gxnx>

TONON, Lucinéia Aparecida Cestari; BRANCO, Ivanise Guilherme; PIERETTI, Gabriela Giani; SELOIN, Vanessa Jurca; BERGAMASCO, Rosangela; MADRON, Grasielle Scaramal; MOURA, Marcella Machado, SCAPIM, Monica Regina da Silva. Análise de parâmetros de qualidade da água para consumo humano. **Revista Tecnológica Maringá**, v. 22, p. 35-41, 2013.

VILCHES, Amparo; GIL PÉREZ, Daniel; PRAIA, João. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; AULER, D. (Orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011, p. 161-184.

VIVEIRO, Alessandra Aparecida; DINIZ, Renato Eugênio da Silva. Atividades de campo no ensino das ciências e na educação ambiental: refletindo sobre as potencialidades desta estratégia na prática escolar. **Ciência em Tela**, Vol. 2, n. 1, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 3rd edition, incorporating the first and second addenda, Vol. 1: Recommendations. Geneva: World Health Organization, 2008.

ZABALA, Antoni. **A Prática Educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE A – Pesquisa: Conhecendo a origem da água para consumo.

Questionário

Série

- 1 ano do EM
- 2 ano do EM
- 3 ano do EM

Sua casa recebe água tratada (CAGECE)?

- Sim
- Não

A água para banho, higiene e outros usos é:

- da CAGECE
- da cacimba/poço profundo

Sua casa utiliza alguma cisterna para armazenamento de água?

- Sim
- Não

A água utilizada para beber vem:

- da CAGECE
- água envazada (garrações)
- de cacimba/poço
- de cisternas

Obrigado por sua colaboração!!!

APÊNDICE B - TCLE

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(PARA RESPONSÁVEL LEGAL PELO MENOR DE 18 ANOS)**

Solicitamos a sua autorização para convidar o (a) seu/sua filho (a) _____ (ou menor que está sob sua responsabilidade) para participar, como voluntário (a), da pesquisa: ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A TEMÁTICA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA ABORDAGEM CTS.

Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador Francisco Fabiano Araujo, residente na rua Domingos Aguiar, 240, Bela Cruz - CE, CEP 62570-000, telefone (88)997141461 (inclusive para ligações a cobrar), e-mail: fcofabianoaraujo@gmail.com. Esta pesquisa está sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Inácio Diniz Júnior, residente na Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n - Serra Talhada, PE, 56909-535, Telefone: (87)988454387, e-mail: antonio.dinizjunior@ufrpe.br.

O/a Senhor/a será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida a respeito da participação dele/a na pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e o/a Senhor/a concordar que o (a) menor faça parte do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via deste termo de consentimento lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O/a Senhor/a estará livre para decidir que ele/a participe ou não desta pesquisa. Caso não aceite que ele/a participe, não haverá nenhum problema, pois desistir que seu filho/a participe é um direito seu. Caso não concorde, não haverá penalização para ele/a, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- **Descrição da pesquisa:** Essa atividade tem o intuito de analisar os limites e potencialidades de uma Sequência Didática (SD) acerca da temática água para o consumo humano na ótica da abordagem CTS no contexto do Ensino Médio. Ao considerar as interseções com as Ciências, Tecnologia e Sociedade (CTS), este estudo pretende contribuir para o avanço do conhecimento na área, bem como fornecer percepções relevantes para a resolução de problemas relacionados a água para consumo humano.
- **Esclarecimento do período de participação da criança/adolescente na pesquisa, local, início, término e número de visitas para a pesquisa.**
O período programado para a intervenção será entre fevereiro e março de 2024. As atividades serão realizadas ao longo de 10 (dez) aulas, de 50 (cinquenta) minutos, 2 (duas) aulas/dia, totalizando 5 (cinco) dias, sempre respeitando o tempo, espaço e dinâmica dos estudantes dentro da disciplina.
- **RISCOS diretos para o responsável e para os voluntários:** Em todas as atividades, incluindo as análises, realizadas no laboratório de Química, as condições de segurança, conforto e bem-estar oferecidas durante os procedimentos da pesquisa concorrem para a não ocorrência de danos físicos

ou psicológicos às/aos participantes. Particularmente em relação aos experimentos, eles serão realizados exclusivamente pelo professor-pesquisador e os estudantes estarão a distância segura, apenas observando, discutindo e fazendo anotações sobre os fenômenos. Caso ocorram, as situações de descontentamento e/ou insatisfação da/do participante serão resolvidas com escuta e respeito. Em caso de qualquer incompatibilidade, a/o participante é livre de deixar de participar da pesquisa a qualquer momento.

- **BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários.** Esta pesquisa educacional apresenta diversos benefícios significativos que vão além do âmbito acadêmico, estendendo-se à comunidade escolar e à sociedade em geral. Primeiramente, ela oferece a oportunidade de aprimorar o ensino e a aprendizagem por meio de uma abordagem dinâmica e interativa, integrando conteúdos científicos, tecnológicos e sociais em uma Sequência Didática. Isso pode promover uma compreensão mais profunda e contextualizada dos temas estudados, além de desenvolver habilidades práticas nos alunos. Os resultados obtidos dessa pesquisa não apenas contribuirão para a ampliação do conhecimento sobre o tema, mas também para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais eficazes, oferecendo novas estratégias de ensino e aprendizagem para os educadores. Além disso, a integração de recursos tecnológicos e atividades práticas, como visitas a instituições e experimentos laboratoriais, enriquece a experiência educacional dos estudantes, fornecendo uma aprendizagem contextualizada e significativa.

Em caso de qualquer incompatibilidade, a/o participante é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhum prejuízo ao(a) mesmo(a).

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em pastas e computador pessoal, sob a responsabilidade do orientador no endereço Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900, pelo período mínimo 5 anos.

O (a) senhor (a) não pagará nada e nem receberá nenhum pagamento para ele/ela participar desta pesquisa, pois deve ser de forma voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação dele/a na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento com transporte e alimentação), assim como será oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, (ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br .

Assinatura do pesquisador

CONSENTIMENTO DO RESPONSÁVEL PARA A PARTICIPAÇÃO DO/A VOLUNTÁRIO

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, responsável por _____, autorizo a sua participação no estudo sobre a ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A TEMÁTICA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA ABORDAGEM CTS, como voluntário(a). Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação dele (a). Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade para mim ou para o (a) menor em questão.

Local e data _____

Impressão
Digital
(opcional)

Assinatura do (da) responsável: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do voluntário em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE C - TALE

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TALE

Convidamos você _____, após autorização dos seus pais (ou dos responsáveis legais), para participar como voluntário(a) da pesquisa: “ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A TEMÁTICA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA ABORDAGEM CTS”. Esta pesquisa é da responsabilidade do professor-pesquisador Francisco Fabiano Araujo, residente na rua Domingos Aguiar, 240, Bela Cruz - CE, CEP 62570-000, telefone para contato: (88) 99714-1461, e-mail: fcofabianoaraujo@gmail.com. E está sob a orientação do Prof. Dr Antônio Inácio Diniz Júnior, residente na Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n - Serra Talhada, PE, 56909-535, Telefone: (87)988454387, e-mail: antonio.dinizjunior@ufrpe.br.

Você será esclarecido(a) sobre qualquer dúvida com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via deste termo lhe será entregue para que seus pais ou responsável possam guardá-la e a outra ficará com o pesquisador responsável. Você estará livre para decidir participar ou se recusar. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Para participar deste estudo, um responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

- **Descrição da pesquisa** – A projeto de pesquisa tem como objetivo analisar os limites e potencialidades de uma Sequência Didática (SD) acerca da temática água para o consumo humano na ótica da abordagem CTS no contexto do Ensino Médio. Optamos por adotar uma abordagem metodológica de pesquisa interventiva na modalidade de aplicação, uma vez que buscamos não apenas a observação e análise de um fenômeno, e sim, intervir diretamente buscando promover mudanças e intervenções específicas. Para tal, utilizaremos uma SD fundamentada nos princípios de Zabala, com aulas envolvendo a abordagem CTS; visitas a Estação de Tratamento de Água (ETA); palestras com profissionais da ETA; exames laboratoriais; e realização de exposições para a comunidade escolar. Ao considerar as interseções com as Ciências, Tecnologia e Sociedade (CTS), esta pesquisa pretende contribuir para o avanço do conhecimento na área, bem como fornecer percepções relevantes para a resolução de problemas relacionados a água para consumo humano.
- **Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de aulas** - O período programado para a intervenção será entre fevereiro e março de 2024. As atividades serão realizadas ao longo de 10 (dez) aulas, de 50 (cinquenta) minutos, 2 (duas) aulas/dia, totalizando 5 (cinco) dias, sempre respeitando o tempo, espaço e dinâmica dos estudantes dentro da disciplina.
- **Riscos diretos para o voluntário** – Em todas as atividades, incluindo os procedimentos da prática experimental demonstrativa no laboratório de ciências, as condições de segurança, conforto e bem-estar oferecidas durante os procedimentos da pesquisa concorrem para a não ocorrência de danos físicos ou psicológicos às/aos

participantes. Particularmente em relação aos experimentos, eles serão realizados exclusivamente pelo professor-pesquisador e os estudantes estarão a distância segura, apenas observando, discutindo e fazendo anotações sobre os fenômenos. Caso ocorram, as situações de descontentamento e/ou insatisfação da/do participante serão resolvidas com escuta e respeito. Em caso de qualquer incompatibilidade, a/o participante é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento.

• **Benefícios diretos para o voluntário** – Esta pesquisa educacional apresenta diversos benefícios significativos que vão além do âmbito acadêmico, estendendo-se à comunidade escolar e à sociedade em geral. Primeiramente, ela oferece a oportunidade de aprimorar o ensino e a aprendizagem por meio de uma abordagem dinâmica e interativa, integrando conteúdos científicos, tecnológicos e sociais em uma Sequência Didática. Isso pode promover uma compreensão mais profunda e contextualizada dos temas estudados, além de desenvolver habilidades práticas nos alunos. Os resultados obtidos dessa pesquisa não apenas contribuirão para a ampliação do conhecimento sobre o tema, mas também para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais eficazes, oferecendo novas estratégias de ensino e aprendizagem para os educadores. Além disso, a integração de recursos tecnológicos e atividades práticas, como visitas a instituições e experimentos laboratoriais, enriquece a experiência educacional dos estudantes, fornecendo uma aprendizagem contextualizada e significativa.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em pastas e computador pessoal, sob a responsabilidade do orientador no endereço Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900, pelo período mínimo 5 anos.

Não há qualquer obrigatoriedade da participação e, se quando estiver participando, um(a) estudante resolver desistir, não haverá qualquer consequência. Além disso, a participação na pesquisa não envolverá qualquer despesa da parte dos estudantes. Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária. Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, pode-se consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br.

Assinatura do pesquisador

ASSENTIMENTO DO(DA) MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO
VOLUNTÁRIO(A)

Eu, _____, portador(a) do documento de identidade _____, abaixo assinado, concordo em participar da pesquisa “ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A TEMÁTICA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO NA ÓTICA DA ABORDAGEM CTS”, como voluntário(a). Fui informado(a) e esclarecido(a) pelo

professor-pesquisador sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação.

Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Local e data:

Assinatura do(a) menor:

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Assinatura:
Nome:	Assinatura:

APÊNDICE D – Formulário Diagnóstico

1. Para os seres humanos, a ingestão de água potável é capaz de prevenir doenças, além de trazer diversos benefícios ao corpo. De onde vem a água que utilizamos em nossas casas?
2. O que você entende sobre o funcionamento de uma estação de tratamento de água? Descreva suas ideias iniciais sobre os processos e tecnologias que podem ser usados para tornar a água segura para o consumo humano.
3. Você acredita que a qualidade da água que chega às torneiras de nossas casas é sempre segura para consumo direto, ou acha que é necessário algum tipo de tratamento adicional? Explique sua opinião e dê razões para ela.
4. Você acredita que os recursos hídricos possam se esgotar no futuro, considerando o aumento da demanda por água e os desafios relacionados à gestão sustentável desse recurso? Se sim, o que fazer para contornar essa situação?
5. Na cidade de "Águapura", os moradores têm reclamado sobre a qualidade da água da torneira, relatando um gosto e odor desagradáveis. Quais são os possíveis fatores que podem contribuir para a má qualidade da água e como a comunidade deve abordá-los?
6. Como você acredita que o acesso à água tratada afeta o consumo doméstico e o orçamento das famílias?
7. Além de trazer mais saúde, a água limpa em todos os pontos da casa protege os aparelhos domésticos, diminui a necessidade de trocas, manutenções e limpeza (da caixa d'água principalmente). Mas como saber se a água é ou não, própria para consumo?
8. Como você classifica a água que recebemos em nossas casas? Uma mistura homogênea? Uma mistura heterogênea? Uma substância pura?
9. Nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), vários métodos de separação de misturas são utilizados para tornar a água segura para consumo. Você pode mencionar alguns desses métodos e explicar como eles funcionam?
10. Você considera relevante abordar o tema "Água" no ambiente escolar? Sim ou Não. Justifique sua resposta.
11. Municípios do Nordeste atingidos pelas chuvas sofrem com doenças

O fim das enchentes não significa que o perigo acabou. Cresce o risco de proliferação de doenças nos 95 municípios alagoanos e pernambucanos afetados pelos temporais. Em alguns municípios, a rede de abastecimento de água foi destruída. O contato direto da população com a água e a lama deixa os sanitaristas preocupados. Quais doenças podem surgir diante da situação colocada e podem preocupar os sanitaristas?

12. No tratamento de água para abastecimento público, o processo é feito em várias etapas as quais têm a finalidade de remover sujeiras e outras partículas em suspensão, ajustar o pH, além de eliminar bactérias que possam trazer males à saúde dos consumidores. Para isso, diferentes produtos químicos são adicionados a água, cujas dosagens devem ser controladas rigorosamente, necessitando de um acompanhamento contínuo dos padrões de qualidade. Que substâncias são essas?

13. São vários os processos científicos e tecnológicos envolvidos na remoção de contaminantes da água em uma estação de tratamento de água, que garantem a produção de água potável segura para consumo humano. Mostre que você concorda com essa afirmação, escrevendo 03 conhecimentos científicos presentes nas ETA's

14. Quando se trata das operações em uma Estação de Tratamento de Água, como você enxerga a integração de conhecimentos de Ciências, para garantir a qualidade da água tratada? Você poderia mencionar exemplos específicos de objetos de estudo (conteúdos) desempenham um papel fundamental no processo de tratamento de água?

15. Toda água envasada é mineral? Se não, qual a diferença?

16. Dada a indispensabilidade da água para a vida na Terra, como você acredita que as mudanças climáticas e a crescente demanda por água afetarão a disponibilidade e a distribuição desse recurso no futuro? Quais são suas preocupações e ideias sobre a gestão sustentável da água em um cenário de mudanças climáticas?

Disponível em

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfLMytGvevIHT9_CGPMRvDBgQQDWsaVStzexOWnW3nPKZThw/viewform

APÊNDICE E – Formulário prognóstico.

1. Quais os processos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano que você aprendeu durante nossas atividades?
2. Explique como a análise dos parâmetros de qualidade da água (químicos, físicos e biológicos) pode afetar a saúde pública.
3. Qual a sua importância dos recursos tecnológicos no processo de purificação da água?
4. Qual a importância da água tratada para a sociedade e como ela influencia a qualidade de vida das pessoas?
5. Como a visita à estação de tratamento e as análises da água contribuíram para a sua compreensão sobre a qualidade da água para consumo humano?
6. Sua percepção sobre a importância do tratamento da água mudou após participar dessas atividades?
7. Como a qualidade da água para consumo humano pode impactar o desenvolvimento social e econômico de uma comunidade?
8. Quais foram as principais contribuições da sequência didática para o seu aprendizado sobre água para consumo humano?
9. Como as outras ciências, Biologia e Física, se fizeram presentes em nosso estudo?
10. Como a sua participação nessa atividade ampliou seu entendimento sobre a relação entre a qualidade da água e a saúde pública? Descreva exemplos específicos que você aprendeu.
11. Como você avalia o impacto da qualidade da água em comunidades carentes? De que forma a participação na atividade ajudou você a entender esses desafios sociais?
12. De que maneira sua participação na atividade influenciou sua consciência sobre a importância de práticas sustentáveis e o uso responsável da água na sociedade?

Disponível

em:

https://docs.google.com/forms/u/1/d/e/1FAIpQLSdXP_MmznRlxgJavHxQH_jUh0q8kCBtFWoD5wnhGzypVqU3rw/viewform

APÊNDICE F – Manual da Sequência Didática

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE
**ÁGUA PARA CONSUMO
HUMANO**

EM UMA ABORDAGEM CTS



PRODUTO
EDUCACIONAL

Francisco Fabiano Araujo
Antônio Inácio Diniz Júnior



Francisco Fabiano Araujo
Antônio Inácio Diniz Júnior

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO EM UMA ABORDAGEM CTS**

**Produto educacional vinculado à
dissertação “Análise das possíveis
contribuições de uma Sequência Didática
sobre a temática água para consumo
humano na ótica da abordagem CTS”**

**RECIFE - PE
2024**

FICHA CATALOGRÁFICA



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	5
O QUE É UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA?.....	6
SASSERON E OS TRÊS PILARES.....	8
APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	10
PRIMEIRO ENCONTRO.....	11
SEGUNDO ENCONTRO.....	15
TERCEIRO ENCONTRO.....	16
QUARTO ENCONTRO.....	18
QUINTO ENCONTRO.....	19
SEXTO ENCONTRO.....	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
REFERÊNCIAS	23

APRESENTAÇÃO

Prezado(a) Professor(a),

É com grande satisfação que apresentamos a você esta Sequência Didática (SD), desenvolvida como parte da dissertação de mestrado no contexto do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional. Este material foi concebido com o objetivo de auxiliar professores no processo de ensino e aprendizagem sobre a temática da água para consumo humano.

A escolha desse tema deve-se à sua relevância tanto no contexto escolar quanto social, já que ela é um recurso essencial à vida, e a compreensão dos processos relacionados à sua potabilização, qualidade e consumo é fundamental à formação de cidadãos críticos e conscientes. Esta SD foi elaborada com base na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), promovendo uma aprendizagem integrada e contextualizada que relaciona os conceitos químicos ao cotidiano dos alunos.

No âmbito da área de Ciências da Natureza, a água é um tema transversal que permite o desenvolvimento de diversas habilidades, desde a compreensão dos parâmetros de qualidade da água até a análise crítica das tecnologias empregadas em seu tratamento. Ao explorar esses aspectos, a SD propõe atividades que conectam o conteúdo teórico com problemas reais, como a escassez de água potável, o impacto das práticas de saneamento na saúde pública e as estratégias de preservação dos recursos hídricos.

Durante o desenvolvimento das atividades, espera-se que os alunos construam um entendimento profundo sobre a importância da água para a saúde humana e o meio ambiente, sendo capazes de identificar e avaliar as práticas relacionadas ao uso sustentável desse recurso. Além disso, a SD incentiva a reflexão sobre o papel da ciência e da tecnologia na resolução de problemas sociais, preparando os estudantes para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo.

Espera-se que este material contribua para enriquecer as práticas pedagógicas, permitindo que os discentes apliquem os conhecimentos adquiridos em situações do cotidiano. Assim, eles poderão desenvolver uma postura crítica e responsável em relação ao uso consciente da água.

O QUE É UMA **SEQUÊNCIA DIDÁTICA?**

Sequências didáticas (SD) são um conjunto de atividades que tem por finalidade auxiliar os estudantes na compreensão do conhecimento científico. Para Zabala (1998), Sequências Didáticas são:

[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (Zabala, 1998, p.18).

De acordo com o mesmo autor, no escopo das SD, os objetos de estudo devem abranger três dimensões “dimensão conceitual – o que se deve saber; dimensão procedimental – o que se deve saber fazer; dimensão atitudinal – como deve ser”, fundamentais no processo de aprendizagem. Ainda sobre SD, Batista (2016, p.4) destaca que ela “consiste em propostas metodológicas para a organização e planejamento do ensino, com diferentes aspectos e ênfases”.

Assim, faz-se necessário conceber a ideia de que uma atividade, que envolve uma SD, não será suficiente como uma intervenção pedagógica se essas estratégias não forem colocadas de forma sequencial, contínua e significativa.





Para reconhecer se uma SD é válida e pode auxiliar na prática do professor, é necessário considerar algumas características, conforme proposto por Zabala (1998). Em primeiro plano, a atividade precisa determinar quais os conhecimentos que os alunos já demonstram em relação ao conteúdo a ser apresentado.

Ademais, o objeto de estudo abordado deve ser proposto de modo a ser significativo e funcional para os estudantes, fato que estimula o interesse dos alunos e, conseqüentemente, torna o processo de aprendizagem mais efetivo.

Ao explorar a água para consumo humano sob essa perspectiva CTS, nesta SD, os estudantes são incentivados a refletir sobre questões como equidade no acesso à água, impactos ambientais da exploração e distribuição desigual dos recursos hídricos. Outrossim, são convidados a examinar criticamente as tecnologias disponíveis para tratamento de água, considerando não apenas sua eficácia, mas também seus custos socioeconômicos e ambientais.

Portanto, através dessa SD, assim como afirmam Santos e Costa (2015), será possível evidenciar o progresso dos estudantes, os quais se engajam na análise de questões sociais enquanto adquirem conhecimento em Química e o aplicam em situações cotidianas, tornando-se parte ativa na melhoria da sociedade local.



SASSERON E OS TRÊS PILARES

Além dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (Zabala, 1998), a base da referida SD foi sustentada por três pilares propostos por Sasseron (2013):

1 INVESTIGAÇÃO

A investigação envolve a formulação de perguntas, a realização de experimentos, a coleta e análise de dados e a construção de explicações baseadas em evidências. Este pilar incentiva os alunos a serem curiosos e a desenvolverem habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas.

As interações discursivas incluem discussões em sala de aula, argumentação e a troca de ideias entre alunos, e entre alunos e professores. Por meio dessas interações, os estudantes têm a oportunidade de construir e negociar significados, confrontar diferentes pontos de vista e refinar suas compreensões científicas.

2 INTERAÇÕES DISCURSIVAS

3 DIVULGAÇÃO DE IDEIAS

Este pilar está relacionado com a capacidade dos estudantes de comunicar suas descobertas de forma clara e eficaz, seja por meio de relatórios, apresentações, debates ou outras formas de expressão. A divulgação de ideias promove a compreensão pública da ciência e ajuda os educandos a desenvolverem habilidades de comunicação científica.

A combinação dos conteúdos propostos por Zabala (1998) e dos pilares de Sasseron (2013) pode enriquecer a experiência de aprendizado dos estudantes, proporcionando-lhes não apenas conhecimento teórico, mas também habilidades práticas e atitudes positivas em relação ao aprendizado e à vida em sociedade.



Essa SD propõe uma série de estratégias, a qual incluiu a criação de questionários, a serem aplicados, antes e após as intervenções, permitindo-lhes realizar comparações significativas quanto à aprendizagem.

Para enriquecer ainda mais a experiência do aprendizado, essa SD propõe experimentos práticos em laboratórios, visita a Estações de Tratamento de Água (ETAs), elaboração de mapas mentais, entre outras estratégias.



Faz-se imprescindível que todos esses passos sejam elaborados em estreita colaboração com os professores das disciplinas da área de Ciências da Natureza (Química, Física e Biologia), trazendo à tona a ideia de interdisciplinaridade e confrontando os limites do território de conhecimento, tal como justifica a BNCC, ao defender uma educação mais completa e contextualizada, que prepare os alunos para serem cidadãos críticos e ativos na sociedade

Aplicação da Sequência Didática



Orienta-se que a SD seja aplicada em 6 (seis) encontros consecutivos, no horário das aulas de Química, ou, ainda, das aulas de Física e Biologia, totalizando 10 (dez) horas-aula.

- **1º Encontro** - Aplicação de questionário diagnóstico aos alunos e aula expositiva sobre o estudo dos aspectos CTS da água para consumo humano;
- **2º Encontro** - Visitação à ETA, com os alunos e professores envolvidos;
- **3º Encontro** - Realização de experimentos para análises químicas, físicas e biológicas da água;
- **4º Encontro** - Elaboração de mapas mentais;
- **5º Encontro** - Apresentação de banners à comunidade escolar;
- **6º Encontro** - Reaplicação de um questionário aos estudantes.



Primeiro Encontro

Duas aulas (100 min)



OBJETIVOS

- Avaliar o nível de conhecimento prévio e percepções iniciais dos alunos; e identificar a forma de captação da água para consumo humano;
- Promover o entendimento abrangente dos alunos sobre os aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano, visando fornecer uma percepção integrada dos processos de tratamento, distribuição e impactos ambientais;
- Sensibilizar os discentes quanto à importância da gestão sustentável dos recursos hídricos para a saúde e o bem-estar da sociedade.

FORMA DE REGISTRO

- Respostas no/ao formulário;
- Parecer dos alunos sobre aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano, por meio de mensagens na ferramenta digital *padlet*.

Durante o primeiro encontro, os alunos deverão responder ao questionário, como no exemplo abaixo, disponível, também, no link:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfLMytGvevIHTh9_CGPMRvDBgQQDWsaVStzexOWnW3nPKZThw/viewform.

Questionário Diagnóstico

1. Para os seres humanos, a ingestão de água potável é capaz de prevenir doenças, além de trazer diversos benefícios ao corpo. De onde vem a água que utilizamos em nossas casas?
2. O que você entende sobre o funcionamento de uma estação de tratamento de água? Descreva suas ideias iniciais sobre os processos e tecnologias que podem ser usados para tornar a água segura para o consumo humano.

Questionário Diagnóstico (continuação)

3. Você acredita que a qualidade da água que chega às torneiras de nossas casas é sempre segura para consumo direto, ou acha que é necessário algum tipo de tratamento adicional? Explique sua opinião e dê razões para ela.

4. Você acredita que os recursos hídricos possam se esgotar no futuro, considerando o aumento da demanda por água e os desafios relacionados à gestão sustentável desse recurso? Se sim, o que fazer para contornar essa situação?

5. Na cidade de "Águapura", os moradores têm reclamado sobre a qualidade da água da torneira, relatando um gosto e odor desagradáveis. Quais são os possíveis fatores que podem contribuir para a má qualidade da água e como a comunidade deve abordá-los?

6. Como você acredita que o acesso à água tratada afeta o consumo doméstico e o orçamento das famílias?

7. Além de trazer mais saúde, a água limpa em todos os pontos da casa protege os aparelhos domésticos, diminui a necessidade de trocas, manutenções e limpeza (da caixa d'água principalmente). Mas como saber se a água é ou não, própria para consumo?

8. Como você classifica a água que recebemos em nossas casas? Uma mistura homogênea? Uma mistura heterogênea? Uma substância pura?

9. Nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), vários métodos de separação de misturas são utilizados para tornar a água segura para consumo. Você pode mencionar alguns desses métodos e explicar como eles funcionam?

10. Você considera relevante abordar o tema "Água" no ambiente escolar? Sim ou Não. Justifique sua resposta.

11. Municípios do Nordeste atingidos pelas chuvas sofrem com doenças

O fim das enchentes não significa que o perigo acabou. Cresce o risco de proliferação de doenças nos 95 municípios alagoanos e pernambucanos afetados pelos temporais. Em alguns municípios, a rede de abastecimento de água foi destruída. O contato direto da população com a água e a lama deixa os sanitaristas preocupados.

Quais doenças podem surgir diante da situação colocada e podem preocupar os sanitaristas?

Questionário Diagnóstico (continuação)

12. No tratamento de água para abastecimento público, o processo é feito em várias etapas as quais têm a finalidade de remover sujeiras e outras partículas em suspensão, ajustar o pH, além de eliminar bactérias que possam trazer males à saúde dos consumidores. Para isso, diferentes produtos químicos são adicionados a água, cujas dosagens devem ser controladas rigorosamente, necessitando de um acompanhamento contínuo dos padrões de qualidade. Que substâncias são essas?

13. São vários os processos científicos e tecnológicos envolvidos na remoção de contaminantes da água em uma estação de tratamento de água, que garantem a produção de água potável segura para consumo humano. Mostre que você concorda com essa afirmação, escrevendo 03 conhecimentos científicos presentes nas ETA's

14. Quando se trata das operações em uma Estação de Tratamento de Água, como você enxerga a integração de conhecimentos de Ciências, para garantir a qualidade da água tratada? Você poderia mencionar exemplos específicos de objetos de estudo (conteúdos) desempenham um papel fundamental no processo de tratamento de água?

15. Toda água envasada é mineral? Se não, qual a diferença?

16. Dada a indispensabilidade da água para a vida na Terra, como você acredita que as mudanças climáticas e a crescente demanda por água afetarão a disponibilidade e a distribuição desse recurso no futuro? Quais são suas preocupações e ideias sobre a gestão sustentável da água em um cenário de mudanças climáticas?

A aplicação de um questionário diagnóstico, quer antes, quer após as intervenções, é de fundamental importância em pesquisas e estudos que envolvem processos de intervenção.

Nesse momento, será possível avaliar os conhecimentos prévios sobre água para consumo humano, pois nessa etapa, indaga-se sobre as formas de captação e características científicas da água, por exemplo, o que remete aos conteúdos conceituais, propostos por Zabala (1998), os aspectos tecnológicos e sua relação com o meio social, promovendo uma relação entre os conceitos procedimentais e atitudinais, propostos pelo mesmo autor.

Além de avaliar a situação inicial dos participantes, este questionário possibilitará a adaptação de intervenções que colaborarão para o êxito da aplicação da SD.

Ainda no primeiro momento, o professor deverá explicar os objetos de estudo relacionados aos aspectos científicos, tecnológicos e sociais da água destinada ao consumo humano, atividade que poderá ser conduzida na sala de aula.

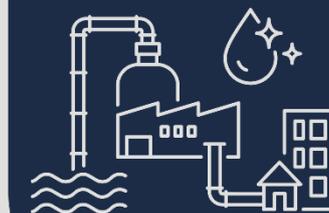
Para isso, o professor deverá utilizar recursos audiovisuais, tais como slide, para apresentar o conteúdo e vídeos curtos, dentro do contexto em que a escola esteja inserida, pois abordar o ambiente da sala de aula contemporânea, sem fazer referência à integração de recursos digitais, é reconhecer lacunas no processo educativo, haja vista que, conforme mencionam Aureliano e Queiroz (2023), nos encontramos em um mundo cada vez mais interconectado, o que demanda a adoção de abordagens educacionais inovadoras, tanto no ensino quanto na aprendizagem.

À luz desse prisma, além do *google forms*, o professor fará uso da ferramenta *padlet*, plataforma de colaboração online que permitirá uma avaliação acerca das contribuições dos alunos, através de murais digitais interativos, a qual será utilizada para registros dos alunos sobre a apresentação, em sala, dos aspectos científicos, tecnológicos e sociais relacionados à água para consumo humano.



Segundo Encontro

Duas aulas (100 min)



OBJETIVO

- Proporcionar aos alunos e professores envolvidos uma experiência imersiva na Estação de Tratamento de Água (ETA), com o intuito de fortalecer a compreensão prática dos processos de tratamento da água, assim como suas relações com as disciplinas da área de Ciências da Natureza e abordagem CTS.

FORMA DE REGISTRO

- Relatório, por equipes, da aula de campo.

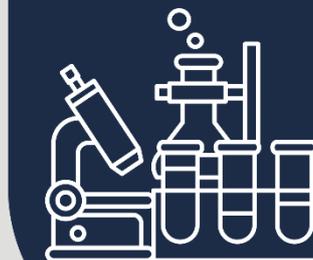
No segundo encontro, sugere-se ao professor a articulação de uma visita à ETA do seu município. Nessa visitação, os estudantes terão a oportunidade de explorar o ciclo da água, compreender os processos de seu tratamento e sua distribuição, além de conhecer os desafios e soluções relacionados ao seu abastecimento em sua comunidade, com o fito de fortalecer a compreensão prática dos processos de seu tratamento, assim como suas relações com a abordagem CTS.

Durante a visita à ETA, os alunos poderão esclarecer suas dúvidas sobre os processos de tratamento da água e entender como são realizadas as análises que asseguram sua qualidade para consumo humano.

Ademais, esta etapa será um momento propício para abordar outras perguntas que tenham surgido durante a explanação, primeiro encontro, dos aspectos CTS relacionados à água.

Terceiro Encontro

Duas aulas (100 min)



OBJETIVO

- Aprofundar a compreensão sobre os diferentes parâmetros de qualidade da água, promovendo a aplicação de métodos científicos na avaliação da potabilidade e na identificação de potenciais contaminações, contribuindo para a formação de uma visão crítica e responsável em relação ao uso e preservação dos recursos hídricos.

FORMA DE REGISTRO

- Relatório, por equipes.

No terceiro encontro, sugere-se ao professor a realização de análises biológica, física e química da água, proporcionando aos discentes uma experiência prática e enriquecedora sobre esse recurso fundamental à vida. Para isso, o docente poderá recorrer à participação de professores de Universidades e/ou Institutos Federais próximos à Escola.

Entre essas análises, poderão ser utilizados os seguintes parâmetros:

- Físicos
 - Sólidos, turbidez, cor, sabor e odor (*parâmetros que se classificam como físicos, por terem ausência de reações químicas, fenômenos que alteram a estrutura da matéria*).
- Químicos
 - presença de fósforo (P), nitrogênio (N), sulfato (SO_4^{2-}), íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), potencial hidrogeniônico (pH) e alcalinidade.

- Biológicos
 - Determinação da presença de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos (*causadores de doenças como esquistossomose, ascaridíase, teníase, entre outras*).

O terceiro encontro, aula prática no laboratório de Química, centrada na análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos da água, exemplifica a integração dos conteúdos **conceituais, procedimentais e atitudinais**, conforme destacados por Zabala (1998).

Os **conteúdos conceituais** podem ser abordados, inicialmente, por você ou por um professor convidado, que introduz os fundamentos teóricos das análises de qualidade da água, incluindo conceitos sobre turbidez, cor e parâmetros químicos como pH, íons cálcio e magnésio.

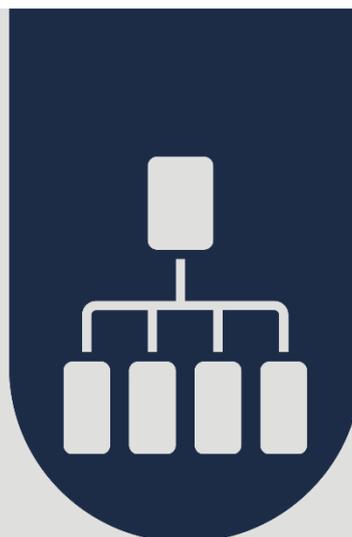
Durante os experimentos, os alunos aplicarão **conteúdos procedimentais**, como a utilização de cadinhos, para evaporação de água, titulações, para medir dureza e alcalinidade, e o uso de um pHmetro digital, demonstrando habilidades práticas na manipulação de equipamentos e reagentes.

Além disso, a atividade promoverá o desenvolvimento de **conteúdos atitudinais**, ao incentivar uma postura crítica e responsável em relação à preservação dos recursos hídricos, evidenciado pelo cuidado na limpeza dos equipamentos e a compreensão da importância de análises precisas para garantir a potabilidade da água.

Dessa forma, a experiência laboratorial não apenas consolidará conhecimentos teóricos e práticos, mas também fomentará valores essenciais para a atuação consciente dos alunos como cidadãos responsáveis.

Quarto Encontro

Duas aulas (100 min)



OBJETIVO

- Fomentar a capacidade de síntese, organização e retenção de informações dos alunos por meio da elaboração de mapas mentais, visando facilitar a compreensão de conceitos complexos e a interconexão de ideias, resultando em uma aprendizagem mais significativa e duradoura.

FORMA DE REGISTRO

- Produção de mapas mentais, por grupos de dois ou três alunos.

No quarto encontro, os alunos trabalharão, em grupos de dois ou três membros, na elaboração de mapas mentais com o tema "Água para Consumo Humano". É importante ressaltar que a criação desses mapas deverá ser orientada de modo a garantir que as informações utilizadas pelos alunos abranjam os conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais relacionados ao tema. Esse exercício colaborativo permitirá aos estudantes integrar e aplicar, de forma prática, os conhecimentos adquiridos ao longo dos encontros.



Quinto Encontro

Duas aulas (100 min)



OBJETIVO

- Incentivar a pesquisa, a criatividade e a comunicação dos alunos através da apresentação de banners à comunidade escolar, com o propósito de promover o trabalho colaborativo e proporcionar uma oportunidade de compartilhar conhecimentos de maneira acessível e envolvente com colegas e membros da comunidade escolar.

FORMA DE REGISTRO

- Fichas de avaliação com participação de avaliadores externos.

No quinto encontro, acreditando na crença de que trabalhos desse tipo devem ser compartilhados e que eles visam à estimulação do “conhecimento”, da “comunicação”, da “argumentação” e do desenvolvimento do “pensamento científico, crítico e criativo”, preconizados na BNCC, os alunos terão a oportunidade de apresentar suas descobertas e experiências por meio de banners informativos à comunidade escolar. Esses banners explicitarão informações detalhadas sobre os temas abordados nos encontros anteriores, com foco na água para consumo humano, sua qualidade, as análises químicas, físicas e biológicas realizadas, bem como sua interligação com os aspectos tecnológicos e sociais.

Sexto Encontro

Duas aulas (100 min)



OBJETIVO

- Avaliar mudanças, tendências ou evoluções nas respostas dos participantes ao longo do tempo, permitindo uma análise comparativa que ajude a identificar possíveis transformações, verificar a eficácia de intervenções ou medidas adotadas e obter insights para melhorias futuras.

FORMA DE REGISTRO

- Respostas no/ao formulário.

No sexto e último encontro, os alunos serão submetidos a um questionário com perguntas semelhantes às utilizadas no primeiro, com o propósito de comparar os resultados obtidos ao longo do programa. Isso permitirá, ao professor, avaliar o progresso e o conhecimento construído pelos estudantes durante a aplicação da SD, explicitando percepções valiosas sobre o impacto da aprendizagem e possíveis áreas de melhoria no processo de ensino aprendizagem.

Questionário Prognóstico

1. Quais os processos químicos utilizados no tratamento da água para consumo humano que você aprendeu durante nossas atividades?
2. Explique como a análise dos parâmetros de qualidade da água (químicos, físicos e biológicos) pode afetar a saúde pública.

Questionário Prognóstico (continuação)

3. Qual a sua importância dos recursos tecnológicos no processo de purificação da água?
4. Qual a importância da água tratada para a sociedade e como ela influencia a qualidade de vida das pessoas?
5. Como a visita à estação de tratamento e as análises da água contribuíram para a sua compreensão sobre a qualidade da água para consumo humano?
6. Sua percepção sobre a importância do tratamento da água mudou após participar dessas atividades?
7. Como a qualidade da água para consumo humano pode impactar o desenvolvimento social e econômico de uma comunidade?
8. Quais foram as principais contribuições da sequência didática para o seu aprendizado sobre água para consumo humano?
9. Como as outras ciências, Biologia e Física, se fizeram presentes em nosso estudo?
10. Como a sua participação nessa atividade ampliou seu entendimento sobre a relação entre a qualidade da água e a saúde pública? Descreva exemplos específicos que você aprendeu.
11. Como você avalia o impacto da qualidade da água em comunidades carentes? De que forma a participação na atividade ajudou você a entender esses desafios sociais?
12. De que maneira sua participação na atividade influenciou sua consciência sobre a importância de práticas sustentáveis e o uso responsável da água na sociedade?

Assim como no diagnóstico, este formulário poderá utilizar a plataforma *google forms*, como no exemplo disponível no link: https://docs.google.com/forms/u/1/d/e/1FAIpQLSdXP_MmznRIxgJavHxQH_jUh0q8kCBtFWoD5wnhGzypVqU3rw/viewform, a fim de evitar gastos e desperdícios com papel.



Considerações Finais

As atividades propostas nesta SD foram cuidadosamente planejadas para explorar as diversas facetas do conhecimento sobre a água para consumo humano, com um enfoque especial nos conhecimentos químicos e sua interação com outras disciplinas. A abordagem visa introduzir, aos alunos, conceitos científicos de forma contextualizada, tornando o aprendizado mais relevante e conectado às suas experiências cotidianas. O objetivo desta SD é proporcionar uma compreensão crítica e integrada dos processos químicos envolvidos no tratamento, distribuição e avaliação da qualidade da água, em colaboração com disciplinas como Biologia e Física. Isso destaca a importância da Química e a necessidade de uma visão interdisciplinar na gestão sustentável desse recurso essencial, promovendo o desenvolvimento de uma postura responsável em relação ao seu uso.

Os resultados esperados a partir da aplicação desta SD destacam a importância de uma abordagem que combine teoria e prática, permitindo aos professores planejar suas aulas de forma mais estratégica e conduzir discussões de maneira mais eficaz. A proposta visa revelar a diversidade de compreensões dos alunos sobre a temática da água, desde percepções mais simples até entendimentos mais complexos e científicos, fomentando o surgimento de diferentes perspectivas e aprofundamentos conceituais.

Espera-se que esta SD contribua significativamente para o aprimoramento do ensino dos conceitos relacionados à água em sala de aula, demonstrando a aplicabilidade prática de uma educação contextualizada e bem planejada. A proposta visa não apenas facilitar a construção de significados científicos pelos alunos, mas também incentivar um maior engajamento por meio de atividades que conectam o conteúdo teórico à realidade dos estudantes e às demandas da sociedade contemporânea.



Referências



AURELIANO, Francisca Edilma Braga Soares; QUEIROZ, Damiana Eulinia de. As tecnologias digitais como recursos pedagógicos no ensino remoto: implicações na formação continuada e nas práticas docentes. **Educação em Revista**, v. 39, p. e39080, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/PDVy8ythhFbqLrMj6YBfxsm/>. Acesso em: 31 out. 2023.

BATISTA, Rozilene da Costa; OLIVEIRA, Júlia Emannelly de; RODRIGUES, Sílvia de Fátima Pilegi. **Sequência didática - ponderações teórico-metodológicas**. In: XVIII ENDIPE: Didática e Prática de Ensino no contexto político contemporâneo: cenas da Educação Brasileira, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular Comum: documento preliminar**. Secretaria da Educação Fundamental. Brasília, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf. Acesso em 21 fev. 2024.

COSTA, Edson de Oliveira; SANTOS, José Carlos Oliveira; **Uma Proposta para o Ensino de Química Através da Abordagem CTSA: Uma Sequência Didática para a Temática Água**. Blucher Chemistry Proceedings, v. 3, n. 1, p. 85-91, 2015

SASSERON, Lúcia Helena. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: Carvalho, A. M. P. (Org). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. P. 41-62.