



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**EDNA LOPES ALVES**

**QUALIDADE DA ÁGUA COMO MOTIVADOR PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

**RIO DE JANEIRO**  
**2023**

**EDNA LOPES ALVES**

**QUALIDADE DA ÁGUA COMO MOTIVADOR PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Documento apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte das exigências para a conclusão do curso de graduação em Licenciatura em Química.

Orientadora: Prof. Dra. Roseli Martins de Souza

RIO DE JANEIRO

2023

## CIP - Catalogação na Publicação

A864q      Alves, Edna Lopes  
Qualidade da água como motivador para o ensino  
de ciências / Edna Lopes Alves. -- Rio de Janeiro,  
2023.  
77 f.

Orientadora: Roseli Martins de Souza.  
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto  
de Química, Licenciado em Química, 2023.

1. Qualidade da água como motivador para o  
ensino de ciências. 2. Aprendizado baseado em  
problemas . 3. Água contaminada. 4. Estudo prático.  
5. Legislação ambiental . I. Martins de Souza,  
Roseli , orient. II. Título.

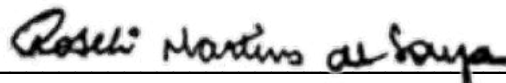
**EDNA LOPES ALVES**

**QUALIDADE DA ÁGUA COMO MOTIVADOR PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Documento apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte das exigências para a conclusão do curso de graduação em Licenciatura em Química.

Aprovada em 20 de dezembro de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dra. Roseli Martins de Souza– Orientadora



---

Prof. Dra. Elizabeth Teixeira de Souza



---

Prof. Dr. José Celestino de Barros Neto

A Deus, quem me segura cada dia, à minha mãe Erivany, exemplo de dedicação e amor incondicional, meus irmãos e irmãs, pelo apoio inabalável, aos meus amigos que são a família que pude escolher.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Universo por permitir-me sonhar e cumprir esta etapa de grande importância para mim.

Agradeço ao Instituto de Química por ser acolhida como uma filha nessa grande família que é a UFRJ. Aos professores, dos quais entesouro suas ideias e ensinamentos, em destaque a minha orientadora nesse projeto, a professora Dra. Roseli Martins de Souza, a qual sou muito grata pela oportunidade de todo crescimento

Agradeço a minha família, com a qual aprendi e continuarei aprendendo. Mesmo que os grandes poetas que passaram por este mundo me concedessem suas mais belas expressões, ainda assim não seria capaz de expressar totalmente a gratidão que sinto pela minha mãe, irmãos e irmãs.

Agradeço ao meu avô por me dar ânimo e me mostrar que é bonito ter sonhos e correr atrás deles. Mesmo que você não possa ler esta mensagem e eu não possa falar diretamente com você, quero dizer: “Avô, eu consegui”. Até posso imaginar tuas palavras se estivesse aqui: “Sinto muito orgulho de você”.

**Mãe, Avô, irmãos e irmãs, agradeço por acreditarem em mim e serem minha base sólida...**

Agradeço às maravilhosas pessoas que conheci neste percorrer da graduação. Suas palavras de incentivo e companheirismo tornaram esta caminhada acadêmica mais leve e significativa:

Você consegue, vai dar tudo certo, estamos juntos...

Agradeço à empresa Baktron, por confiar em meu potencial e por ter gentilmente disponibilizado os equipamentos necessários para a realização deste trabalho, meu sincero reconhecimento.

Esta conquista é fruto do apoio, meu TCC é dedicado a todos vocês, que fazem parte do meu trajeto, da minha história, que tornam cada passo uma jornada de crescimento e aprendizado.

**Gratidão eterna!**

## RESUMO

A OMS (Organização Mundial de Saúde) aponta uma situação alarmante de falta de acesso a água potável em diferentes regiões do mundo. Este é um tema transversal, importante para ser trabalhado na Educação Básica a fim de conscientizar estudantes a respeito deste problema e, assim, incentivar a reflexão e sugestão de melhorias para a sociedade. Para isso, a ABP (Aprendizagem Baseada em Problemas) surge como uma metodologia adequada para a proposta desse trabalho por impulsionar o aprendizado utilizando cenários-problema e estimulando ativamente os estudantes. Esse trabalho apresenta o desenvolvimento de uma atividade prática com a turma de ensino médio técnico em Química, QUIM241, do IFRJ (Instituto Federal do Rio de Janeiro), abordando a relação entre qualidade da água, saúde e meio ambiente e discutindo como estes tópicos podem ser inseridos na educação. Visa ainda incentivar o caráter investigativo da química como ciência através de sua aplicação direta. A importância do conhecimento e do rigor científico também entram em questão pela relevância do controle da qualidade da água potável e como isso afeta diretamente a saúde da população e o meio ambiente. Como resultado, esse trabalho apresenta, utilizando abordagem quantitativa e qualitativa, a percepção e o aprendizado dos estudantes da Turma QUIM241 acerca do tema qualidade da água antes e após a aplicação da atividade prática, colocando os próprios estudantes como protagonistas de suas percepções, discussões de resultados e conclusões. A aplicação da metodologia retorna de forma positiva, um ganho no aproveitamento da turma, correspondente ao estudo, levando a efetividade na construção do conhecimento por parte dos alunos utilizando de princípios da ABP.

**Palavras-chave:** Água contaminada; Aprendizagem Baseada em Problemas; estudo prático; legislação ambiental; tratamento da água.

## ABSTRACT

The WHO (World Health Organization) points out an alarming situation of lack of access to clean water in different regions of the world. This is a cross-cutting theme, important to be addressed in Basic Education in order to raise awareness among students about this problem and, thus, encourage reflection and suggestions for improvements for society. To achieve this, PBL (Problem-Based Learning) emerges as a suitable methodology for the proposed work by driving learning through problem scenarios and actively stimulating students. It presents the development of a practical activity with the technical high school class in Chemistry, QUIM241, at IFRJ (Federal Institute of Rio de Janeiro), addressing the relationship between water quality, health, and the environment and discussing how these topics can be integrated into education. It also aims to encourage the investigative nature of chemistry as a science through its direct application. The importance of knowledge and scientific rigor also come into play due to their relevance in the production of clean water and how it directly affects the health of the population and the environment. As a result, this work presents, using both quantitative and qualitative approaches, the perception and learning of the students in the QUIM241 class regarding the topic of water quality before and after the application of the practical activity, placing the students themselves as protagonists of their perceptions, results discussions, and conclusions. The application of the methodology returns positively, showing an improvement in the performance of the class corresponding to the study, leading to the effectiveness in building knowledge by students using PBL principles.

**Keywords:** Contaminated water; Problem-Based Learning; practical study; environmental legislation; water treatment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Molécula de água	17
Figura 2	Ciclo clássico de infecção por doenças transmitidas pela água	19
Figura 3	Número de mortes por cólera	20
Figura 4	Distribuição de mortes por cólera	21
Figura 5	Águas residuais	21
Figura 6	Equipamento Bante Instruments 900 Multiparameter	39
Figura 7	Medição do pH	40
Figura 8	Medição do Oxigênio Dissolvido	43
Figura 9	Fotocolorímetro Aquacolor Cloro FE IP 67	44
Figura 10	Coleta de amostra microbiológica no bebedouro	46
Figura 11	Frasco para coleta de amostra para análise microbiológica	47
Figura 12	Coleta de amostra microbiológica na piscina	47
Figura 13	Qual a sua opinião sobre a importância do tema “Qualidade da água” como motivador para o ensino de Ciências?	59
Figura 14	Antes deste projeto, você já tinha conhecimento sobre o que define a potabilidade da água ou já teve interesse nesse tema?	59
Figura 15	Você já fez alguma análise química em campo?	63
Figura 16	Como é possível saber se o tratamento da água está de acordo com as diretrizes de qualidade e segurança?	63
Figura 17	Na sua opinião, quais seriam as melhores estratégias de ensino para abordar o tema da qualidade da água de forma envolvente e motivadora?	64
Figura 18	Você acredita que o debate e as análises realizadas pela turma foram importantes para seu crescimento como cidadão?	65
Figura 19	Após este projeto, você acredita que seus conhecimentos sobre potabilidade da água estão melhores estabelecidos?	66
Figura 20	Você gostou da experiência de fazer e entender o que é uma análise química em campo?	66
Figura 21	Diga o que somos capazes de saber em relação à análise de cloro, pH e condutividade realizada?	67
Figura 22	O cloro residual da torneira do laboratório está de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021?	67

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Algumas propriedades químicas e físicas da água	18
Quadro 2	Principais doenças relacionadas à água	19
Quadro 3	Sobre alguns componentes naturais na água bruta	22
Quadro 4	Aprendizagem baseada em problemas	26
Quadro 5	Respostas dos alunos à pergunta “Você acredita que projetos dessa natureza, relacionando temas do cotidiano com o ensino de Ciências, são eficazes para o aprendizado? Por quê?”	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Parâmetros da água da pia do laboratório	49
Tabela 2	Parâmetros da água do bebedouro	52
Tabela 3	Parâmetros da água da piscina do IFRJ	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
IFRJ	Instituto Federal do Rio de Janeiro
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial de Saúde
Ph	Potencial hidrogeniônico
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
OD	Oxigênio Dissolvido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 QUALIDADE DA ÁGUA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 ÁGUA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2 TRATAMENTO DA ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA PARA A SAÚDE E O AMBIENTE</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3 LEGISLAÇÕES VIGENTES</b> .....	<b>22</b>
<b>3 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP)</b> .....	<b>25</b>
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>30</b>
<b>5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>32</b>
<b>6 OBJETIVO</b> .....	<b>35</b>
<b>7 PLANEJAMENTO DA ATIVIDADE</b> .....	<b>36</b>
<b>7.1 APLICAÇÃO DA ATIVIDADE</b> .....	<b>37</b>
7.1.1 <i>Determinação de pH</i> .....	42
7.1.2 <i>Determinação do oxigênio dissolvido (OD)</i> .....	42
7.1.3 <i>Determinação dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e da condutividade</i> ..	43
7.1.4 <i>Determinação do cloro residual</i> .....	44
7.1.5 <i>Coleta de amostra para análise microbiológica</i> .....	45
<b>8 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>8.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO</b> .....	<b>49</b>
8.1.1 <i>Água da torneira do laboratório</i> .....	49
8.1.2 <i>Água do bebedouro do pátio</i> .....	52
8.1.3 <i>Água da piscina do IFRJ</i> .....	53
<b>8.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS COM OS ALUNOS</b> .....	<b>55</b>
<b>8.3 PRÁTICA DA COLETA DE AMOSTRA MICROBIOLÓGICA</b> .....	<b>56</b>
<b>9 ANÁLISE GRÁFICA DOS RESULTADOS</b> .....	<b>58</b>
<b>9.1 QUESTIONÁRIO APLICADO ANTES DA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE</b> .....	<b>58</b>
<b>9.2 QUESTIONÁRIO APLICADO APÓS A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE</b> .....	<b>64</b>
<b>10 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>71</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, a água é para o homem o que a musa é para o seu poeta. Em cada fruta ingerida, em nossa vitamina ou almoço favorito, a água é mostrada como um belo presente da natureza. Isso não é apenas de hoje, o homem antigo também tinha uma forte relação com a água, isso se reflete nas palavras do zoólogo e paleontólogo Finlayson em seu livro “The improbable primate”, onde diz:

O habitat humano preferido combinava árvores, espaços abertos e água. Os agricultores que desenvolviam a agricultura [...] encontraram áreas de floresta densa. Resolveram o problema abrindo essas áreas [...], permitindo que animais de pastoreio como cabras mantivessem um mosaico de espaços abertos e árvores em lugares com abundância de água (Finlayson, 2014, p. 151).

A água inspira e deixa marcas intangíveis na humanidade, como podemos ver na epopeia grega “Odisseia” de Homero e não devemos esquecer aquele que se apaixonou por seu próprio reflexo na água, presente no mito de Narciso na obra “Metamorfoses” do poeta romano Ovídio. Entretanto, houve um tempo em que os homens buscaram as “causas primeiras” das coisas, e podemos encontrá-las no livro “Metafísica” de Aristóteles (2021, p. 48), a dizer, “Tales, fundador dessa escola de filosofia, afirma que esse princípio permanente é a água”. Abordando aspectos tangíveis, a água tem um impacto significativo na vida diária e na economia global, como descrito pelo jornalista de negócios Charles Fishman em seu livro “The big thirst: the marvels, mysteries and madness shaping the New Era of Water” (Fishman, 2011).

Ao longo dos anos, a conscientização sobre a finitude da água e seu impacto na civilização tornou-se cada vez mais importante, resultando na necessidade de proteger e preservar esse recurso precioso. Como resultado, foram implementadas várias medidas para melhorar a distribuição e garantir a qualidade da água, incluindo o tratamento de águas residuais, a construção de reservatórios de água e sistemas de irrigação. O tratamento de águas residuais e a implementação de sistemas de saneamento tiveram um impacto significativo na saúde pública, por exemplo, a redução de doenças como cólera, hepatite A, esquistossomose, poliomielite, febre tifoide e muitas outras. No entanto, existe uma preocupante situação de falta de acesso a água potável em algumas regiões do mundo, citando dados da OMS (Organização Mundial de Saúde) do ano 2020 que apontam que cerca de “122 milhões de pessoas coletam água superficial não tratada de fontes como lagos, açudes, rios e

córregos [...]” (World Health Organization, 2022), assim como “[...] a ingestão de água contaminada é responsável por cerca de 485 mil mortes por ano, em todo o mundo, devido a doenças diarreicas” (World Health Organization, 2022).

Além das doenças infecciosas, a água não tratada também pode conter substâncias tóxicas, como metais pesados e agrotóxicos, que podem causar danos à saúde em longo prazo, como câncer e problemas neurológicos. O Alzheimer é uma doença neurológica que pode ter relação entre a exposição a metais pesados, como o alumínio, na água consumida sem tratamento adequado. Além do Alzheimer, a encefalopatia de Wernicke também é uma doença neurológica causada pela deficiência de tiamina (vitamina B1) e que pode ser associada ao consumo de água contaminada com bactérias ou substâncias tóxicas, assim como o Parkinson, onde a exposição a metais pesados, como o manganês, pode aumentar o risco de desenvolvimento desta doença (World Health Organization, 2011).

Com base nos dados da OMS e do UNICEF (Fundo das Nações Unidas para a Infância), San Marino, Liechtenstein, Singapura, Islândia, Suíça, Andorra, Noruega, Canadá, Luxemburgo e Reino Unido são os países com melhor acesso a água potável, com porcentagens de 100% ou próximas a 100%. Por outro lado, muitos outros enfrentam desafios em relação ao acesso a água potável. Na África Subsaariana, por exemplo, mais de 400 milhões de pessoas não têm acesso a fontes melhoradas de água potável. Na região da América Latina e Caribe, a situação é mais favorável, com uma taxa de acesso de 91% em 2017 (Progress [...], 2017). No Brasil, um dos maiores países da região, cerca de 83,9% da população brasileira têm acesso a água tratada em seus domicílios, o acesso a água tratada é mais precário nas áreas rurais, onde apenas 46,3% da população tem acesso a água tratada em suas residências de acordo com o SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) (Silva, 2021).

É importante considerar que melhorias no tratamento e acesso a água podem levar anos ou décadas em algumas regiões do mundo. No entanto, é crucial reconhecer que a ciência pode gerar mudanças ao longo do tempo, destacando a necessidade de entender as consequências de consumir ou interagir com água não tratada. Uma abordagem de ensino que pode ajudar nesse sentido é a ABP (Aprendizagem Baseada em Problemas). Essa metodologia tem como objetivo promover a aprendizagem ativa e significativa, permitindo que os alunos trabalhem com situações-problema contextualizadas, próximas à sua realidade. Como resultado,

o processo de aprendizagem se torna mais interessante e motivador (Hill; Smith, 2005; Savin-Baden; Major, 2004; Souza; Dourado, 2015; Silva, E. L. *et al*, 2021).

Este trabalho está estruturado em seis partes. No primeiro capítulo, estabelecemos o conhecimento sobre qualidade da água, apresentamos certos fundamentos teóricos e discutimos a relação entre a qualidade da água, a saúde e o meio ambiente, dentre outros aspectos relevantes que serão explorados nos capítulos seguintes.

No segundo capítulo, explicamos a ABP, uma metodologia bastante conhecida e utilizada para promover a participação ativa do aluno na construção do conhecimento, apresentando aos alunos problemas complexos e desafiadores que precisam ser resolvidos por eles mesmos. Desenvolvemos aspectos teóricos e práticos dessa abordagem, além de discutirmos sua relação com a motivação e o aprendizado científico.

No terceiro capítulo, abordamos a metodologia ABP focada na qualidade da água como um motivador para o aprendizado da ciência. Aqui, é estabelecido a natureza do problema e apresentamos questões que gerem a necessidade e curiosidade de resolvê-las por parte das turmas selecionadas.

No quarto capítulo, é abordada a relação entre a Abordagem Baseada em Problemas (ABP) e as ideias de Paulo Freire, destacando a importância do diálogo ativo entre professor e aluno no processo de ensino-aprendizagem. É mostrado que Freire enfatiza a participação ativa de ambos na construção do conhecimento, utilizando a metodologia ativa da ABP, na qual o diálogo é a ferramenta central para a construção do conhecimento. A ABP promove a aprendizagem compartilhada, em que o problema e ou possíveis problemas são gatilhos para discussões e reflexões, com o professor atuando como um facilitador, orientando perguntas e provocando reflexões para que o aluno resolva o problema.

No quinto capítulo, é abordada a eficácia da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como uma ferramenta de aprendizagem em diferentes contextos acadêmicos ao redor do mundo. Nesse sentido, é mostrado como diversos estudos científicos demonstram o impacto positivo da ABP na motivação dos alunos, na compreensão do conteúdo, na retenção de informações e no desenvolvimento de habilidades. Assim, os estudos destacam os benefícios da ABP em diversos contextos educacionais, demonstrando sua eficácia na motivação dos alunos, na compreensão do conteúdo e no desenvolvimento de habilidades fundamentais para o aprendizado

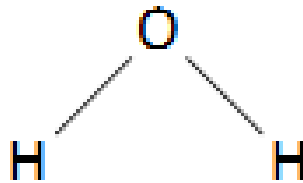
No último capítulo deste trabalho, são apresentadas as medidas quantitativas das atividades realizadas, bem como aspectos qualitativos relacionados à metodologia do ABP, empregada ao longo da obra como um todo, com o objetivo de integrar os princípios da ABP, enfatizando a resolução de problemas, a prática contextualizada e a aprendizagem ativa dos estudantes, fornecendo uma oportunidade para a aplicação dos conhecimentos teóricos no cenário prático, fomentando a participação ativa e a contextualização dos conceitos de Química dentro de um ambiente aplicado e relevante, como as diferentes águas da própria escola em que convivem diariamente.

## 2 QUALIDADE DA ÁGUA

### 2.1 Água

Nossa primeira interação com a água acontece em idades jovens, apesar de muitos bebês acharem interessante brincar com ela, outros podem ser atraídos por algum aspecto peculiar em si mesma. Da mesma forma, com o passar do tempo na escola, eles abordarão temas relacionados à água, como seus estados físicos, o ciclo da água e outros aspectos. Nestas primeiras interações, pouco se fala sobre sua estrutura química, que geralmente é abordada no ensino médio. Na verdade, assim como a bem conhecida equação de Albert Einstein,  $E=mc^2$ , a expressão  $H_2O$  para a água tem essa mesma familiaridade entre as pessoas, sendo até mesmo reconhecida na Figura 1.

Figura 1 – Molécula de água



Fonte: Elaborado pela autora.

Embora a água possa ter uma estrutura simples e aparentemente sem surpresas, em baixas temperaturas, a água se comporta como se sua forma molecular fosse  $H_6O_3$  ou  $H_8O_4$  mantida unida por pontes de hidrogênio (Tebbutt, 1997). Por outro lado, a natureza dipolar da água é responsável por suas propriedades únicas e interações com outras moléculas. As moléculas de água têm uma forma dobrada, com o átomo de oxigênio tendo uma alta densidade de carga negativa e os átomos de hidrogênio tendo alta densidade de carga positiva. Esse momento dipolar permite que as moléculas de água formem ligações de hidrogênio entre si e com outras moléculas polares. A ligação de hidrogênio entre as moléculas de água confere a ela um alto ponto de ebulição, alta quantidade de calor necessária para vaporização e alta tensão superficial (Stumm; Morgan, 2012).

A seguir, são apresentadas algumas propriedades químicas e físicas da água (Quadro 1). A temperatura, ligado ao seu efeito com a aceleração das reações

químicas. O sabor e odor, as quais são propriedades subjetivas difíceis de medir. A cor, a água pura não é incolor e tem um tom verde-azul pálido em grandes volumes assim como pode apresentar outras cores em outras situações. No Quadro 1 podem-se ver alguns valores numéricos ligados à água.

Quadro 1 – Algumas propriedades químicas e físicas da água

Características	Rio baixo	Aquífero de giz
pH	7.5	7.2
Sólidos totais	400	300
Condutividade	700	600
Cor Hazen (° H)	40	< 5
DO (% satu. )	75	2

Fonte: Tebbutt (1997).

## 2.2 Tratamento da água e sua importância para a saúde e o ambiente

A maioria das águas naturais contém uma ampla variedade de microrganismos que formam um sistema ecológico equilibrado. A presença e a quantidade desses microrganismos estão relacionadas à qualidade da água e a fatores ambientais. No tratamento de águas residuais orgânicas, os microrganismos desempenham um papel importante, sendo a maioria inofensiva aos humanos. Entretanto, alguns microrganismos podem causar doenças, representando um risco significativo para a saúde (Tebbutt, 1997).

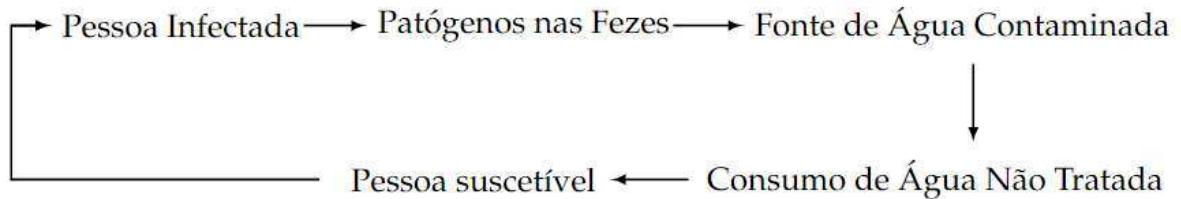
Na literatura relacionada à qualidade da água, fica evidente a necessidade do tratamento, controle e acesso apropriado. De fato, essa questão está presente há séculos, pois na antiga Mesopotâmia (por volta de 4000 a.C.), foram registradas as primeiras formas de saneamento e abastecimento de água (Silva, E.L. *et al.*, 2021).

Apesar dos esforços realizados há séculos para distribuir água de qualidade, é evidente que até hoje não foi totalmente possível alcançar esse objetivo. Isso pode ser atribuído ao rápido crescimento demográfico, à falta de condições econômicas para desenvolver a infraestrutura necessária para uma distribuição adequada e rápida da água, entre outros fatores. Nesse contexto, as interações humanas com a água não tratada ainda persistem, refletindo-se em números alarmantes. De acordo com a UNICEF, cerca de 1.000 crianças morrem todos os dias devido às doenças diarreicas

associadas à água potável contaminada, saneamento deficiente ou más práticas de higiene (UNICEF, 2017).

A Figura 2 apresenta o diagrama do ciclo clássico de infecção por doenças transmitidas pela água não tratada.

Figura 2 – Ciclo clássico de infecção por doenças transmitidas pela água



Fonte: Tebbutt (1997).

A cólera é uma doença bem conhecida e poder-se-ia pensar que o número de doenças relacionadas à água não tratada é pequeno, mas, infelizmente, é exatamente o contrário. Nesse sentido, a Quadro 2 nos fornece uma referência de algumas outras doenças adicionais e dentro dessa variedade de doenças, escolhemos duas delas para entrar em certo grau de detalhe: a cólera e a malária.

Quadro 2 – Principais doenças relacionadas à água

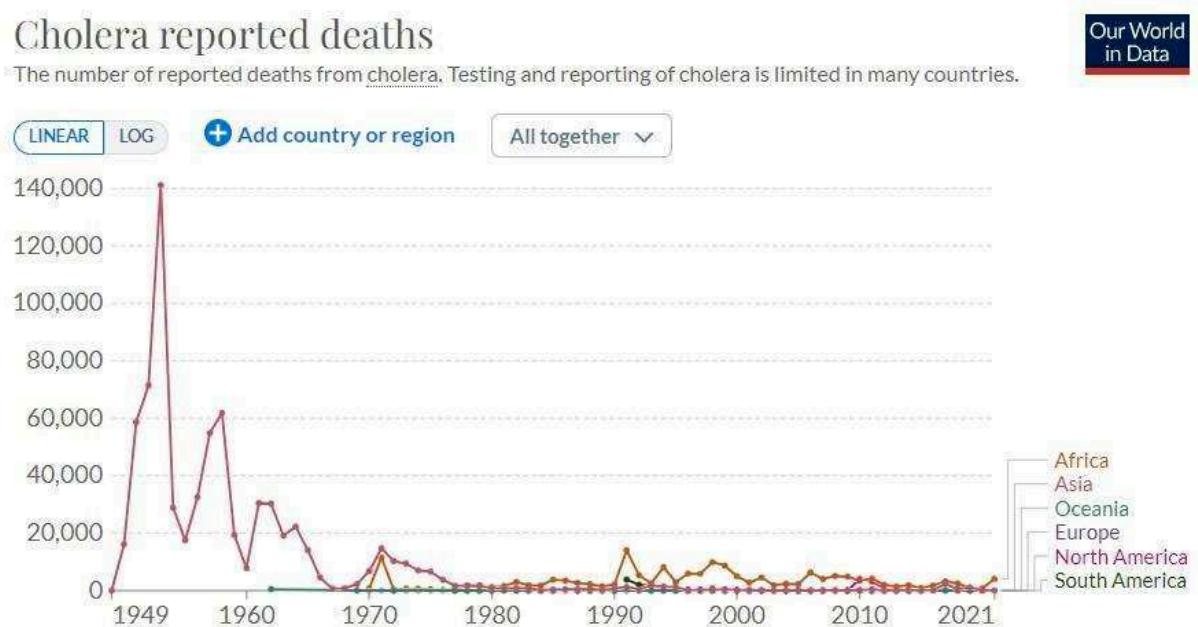
1. Doenças transmitidas pela água	Cólera Giardíase, Hepatite infecciosa, Leptospirose Paratifoide, Tularemia, Febre tifoide
	~ 4 milhões de mortes por ano
2. Doenças gastrointestinais	Disenteria amebiana Disenteria bacilar Gastroenterite
	~ 1 milhão de mortes por ano
3. Doenças transmitidas por vetores	Malária Oncocercose Tripanossomíase africana (Doença do sono) Febre amarela
	~ 1 milhão de mortes por ano

Fonte: Tebbutt (1997).

A cólera é uma doença diarreica aguda causada pela ingestão de alimentos ou água contaminados com o bacilo *Vibrio cholerae* (OMS, 2022); a malária é uma doença causada por um parasita chamado *Plasmodium*, que é transmitido pela picada de um mosquito infectado (Organización Panamericana de Salud, 2021).

A partir dos dados da literatura (Tebbutt, 1997), notam-se padrões de diminuição das mortes por cólera, uma doença de fácil tratamento com medicamento administrado pela via oral (OMS, 2022), o que pode, então, ser atribuído ao avanço científico no desenvolvimento de novos fármacos nas últimas décadas. Esses dados podem ser observados na Figura 3.

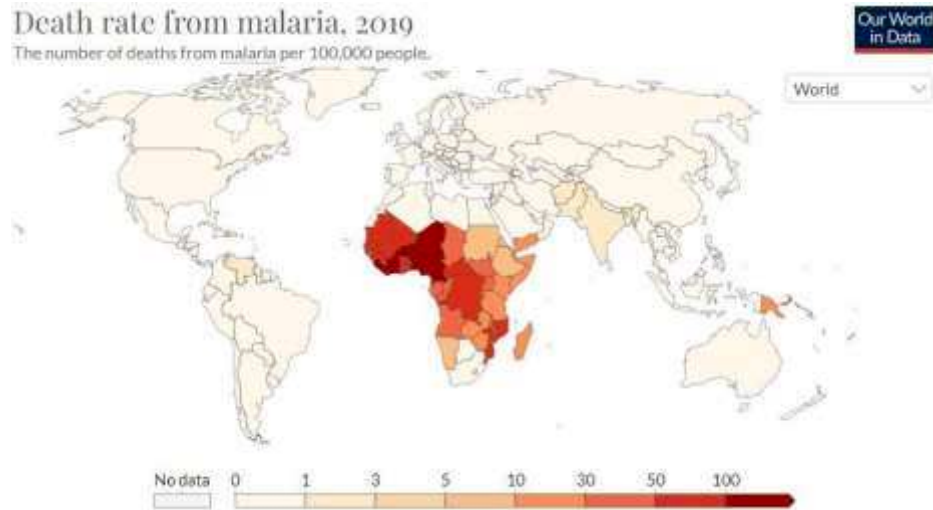
Figura 3 – Número de mortes por cólera



Fonte: Our World in Data (2021).

Outra doença na qual foi observada queda significativa no número de mortes foi a malária, também atribuída não só ao desenvolvimento de novos fármacos, mas também a realocação de medicamentos. A malária é considerada pela OMS como uma doença negligenciada por conta da sua baixa ocorrência em países desenvolvidos enquanto ocorrem epidemias em países mais pobres. A Figura 4, mostra um gráfico no qual é possível observar as regiões mais afetadas pela malária no mundo.

Figura 4 – Distribuição de mortes por malária em 2019



Fonte: Our World in Data (2019).

A falta de água tratada que acarreta o avanço das doenças supracitadas é, em geral, acompanhada pela falta de saneamento básico. Quando esses problemas caminham juntos, além do consumo de água contaminada, ocorre a inviabilização de fontes de água naturais pelo despejo não só de resíduo doméstico, mas também de resíduo industrial, como mostrado na Figura 5 (Denchak, 2023).

Figura 5 – Águas residuais



Fonte: Denchak (2023).

Além do fator biológico do consumo de água não tratada e da contaminação por rejeitos domésticos e industriais, a água bruta (não tratada) pode ser naturalmente prejudicial à saúde humana pela presença de algumas espécies químicas em concentrações mais elevadas. O Quadro 3 lista alguns desses componentes.

Quadro 3 – Sobre alguns componentes naturais na água bruta

<b>Componente</b>	<b>Informação</b>
Nitrato	Ocorre naturalmente em muitos solos e, portanto, está presente na maioria das águas subterrâneas e em muitas águas superficiais.
Fluoreto	Encontrado naturalmente em algumas águas e pode prevenir a carie dentária.
Alumínio	O alumínio ocorre naturalmente em fontes de água e é usado como coagulante no tratamento de água.
Arsênico	Presente em algumas águas subterrâneas de certas regiões, como Argentina, Chile, China, Índia, México e Taiwan. Nestes lugares, as concentrações de arsênico podem atingir vários miligramas por litro. O consumo regular de água com concentrações mais altas de arsênico pode causar pigmentação da pele e diversos distúrbios gastrointestinais, hematológicos e renais.

Fonte: Tebbutt (1997).

### 2.3 Legislações vigentes

Ensinar nas escolas sobre as legislações ambientais vigentes é de extrema importância, uma vez que, permite que os alunos tenham uma compreensão mais ampla sobre a relação entre o meio ambiente e a sociedade, bem como sobre as responsabilidades individuais e coletivas na preservação do meio ambiente. Algumas razões que destacam a importância de ensinar sobre as legislações ambientais nas escolas são:

As legislações são capazes de gerar conscientização ambiental. O ensino sobre as leis ambientais pode ajudar a sensibilizar os alunos sobre a importância da preservação do meio ambiente e as consequências das ações humanas sobre a natureza. Além disso, através delas é possível entender aspectos técnicos e

interpretações importantes relacionadas aos conceitos químicos fundamentais no ensino médio.

A busca por uma formação cidadã não é uma preocupação atual, mas sim muito antiga. O conhecimento sobre as leis ambientais pode ajudar a formar cidadãos mais conscientes e responsáveis, capazes de tomar decisões mais sustentáveis em seu cotidiano e de exigir que as empresas e governos cumpram suas obrigações ambientais, além de permitir a reflexão sobre hábitos cotidianos que podem ajudar na preservação ambiental.

Por outro lado, nunca se esteve tão em pauta a busca por um desenvolvimento sustentável. Logo, a educação ambiental, incluindo o ensino sobre as leis ambientais, é uma ferramenta essencial para promover a conscientização e a adoção de práticas sustentáveis, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e para a construção de um futuro mais justo e equilibrado.

De posse de conhecimentos sobre as leis ambientais, é possível prevenir danos ambientais e minimizar impactos negativos no meio ambiente, evitando ações que possam prejudicar a natureza e a sociedade, além de gerar maior responsabilidade social, ajudando a desenvolver nos alunos um senso de responsabilidade social e ambiental, incentivando-os a adotar práticas mais sustentáveis em sua vida pessoal e profissional.

Em relação ao conteúdo de legislações abordado com os alunos, duas legislações foram apresentadas: ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 10818 de 11 de janeiro de 2016 (ABNT, 2016), e a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (Brasil, 2021).

A primeira é uma resolução que estabelece os padrões de qualidade da água em piscinas de uso coletivo, como clubes, academias, hotéis, parques aquáticos e outros estabelecimentos similares. O objetivo é garantir a segurança e a saúde dos frequentadores.

A ABNT NBR 10818:2016 (ABNT, 2016) define parâmetros microbiológicos, físicos e químicos que a água das piscinas deve atender, incluindo a concentração máxima de cloro, pH adequado, ausência de microrganismos patogênicos, entre outros requisitos.

Nesse sentido, ao analisar a água da piscina da escola, os alunos estavam cientes da norma e onde eles deveriam embasar os resultados encontrados em suas análises.

A segunda legislação abordada foi a Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021), que define os padrões de potabilidade da água, estabelecendo limites máximos e parâmetros de controle para diversos elementos químicos, agentes microbiológicos e características organolépticas (sabor, odor e cor), garantindo a segurança da água para consumo humano.

Levando em consideração as informações presentes nas legislações citadas, foi possível um debate mais amplo e contextualizado. Isso significa que a água de bebedouros, seja em estabelecimentos públicos, privados, ou em outros locais de acesso público, deve atender aos mesmos padrões de potabilidade estabelecidos para a água de consumo humano em geral.

Essa norma busca garantir que a água disponibilizada para as pessoas em bebedouros seja segura e própria para o consumo, evitando riscos à saúde e prevenindo doenças associadas à contaminação da água.

Portanto, é importante que os bebedouros sejam mantidos adequadamente, com limpeza e manutenção regular, e que a água fornecida seja controlada e monitorada para garantir a sua qualidade de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação.

Em resumo, ensinar sobre as leis ambientais atuais vigentes é essencial para formar cidadãos conscientes e responsáveis, aptos a contribuir para a preservação do meio ambiente e para a construção de um futuro mais justo e sustentável. Além disso, a aplicação dos princípios da Abordagem Baseada em Problemas (ABP) neste contexto educacional promove um engajamento ativo dos alunos, capacitando-os para lidar de forma eficaz e responsável com os desafios ambientais.

### 3 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP)

Aprendizagem baseada em problemas surgiu recentemente, popularizada por Barrows e Tamblyn (1980), após suas pesquisas sobre habilidades de raciocínio dos estudantes de medicina na Escola de Medicina McMaster, Canadá. Essa abordagem marcou uma ruptura em relação à aprendizagem tradicional, incentivando o aprendizado por meio de cenários-problema e envolvendo os estudantes ativamente no processo.

Neste capítulo, apresentamos a metodologia de ensino Aprendizagem Baseada em Problemas, também conhecida como ABP. O conteúdo abordado aqui pode ser encontrado em Hill e Smith (2005) e Souza e Dourado (2015).

Convém notar que há séculos, o ser humano busca compreender o que está por trás das ideias, do mundo sensível e vestígios desses esforços podem ser encontrados nas obras de Platão e Aristóteles. Isso não se limita apenas aos filósofos gregos, pois Immanuel Kant (2015), em sua obra intitulada “Crítica da razão pura”, deixa entrever os possíveis limites do que é cognoscível. No âmago desta busca, surge a pergunta natural: o que nos impulsiona a desvendar os aspectos de algo em particular?

Refletir sobre essa questão é crucial, pois as motivações para buscar conhecimento são amplamente discutidas. Alguém pode sentir o desejo de explorar a metafísica devido às suas conexões com conceitos como ser, alma e outros. No entanto, não há uma razão universal que incite a conhecer isso em todas as pessoas, pois depende da subjetividade de cada sujeito.

De interações em sala de aula, tanto com alunos quanto com professores, destaca-se três aspectos a considerar: a utilidade, a velocidade com que a informação é transmitida e a imprevisibilidade das ideias a vir. Se a troca de ideias é previsível então pode gerar perda de motivação. Esta dinâmica (imprevisibilidade) é explorada nos jogos de azar, nos quais o ser humano busca prever o futuro. Desde culturas antigas, vemos esse anseio, evidente no desenvolvimento da astronomia para prever eclipses. Essa tendência não é exclusiva do passado; ainda hoje, tentamos prever resultados esportivos, comportamentos do mercado financeiro e outros aspectos. Deixa-se para o leitor a reflexão sobre os dois aspectos restantes. Retornando-se ao contexto da sala de aula, é relevante destacar a maneira como ocorrem as interações entre professor, alunos, ideias etc. Por exemplo, no Quadro 4 destacam-se as

contribuições principais de cada indivíduo envolvido no processo de aprendizagem (alunos e instrutores) e como o conhecimento é organizado na abordagem em questão.

Quadro 4 – Aprendizagem baseada em problemas

<b>Aprendizagem</b>	<b>Organização do conhecimento</b>	<b>Papel do aluno</b>	<b>Papel do instrutor</b>
Baseada em problemas	Sem fim situações e problemas.	Participantes ativos e crítico independentes inquiridores que possuem suas próprias experiências de aprendizagem.	Facilitador de oportunidades de aprendizado.
Baseada em projetos	Conjunto de tutores, estruturado tarefas.	Completador de projeto ou membro da equipe de projeto que desenvolve uma Solução ou estratégia.	Organizador de tarefas e supervisor de projeto.
Baseada em resolução de problemas	Resolução lógica de problemas com base no conhecimento do palestrante.	Solucionador de problemas que adquire conhecimento através resolução de problemas limitada.	Um guia para o conhecimento correto e solução.

Fonte: Elaborado pela autora.

A Aprendizagem Baseada em Problemas é uma abordagem pedagógica inspirada na filosofia e epistemologia para desenvolver o conhecimento através do questionamento e reflexão crítica. Desde seus primórdios na Grécia antiga, o questionamento tem sido uma ferramenta fundamental para explorar e descobrir o mundo. Nesse sentido, a ABP é fundamentada na ideia de que a aprendizagem é um

processo ativo e construtivo que é alcançado através da resolução de problemas e reflexão crítica (Hill; Smith, 2005).

No Brasil, essa abordagem ganha destaque pelos trabalhos de Paulo Freire, que mostra como a problematização de uma questão pode ser envolvida de maneira satisfatória no que se entende como o processo ensino-aprendizagem. Segundo Freire (1985), a problematização considera que o processo educativo seja desenvolvido com o estudante com orientação do professor, sendo ambos sujeitos ativos do processo. Um maior aprofundamento dessa teoria será dado no capítulo seguinte sobre a fundamentação teórica da proposta deste trabalho.

É possível estabelecer uma conexão entre uma abordagem problematizadora e algumas correntes de pensamento filosófico significativas, como descrito no livro "Foundations of Problem-based Learning" de Savin-Baden e Howell Major (2004). No livro, são exploradas conexões com diversas correntes filosóficas, como o existencialismo, pós-modernismo, entre outras. Neste trabalho, foram selecionadas quatro dessas correntes, não de maneira arbitrária, mas por motivação pessoal, citadas abaixo:

- a) Naturalismo: a ABP permite aos estudantes a natureza de um problema e considerar como investigá-lo, o que se relaciona com as ideias dos filósofos antigos que exploraram questões cosmológicas. Esses filósofos defendiam uma abordagem questionadora para desenvolver a compreensão e ajudaram a moldar uma abordagem crítica de aprendizagem;
- b) Metafísica: a ABP reconhece que os estudantes devem desenvolver habilidades metacognitivas e, portanto, espera-se que utilizem habilidades de raciocínio para resolver problemas complexos. Essas ideias também remontam aos filósofos gregos antigos que questionaram a natureza e a confiabilidade do conhecimento humano;
- c) Realismo: a ABP está relacionada com a filosofia aristotélica, que se concentrava no realismo e acreditava que o real podia existir independentemente dos sentidos e que o conhecimento podia ser obtido por meio da percepção, bem como por abstração e raciocínio lógico. A educação deve cultivar e desenvolver a racionalidade de cada pessoa, permitir que os estudantes façam julgamentos racionais sobre muitos assuntos e servir tanto ao teórico quanto ao prático;

- d) Racionalismo: o racionalismo pressupõe que os seres humanos não conhecem as coisas diretamente, mas apenas captam suas impressões, e se relaciona com a ABP através de sua ênfase no raciocínio dedutivo enquanto os estudantes examinam e resolvem um problema.

Em 2015, um trabalho desenvolvido por Souza e Dourado (2015) sobre aplicação da ABP em sala de aula colocou em destaque algumas dicas para implementação da abordagem:

- a) Escolha um problema real ou simulado que seja relevante para os alunos e que possa ser investigado por meio de pesquisa e análise crítica;
- b) divida os alunos em grupos e forneça orientações claras sobre o problema e as etapas da ABP;
- c) forneça recursos e materiais para que os alunos possam pesquisar e analisar o problema de forma autônoma;
- d) estimule a colaboração e a comunicação entre os alunos, incentivando-os a compartilhar ideias e soluções;
- e) forneça *feedback* constante aos alunos, avaliando seu progresso e orientando-os em relação às próximas etapas;
- f) estimule a reflexão crítica sobre o processo de aprendizagem, incentivando os alunos a avaliarem o que aprenderam e como podem aplicar esse conhecimento em outras situações.

Para concluir este capítulo, é importante destacar o aspecto emocional intrínseco ao nosso cotidiano. Ao longo deste trabalho, minhas reflexões sobre a ABP enfatizam a necessidade de envolver as emoções em uma fase anterior à ABP, ou seja, sensibilizar e garantir que a ABP não seja apenas um processo cognitivo. Pesquisadores como Immordino-Yang e Damasio (2007) demonstraram a conexão entre emoções e pensamento, mostrando que as emoções desempenham um papel crucial na tomada de decisões, avaliação de situações e atribuição de significado à informação.

Essa relação entre emoções e pensamento nos permite intuir, interpretar e motivar a introdução de aspectos emocionais na fase inicial da ABP. Dessa forma, é possível fortalecer o vínculo e o comprometimento emocional dos estudantes com o

problema estudado, tornando o processo de aprendizagem mais significativo e envolvente.

Acredita-se que a introdução de uma fase prévia ligada com as consequências trará vantagens significativas ao processo de ensino-aprendizagem. Isso permite estabelecer conexões emocionais nos alunos antes mesmo de apresentar o problema em si, ou seja, sensibilizar e garantir que a ABP não seja apenas um processo cognitivo. Existem trabalhos por separado e acreditam-se existirem ideias excelentes para aproveitar os estudos psicológicos para acrescentar muito mais o interesse e motivação dos alunos. Neste sentido, pesquisadores como Immordino-Yang e Damasio (2007) demonstraram a conexão entre emoções e pensamento, mostrando que as emoções desempenham um papel crucial na tomada de decisões, avaliação de situações e atribuição de significado à informação. Por outro lado, Johnmarshall Reeve (2014), em seu livro "Understanding Motivation and Emotion", estuda diversas abordagens teóricas para compreender a motivação, com uma ênfase na interconexão entre motivação e emoção, estabelecendo conexões práticas desses conceitos com contextos do mundo real, como educação, trabalho e relações interpessoais.

#### 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como previamente colocado no capítulo sobre ABP, esta técnica ganha destaque nos trabalhos de Paulo Freire, nos quais o autor coloca a relevância de uma participação ativa tanto do aluno quanto do professor no processo ensino-aprendizagem. A metodologia ativa da ABP funciona com uma aprendizagem compartilhada, na qual o diálogo é a ferramenta que constrói o conhecimento, ou seja, é através da discussão entre o aluno e seu professor que se desenvolve um caminho para o conhecimento, sendo o problema um gatilho que provoca essa discussão. O professor, neste caso, age como um facilitador, mostrando quais perguntas o estudante deve fazer, ou até mesmo provocando essas perguntas para que ele as responda, com o objetivo de solucionar o problema inicial. Em *A Psicologia da Pergunta*, Freire (1985) desenvolve essa relação fundamental de que não são as respostas que fundamentam a aprendizagem, mas sim as perguntas.

Dando importância ao diálogo, Freire relata como isso não pode ser posto de uma maneira qualquer, como uma conversação de rotina entre dois indivíduos. Em suas palavras, o diálogo “[...] não pode reduzir-se a um ato de depositar ideias de um sujeito no outro, nem tampouco tornar-se simples troca de ideias a serem consumidas pelos permutantes” (Freire, 1985). Ou seja, o diálogo no processo de aprendizagem, via uma abordagem problematizadora deve ser guiado, com participação ativa dos indivíduos e reflexões constantes sobre o problema em si. Um de seus trabalhos mais relevantes sobre essa questão e que também vale ser citado é *Extensão ou Comunicação?* (Freire, 1983). Vale destacar a maneira como a ideia de Freire atribui valor a incerteza do conhecimento, ao ato de questionar, ao “não entender” antes da resposta final. Essas ideias vão de encontro ao que se entende hoje como principal abordagem do processo avaliativo, no qual se deposita grande significado nas respostas corretas e não nas perguntas. Ainda dentro desse contexto, pode-se esperar que, dentro da ABP, não exista rigor na verificação do conhecimento adquirido pelo aluno, contudo, Freire ressalta que problematizar não é o mesmo que facilitar a aprendizagem, porque, segundo ele mesmo, “o conhecimento requer disciplina [...] E não é apenas uma coisa que apenas acontece” (Freire; Sohr, 1986).

Assim, Freire destaca a importância da dúvida, do questionamento e do reconhecimento do "não saber" antes da obtenção de respostas finais. Estes conceitos contrastam com a ênfase atual no sistema de avaliação, que geralmente prioriza respostas corretas em detrimento das perguntas, como por exemplo o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Dentro do contexto da ABP, poder-se-ia presumir uma abordagem menos rígida na avaliação do conhecimento dos alunos. No entanto, Freire sublinha a distinção entre problematização e simples facilitação do aprendizado, destacando que a aquisição de conhecimento demanda disciplina e não é um processo passivo. A ênfase em questionar, a incerteza do conhecimento e a necessidade de disciplina para compreensão são aspectos que ressoam significativamente no processo de ensino-aprendizagem. Esses princípios desafiam a noção convencional de avaliação, colocando letras maiúsculas na importância do pensamento crítico e ativo na construção do conhecimento

## 5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem diversos trabalhos científicos que abordam a eficiência da aplicação da ABP como ferramenta de aprendizagem em alunos de diferentes níveis acadêmicos, tanto no Brasil, como no mundo.

Em 2011, em trabalho aplicando a ABP em uma turma da Universidade British Columbia Okanagan, no Canadá, Klegeris e Hurren (2011) demonstraram que essa abordagem teve impacto positivo significativo na motivação dos alunos, se mostrando superior ao formato tradicional em relação à compreensão do conteúdo e retenção de informações, segundo questionário respondido pelos alunos. Além disso, foi evidenciada uma melhoria significativa nas habilidades de resolução de problemas pelos alunos.

Strohfeldt e Khutoryanskaya (2015) avaliaram a aplicação da ABP em uma aula prática de química medicinal para 150 estudantes da Escola de Farmácia da Universidade de Reading, na Inglaterra. A abordagem foi considerada um sucesso, a partir de uma aprendizagem autorreflexiva e incentivo ao envolvimento dos alunos, promovendo competências essenciais para os profissionais de saúde.

No Brasil, um estudo sobre a aplicação da ABP na disciplina de Tecnologia da Informação e Comunicação no Ensino de Química em uma turma de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco apontou uma melhor reflexão quanto à inserção da tecnologia da informação no ensino de química, a partir do posicionamento e criticidade dos alunos durante a execução das atividades, bem como se observou uma reflexão da futura prática docente dos alunos, além de uma melhor contextualização dessas tecnologias (Silva; Lins; Leão, 2019).

A aplicação da ABP em turmas de biologia e bioquímica da Universidade de Málaga, Espanha, se mostrou útil em auxiliar os estudantes a terem uma visão integrada do metabolismo e sua regulação, tópicos considerados um dos mais complexos da disciplina de bioquímica. Alunos que participaram da abordagem obtiveram notas finais superiores em comparação a alunos que não participaram. Além disso, os alunos descreveram a experiência como interessante, desafiadora e formativa (García-Ponce *et al.*, 2020).

Em 2021, Silva, E.L. e colaboradores observaram em uma turma de ensino médio do Colégio Estadual Professor Alfredo Balthazar da Silveira que a dinâmica das aulas experimentais, aliada à realização das coletas das amostras pelos alunos levou a um maior engajamento da turma, muito provavelmente pelo fato de que os alunos se tornaram protagonistas do processo.

Estudo recente realizado com alunos de graduação em química da Universidade Syracuse, Estados Unidos, evidenciou a aplicação da ABP em um curso de técnica laboratorial em química inorgânica. O curso ajudou aos alunos a compreenderem o objetivo de cada laboratório e como aplicar as técnicas aprendidas, através de uma aprendizagem cooperativa e colaborativa. Além disso, os dados do estudo sugerem que o curso ajudou a melhorar o interesse dos alunos pela química inorgânica. Em relato dos alunos, ficou evidenciada a melhoria das habilidades de resolução de problemas e pensamento crítico (Chu; Dewey; Zheng, 2023).

Em 2023, um trabalho dedicado à proposição de uma abordagem de ensino dos conceitos de ácido-base e soluções para estudantes do ensino médio em um colégio em Piabetá-Magé, Rio de Janeiro (Silva, 2023), teve como objetivo avaliar o aprimoramento da qualidade do processo de ensino-aprendizagem. Desenvolvida como dissertação de mestrado sob a orientação da Prof. Dra. Roseli Martins de Souza, minha orientadora, a pesquisa evidenciou melhorias no entendimento dos alunos em alguns dos conceitos abordados durante as aulas práticas.

O artigo de Borochovcicius e colaboradores (2021) apresenta a aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) em uma disciplina de História do Ensino Fundamental, com resultados positivos na relação entre professor e alunos e no desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo. A ABP é uma metodologia ativa que estimula a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem, tornando-os protagonistas de sua própria formação.

De acordo o livro Características gerais da aprendizagem baseada em problemas (Lopes et al, p 62, 2019) um estudo realizado no Brasil aponta para uma maior motivação dos estudantes na utilização da ABP no Ensino Médio, em detrimento do ensino tradicional. Isso significa que a ABP pode ser uma estratégia de ensino eficiente para engajar os alunos e tornar o aprendizado mais significativo e contextualizado. Além disso, apresenta evidências de que os estudantes que aprendem através da ABP têm maior eficiência na aplicação das habilidades adquiridas, assim como são mais eficientes na retenção de conhecimento em longo

prazo. Isso pode ser especialmente útil no Ensino Médio, quando os alunos estão se preparando para o vestibular e precisam consolidar seus conhecimentos para enfrentar os desafios da universidade.

Certamente, trabalhos como o de Lima (2021) oferecem contribuições valiosas para a área educacional. O desenvolvimento de uma Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) na disciplina de Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências, utilizando uma oficina com base no ensino híbrido e o modelo de rotações por estações explicado no mesmo artigo. Assim como o trabalho de Macedo (2019), que aborda o estudo dos limites e possibilidades do uso da ABP no ensino de ciências, com dados de 2012 a 2017.

## **6 OBJETIVO**

O objetivo principal deste Trabalho de Final de Curso é aplicar o método da ABP para instruir os conceitos relacionados à potabilidade da água utilizando uma fase prévia ligada a emoções dos alunos. O foco principal é capacitar os alunos para que possam identificar os métodos de determinação do pH, da concentração de cloro livre e de vários parâmetros, tais como sólidos totais dissolvidos, condutividade e oxigênio dissolvido na água. Isso implica estabelecer conexões entre esses métodos e o conteúdo abordado na atividade para não apenas saber se a água está própria para consumo, mas também se está própria para uso recreativo.

Durante o processo de coleta e análise da água fornecida à comunidade escolar, os estudantes devem compreender os aspectos químicos relevantes para garantir a potabilidade da água. Ao mesmo tempo, eles devem assimilar os conteúdos associados a esses aspectos químicos, buscando executar uma coleta de análise microbiológica e melhorar tanto os resultados qualitativos quanto quantitativos do processo de ensino-aprendizagem.

## 7 PLANEJAMENTO DA ATIVIDADE

Esta atividade foi desenvolvida com a turma QUIM241 do IFRJ (Instituto Federal do Rio de Janeiro), sob a supervisão do professor titular da turma de Química Orgânica, Júlio Cesar Borges e o plano de aula foi anexado a este trabalho. A turma é composta por 14 alunos do curso de ensino médio técnico em Química e a atividade prática ocorreu de 8h da manhã até 12h. Antes da realização desta atividade, houve um encontro com a turma na semana anterior, que durou aproximadamente 2 horas, onde foi realizado o contato inicial com a turma.

No primeiro encontro com a turma, foi realizada minha apresentação pessoal com o intuito de quebrar o gelo inicial com a turma a fim de obter uma maior aproximação com eles. Assim, foi solicitado que os alunos também se apresentassem individualmente, compartilhando seus nomes e suas motivações para cursarem o técnico em Química. Em seguida, foi questionado sobre o interesse deles em participar da atividade, considerando a proximidade do período de férias no IFRJ e a realização dos experimentos práticos nesse mesmo período.

Desde o início, os alunos demonstraram grande receptividade e interesse pela proposta do projeto. No mesmo encontro, foi definido o dia para a realização dos experimentos práticos, com consentimento unânime dos estudantes. Foi enviado aos alunos o primeiro formulário, que deveria ser preenchido antes do próximo encontro e o intuito era ter um diagnóstico da turma e entender a relevância deste trabalho para cada um deles, gerando uma roda de conversa imersiva sobre a proposta do trabalho. As questões deste formulário estão no capítulo 8 deste trabalho. As questões foram elaboradas com o cuidado inicial de saber que muitas questões poderiam não ser do conhecimento da maioria da turma e, gerar motivação na participação da atividade que seria realizada em conjunto. Ou seja, esse questionário inicial tinha um propósito intrigante aos participantes, deixando os alunos curiosos sobre como seriam realizadas tais propostas para fazê-los entender o assunto que estava sendo abordado.

Os alunos concordaram em se reunir no laboratório de Química Orgânica às 8h da manhã para a realização das seguintes análises: pH, condutividade, STD (Sólidos Totais Dissolvidos), oxigênio dissolvido e cloro residual em campo. Antes da atividade,

foi explicada a importância de cada parâmetro assim como as exigências das legislações vigentes para água de consumo humano e água de piscina. Muitos dos alunos nesta conversa inicial sabiam outra técnica de quantificação para o parâmetro sólidos totais dissolvidos (STD) de forma gravimétrica. No entanto, nunca tiveram contato com os equipamentos que seriam levados para o laboratório. Além disso, eles também concordaram em realizar uma coleta microbiológica no bebedouro do pátio, na torneira do laboratório e na piscina da escola. Os alunos mostraram muito interesse pela parte de coleta também e isso foi mostrado na conversa inicial e confirmado no primeiro questionário, uma vez que 92,8% dos alunos relataram no primeiro questionário que nunca haviam realizado coleta em campo.

### **7.1 Aplicação da atividade**

Antes de iniciar a parte prática, foi abordada através de uma roda de conversa e algumas observações escritas no quadro existente a preocupante situação de um significativo número de pessoas no Brasil que ainda não têm acesso a água tratada. Questionou-se aos alunos qual seria o número aproximado de pessoas que não teriam acesso a água tratada no Brasil e foi pedido para que falassem sugestões numéricas, ordem de grandeza ou apenas “chutassem” um número. Em seguida, foi escrito no quadro da sala de aula o número de pessoas que não possuem água tratada no Brasil, causando um grande espanto aos alunos, dado o número tão elevado. Além disso, perguntou-se aos alunos sobre a confiança deles na qualidade da água dos bebedouros da escola. Essa questão levou a um intenso debate, concentrando-se tanto na água fornecida pelo bebedouro do pátio da escola, quando os alunos mencionaram lamentavelmente que seus filtros de carvão ativado estavam repletos de teias de aranha visíveis, indicando uma higienização inadequada. Ainda levantaram preocupação quanto a qualidade da água da piscina da escola, onde muitos deles realizavam aulas de natação e temiam que não estivesse adequadamente tratada para o uso.

Foi ministrada uma roda de conversa, na qual cada parâmetro analisado pelos alunos, como pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido e cloro residual, foi abordado. Esses parâmetros foram avaliados em duas diferentes matrizes: água destinada ao consumo humano e água da piscina da escola. A atividade teve uma duração aproximada de 1 hora, durante a qual foram discutidas as

possíveis consequências de utilizar água inadequada, tais como as consequências já citadas neste trabalho.

Durante a roda de conversa, questões relevantes foram levantadas, tais como a frequência recomendada para a troca de filtros de carvão ativo (6 meses a 1 ano) e a relação entre desconfortos, como dores de barriga, e a qualidade da água. Perguntas como "O que determina que a água está segura para consumo?" também foram exploradas.

Entre as respostas, um aluno compartilhou sua experiência de mal-estar em sala de aula, suspeitando que a água do bebedouro da escola poderia estar relacionada. Uma aluna relatou ter desenvolvido uma alergia na pele após a aula de natação, levantando dúvidas sobre a qualidade da água da piscina do campus. Esses relatos provocaram reflexões cruciais sobre a necessidade de assegurar a segurança e qualidade da água em nossas atividades diárias. Foi enfatizado que as análises físico-químicas da água desempenham um papel fundamental na garantia da sua qualidade para consumo. Os alunos ficaram preocupados com sua própria saúde e ficou muito nítido que a proposta de procurar despertar a curiosidade, assim como gerar emoções ao apresentar as consequências de um problema, tais como medo, raiva, preocupação, alegria, euforia, antes de revelar completamente o problema em si mesmo é uma forma didática eficaz. Ao adotar esse caminho, pode-se obter um maior comprometimento emocional, uma vez que, a preocupação gera interesse em conhecer melhor o assunto e mais empolgação na realização da atividade. Ou seja, eles seriam capazes de resolver a dúvida sobre a qualidade da água que eles mesmos usavam e acreditavam não estar completamente adequada para uso.

Durante esse debate em conjunto, após a elucidação das consequências do consumo de água não potável e da discussão sobre as questões trazidas, explicou-se em detalhe as regulamentações e normas que estabelecem critérios de qualidade para o consumo da água do bebedouro, assim como a resolução para garantir a qualidade da água da piscina, a partir do detalhamento dos parâmetros exigidos nas legislações vigentes tanto para água de consumo quanto para água de piscina. Essa abordagem despertou certo encantamento entre os alunos, pois eles demonstraram maior interesse em compreender as análises que seriam feitas por eles.

É importante destacar que o tema da legislação ambiental costuma ser considerado monótono e difícil de gerar interesse. No entanto, no contexto em que discutimos a qualidade da água e a importância das normas, ele se tornou um fator

motivador para os alunos, pois perceberam que os resultados obtidos em suas análises poderiam ter impactos reais na saúde e bem-estar de todos os usuários da escola. Esse engajamento foi fundamental para que o debate se tornasse mais enriquecedor e significativo, impulsionando um maior comprometimento com a questão da qualidade da água nas instalações da escola. Considerando que a turma, em sua maioria, era composta por alunos moradores da baixada fluminense, região com um dos piores índices de saneamento básico no Rio de Janeiro (Instituto Trata Brasil, 2023), a conscientização da importância da qualidade da água torna-se um fator inovador e conscientizador no cotidiano desses alunos.

Nesse contexto, o conhecimento dos critérios de aceitação das análises que seriam realizadas elevou a autoestima dos alunos, pois entenderam que estavam assumindo uma responsabilidade pessoal ao aprovar ou reprovar a qualidade da água consumida na instituição, a partir da aplicação prática do conhecimento adquirido no curso técnico em química. Essa conscientização proporcionou uma perspectiva mais individualizada e motivadora para o envolvimento de cada estudante no processo de avaliação da água.

Ao início da parte prática, foi apresentado aos alunos o equipamento multiparamétrico *Bante Instruments 900 Multiparameter* (Figura 6) explicando suas funcionalidades e a forma de utilização, bem como a importância ambiental dos parâmetros a serem analisados. O equipamento foi gentilmente emprestado pelo laboratório Baktron Microbiologia LTDA. As instruções de uso do equipamento e parâmetros possíveis de serem mensurados estão descritos nos tópicos abaixo. Além disso, durante a aula prática, foram abordadas as legislações pertinentes a esses parâmetros que eles iriam estudar e avaliar, ou seja, as diferentes matrizes de água que seriam analisadas.

Figura 6 – Equipamento Bante Instruments 900 Multiparameter



Conectores para vários tipos de sensores:

- 1 base apoio para sensores;
- 2 display;
- 3 teclado.

Tecla MEAS – Funções:

- 1 Ligar ou desligar o medidor;
- 2 bloquear ou desbloquear a medição;
- 3 sair do modo calibração.

Tecla MODE:

- 1 Alternar entre o modo;
- 2 alternar entre os parâmetros analisados.

Tecla CAL:

- 1 Iniciar aferição;
- 2 pressionar e segurar a tecla para entrar no menu configuração.

Além disso, foi apresentado o equipamento Fotocolorímetro Aquacolor Cloro FE IP 67 (Figura 7), também cedido pelo laboratório Baktron, que seria utilizado para realizar análises de cloro residual nas diferentes amostras, conforme mostrado em figura abaixo:

Figura 7- Fotocolorímetro Aquacolor Cloro FE IP 67



Dessa forma, os alunos foram preparados para realizar as análises de forma adequada e entenderam a importância de cada parâmetro na avaliação da qualidade

da água em diferentes contextos, através da elucidação oral realizada tanto durante a discussão prévia, quanto durante a execução da aula prática. Essa abordagem equipou os estudantes não apenas com conhecimentos técnicos, mas também sensibilizou pessoalmente cada aluno sobre a importância da atividade e da utilização dentro dos padrões de qualidade adequados.

No potencial hidrogeniônico (pH) leva-se em consideração a concentração de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) numa faixa que vai de 0 a 14, sendo o pH considerado ácido quando menor que 7, neutro quando igual a 7 e básico quando maior que 7. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos se dá diretamente devido aos efeitos sobre a fisiologia dos organismos. O pH também contribui para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, e pode exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes.

A Condutividade refere-se à capacidade que a água tem de transmitir corrente elétrica devido aos íons presentes, a partir da dissociação de outras substâncias. Os valores de condutividade indicam a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e representam uma medida indireta da concentração de poluentes. A água pura contribui minimamente para a condutividade e, em geral, níveis superiores a 100 mS/cm indicam ambientes impactados, STD e cloro residual.

O oxigênio é vital para todas as formas de vida superior e para a maioria de micro-organismos. O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas e da vegetação submersa. Baixos valores de OD são observados em águas que sofreram eutrofização, ou seja, onde a decomposição dos compostos orgânicos levou ao excesso de nutrientes, provocando um aumento da biomassa, reduzindo a concentração de oxigênio no meio devido a seu uso nos processos respiratórios. A redução do OD torna o ambiente propenso à proliferação de micro-organismos anaeróbios. Nesse sentido, não foi observado baixo OD em nenhuma das nossas amostras, uma vez que, as matrizes realizadas foram água de consumo e água de piscina que não se enquadravam em condições inadequadas de uso.

A presença de cloro residual é essencial para Segurança da água de consumo humano, uma vez que, é um desinfetante amplamente utilizado para eliminar microrganismos patogênicos da água potável. O monitoramento do cloro residual garante que a concentração seja suficiente para manter a água livre de bactérias, vírus

e outros patógenos que podem causar doenças transmitidas pela água. Além disso, o controle da presença de cloro residual permite a prevenção de surtos de doenças como citado ao longo deste trabalho. O monitoramento regular identifica variações indesejadas na concentração de cloro, permitindo ação corretiva imediata.

A avaliação dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) é um parâmetro fundamental para verificar a eficiência do tratamento de água, fazendo-se possível a manutenção do mesmo em níveis abaixo do recomendado, de forma a evitar possíveis danos, pois em excesso, podem afetar a eficiência dos processos de tratamento de água. O monitoramento desses sólidos ajuda a avaliar a qualidade da água bruta e a eficácia do tratamento, permitindo ajustes quando necessário. Os STD em excesso podem causar incrustações e corrosões em sistemas de distribuição de água e equipamentos de piscina. O seu monitoramento ajuda a identificar esses problemas precocemente, economizando em custos de manutenção.

#### 7.1.1 Determinação de pH

Para as determinações de pH foi utilizado o equipamento multiparamétrico *Bante Instruments 900 Multiparameter*.

As atividades a seguir foram realizadas pelos alunos, durante a execução da aula prática.

Ligar o equipamento clicando na tecla MEAS. Após ligar o equipamento, deve-se selecionar a função “pH” clicando no botão MODE. Logo, deve-se remover, cuidadosamente, a capa protetora da sonda de leitura e efetuar a lavagem, com auxílio de água purificada proveniente de um sistema de osmose reversa, cedido pelo laboratório Baktron. Ao lavar a sonda de leitura, deve-se ter cuidado para não atritar, com auxílio de lenço de papel.

Antes da medida do pH da amostra, foi realizada a calibração do equipamento, utilizando soluções padrão de pH 4 e 7, sendo explicado aos alunos a importância dessa etapa, uma vez que ela garante a qualidade e veracidade dos resultados.

No equipamento *Bante Instruments 900 Multiparameter*, aguardar a estabilização da leitura e anotar o valor de pH encontrado na amostra de água em ficha de registro de análises laboratoriais, cedida pelo laboratório Baktron.

#### 7.1.2 Determinação do oxigênio dissolvido (OD)

Ligar o equipamento *Bante Instruments 900 Multiparameter* clicando na tecla MEAS e selecionar a função “OD” (Oxigênio Dissolvido) clicando no botão MODE. Após isso, deve-se remover, cuidadosamente, a capa protetora da sonda de leitura de oxigênio dissolvido e lavar, com auxílio de água purificada, a sonda de leitura. É importante ter cuidado para não atritar, com auxílio de lenço de papel.

Logo, no equipamento *Bante Instruments 900 Multiparameter* aguardar a estabilização da leitura (Figura 8) e anotar o valor de oxigênio dissolvido encontrado na amostra de água em ficha constando em anexo referente a cada matriz.

Figura 8 – Medição de Oxigênio Dissolvido



Fonte: Elaborado pela autora.

### 7.1.3 Determinação dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e da condutividade

Ligar o equipamento clicando na tecla MEAS e selecionar a função “STD” clicando no botão MODE. Após isso, deve-se remover, cuidadosamente, a capa protetora da sonda de leitura de oxigênio dissolvido e lavar, com auxílio de água purificada, a sonda de leitura. É importante ter cuidado para não atritar, com auxílio de lenço de papel.

Logo, no equipamento *Bante Instruments Multi-Parameter Meters 900* aguardar a estabilização da leitura e anotar o valor de STD encontrados na amostra de água em ficha constando em anexo referente a cada matriz.

Como a sonda de STD é a mesma utilizada para medição da condutividade, foi apenas necessário clicar no botão MODE para a escolha e realização do parâmetro condutividade. Logo, deve-se anotar o valor encontrado de condutividade na amostra de água em ficha constando em anexo referente a cada matriz.

#### 7.1.4 Determinação do cloro residual

Na medição do cloro residual foi utilizado o fotocolorímetro (Figura 9). O equipamento foi apresentado aos alunos, assim como a forma de utilizá-lo.

Figura 9 – Fotocolorímetro Aquacolor Cloro FE IP 67



Fonte: Elaborado pela autora.

- 1 Visor: visualiza resultado, dados operacionais, status de bateria e diagnóstico;
- 2 Tecla memorizar: grava configurações;
- 3 Tecla Esc: sai da opção selecionada;
- 4 Setas: navegam entre as funções;
- 5 Menu: seleciona as opções para configurar o equipamento e calibração;
- 6 Liga/leitura: liga o equipamento, tecla para realizar a leitura dos resultados, grava o branco sem acesso ao Menu.

Os alunos demonstraram grande entusiasmo ao operar o equipamento, especialmente considerando que eu havia destacado o alto valor dele, ressaltando que praticamente todos os laboratórios possuíam um para uso. A empolgação foi notável, principalmente quando expressaram interesse em medir o teor de cloro das

águas em que estavam presentes em seu cotidiano, além de poderem “aprovar” ou “reprovar” algo segundo as normas que lhes foram debatidas.

Quanto à operação do equipamento, foi explicado que era necessário pressionar a tecla “liga/leitura” para ligá-lo. Em seguida, os alunos deveriam verificar no visor se a faixa de leitura era “0-5 mg/L”. Caso contrário, poderiam ajustar selecionando a faixa apropriada através da tecla “menu” e, em seguida, pressionar “memoriza”. O procedimento incluía adicionar 5 gotas do reagente a uma cubeta limpa e vazia, junto com a amostra até a marca (totalizando 10 mL com os reagentes). Após tampar a cubeta, os alunos deveriam agitar cuidadosamente por inversão para garantir total homogeneização, mantendo atenção e segurando a cubeta pela tampa.

Em seguida, eles deveriam inserir a cubeta no equipamento, alinhando-a à seta, fechar a tampa e pressionar a tecla “liga/leitura”. Ao obter a leitura, era crucial registrar o resultado do teor de cloro residual na amostra na ficha de registro de análise laboratorial fornecida pelo laboratório Baktron. O envolvimento dos alunos nesta atividade evidenciou não apenas o interesse na operação do equipamento, mas também na aplicação prática das análises laboratoriais.

#### 7.1.5 Coleta de amostra para análise microbiológica

Após uma explanação detalhada sobre a importância da análise microbiológica da água, dos cuidados necessários e da relevância da assepsia das mãos e do material, forneceu-se álcool 70% para a realização desses procedimentos. Destaquei minuciosamente a necessidade de uma higienização adequada para evitar contaminações e assegurar resultados precisos, especialmente se as amostras fossem encaminhadas para análise em laboratório.

Durante a pausa de 40 minutos após as atividades de campo, discutimos a análise microbiológica e seu processo de coleta. Os alunos, de maneira espontânea, realizaram a antissepsia das mãos com álcool 70%, e as coletas foram conduzidas utilizando luvas de procedimento. Antes do início, reforcei a importância crucial da análise microbiológica da água, enfatizando os cuidados necessários para garantir a confiabilidade dos resultados.

Além disso, destaquei a associação entre a presença de cloro residual e coliformes nas amostras, proporcionando aos alunos insights sobre como interpretar essa relação. Expliquei como essa associação pode ser crucial na avaliação da

qualidade da água, contribuindo para uma análise mais abrangente e esclarecedora dos resultados obtidos. A qualidade microbiológica é analisada pela detecção de microrganismos indicadores de contaminação fecal. A sobrevivência de patógenos bacterianos, virais e parasitários varia sob condições ambientais, sendo necessário o uso de organismos indicadores, visando prever a presença de patógenos entéricos na água. Os coliformes totais e a *Escherichia coli* são mundialmente utilizados como indicadores da qualidade microbiológica da água, uma vez que são micro-organismos presentes em grande número na flora intestinal de humanos e outros animais de sangue quente, e são fáceis de serem enumerados por métodos simples de cultivo.

As amostras foram coletadas pelos alunos, sob supervisão, respeitando as recomendações descritas abaixo, que foram explicadas ao longo da atividade.

Para coleta das amostras da torneira do laboratório e do bebedouro do pátio (Figura 10), desprezou-se a água por cerca de 1 minuto. Em seguida, os frascos estéreis de polipropileno, com volume de 100 mL, foram abertos, tendo o cuidado de não tocar no bocal e nem na parte interna da tampa. Assim, os frascos foram cheios lentamente e sem turbilhonamento, com atenção, pois o frasco continha dentro do seu interior o preservante tiosulfato de sódio e, por isso, não poderiam transbordar. Foi coletado um volume de 100 mL de amostra, volume necessário para a realização das análises microbiológicas, respeitando a marcação interna do frasco.

Figura 10 – Coleta de amostra microbiológica no bebedouro



Fonte: Elaborado pela autora.

O tiosulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) é utilizado como agente neutralizante ou redutor para eliminar o excesso de cloro presente na água antes da análise microbiológica. Ele age convertendo o cloro residual em íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) e, assim, desativando sua ação oxidante. Dessa forma, o tiosulfato evita que o cloro residual prejudique os microrganismos durante a análise, garantindo que eles possam ser contados ou identificados corretamente.

Assim, ao coletar, deve-se obrigatoriamente seguir o volume correspondente ao frasco e da maneira específica para o parâmetro avaliado (Figura 11).

Figura 11 – Frasco estéril para coleta de amostras para análise microbiológica



Fonte: Elaborado pela autora.

Para coleta da amostra da água da piscina da escola (Figura 12), o frasco foi submergindo cuidadosamente até que a água no interior atingisse o volume de 100 mL, respeitando a marcação do frasco.

Figura 12 – Coleta de amostra microbiológica na piscina



Fonte: Elaborado pela autora.

Após a coleta em cada ponto, o frasco da coleta foi fechado sem tocar no bocal e na parte interna da tampa e a amostra foi identificada conforme o ponto que foi coletado (bebedouro, água da torneira do laboratório, piscina). Por fim, a amostra foi colocada sob conservação em gelo imediatamente após a coleta. Essa etapa é importante para manutenção das condições da amostra, de forma que não haja morte e nem multiplicação celular dos microrganismos indicadores.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 8.1 Avaliação da qualidade da água de consumo

#### 8.1.1 Água da torneira do laboratório

A Tabela 1 mostra os resultados dos parâmetros determinados nas amostras da água da torneira da pia do laboratório, coletada e analisada pelos alunos.

Tabela 1 – Parâmetros analisados para água da pia do laboratório

Alunos	pH	OD (mg/L)	Condutividade (mS/cm)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	Cloro residual (mg/L)
Valor de Referência (GM/MS nº888/21)	6,0-9,0	-	-	< 500	0,2-2,0
1	6,99	6,20	99,4	49,6	0,82
2	7,04	6,27	89,7	42,90	0,96
3	7,08	6,61	84,5	48,7	0,54
4	7,13	6,58	84,9	49,38	0,62
5	7,12	6,17	94,20	46,7	0,64

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados da amostra foram comparados aos padrões de qualidade estabelecidos na Portaria GM/MS nº 888, de 2021, do Ministério da Saúde (Brasil, 2017). Foi feita uma análise crítica destes resultados obtidos juntamente com os alunos após a finalização de todo trabalho, que durou uma manhã inteira, com o objetivo de entender a importância de cada parâmetro analisado, bem como em aplicar o conhecimento aprendido durante a prática na interpretação dos resultados, de acordo com um padrão de referência.

Os valores de pH estiveram dentro da faixa de 6,0 a 9,0 estabelecida pela portaria. O pH é uma medida que indica a acidez ou alcalinidade da água. Valores abaixo de 6,0 podem tornar a água ácida, enquanto valores acima de 9,5 a tornam alcalina. Um pH adequado é importante para garantir a segurança da água e sua compatibilidade com os processos biológicos do corpo humano. Nesse sentido, os valores encontrados pelos alunos estão de acordo com esta norma.

A condutividade elétrica é uma medida da capacidade da água de conduzir corrente elétrica e está relacionada com a quantidade de íons presentes. A legislação não estabelece um limite máximo específico para a condutividade elétrica da água de consumo humano, mas espera-se que ela esteja em níveis adequados para evitar excesso de minerais ou substâncias indesejáveis na água. Ou seja, os valores encontrados pelos alunos estão dentro dessa aceitação, uma vez que a água possui íons livres na sua forma natural.

Para STD, que são a soma das concentrações de todas as substâncias dissolvidas na água, como sais minerais e outras substâncias solúveis, a legislação determina que a água de consumo humano não deve conter mais de 500 mg/L (miligramas por litro) de sólidos totais dissolvidos. Os resultados obtidos pelos alunos estavam dentro do determinado pela legislação.

O parâmetro cloro residual é de bastante importância para interpretação dos resultados. O cloro é utilizado no final do tratamento de água de consumo, pois é responsável pela desinfecção da água, garantindo a desinfecção contínua e evitando o crescimento de microrganismos na água ao longo do seu percurso até sua entrada nas casas. A legislação estabelece que o cloro residual deve estar presente em uma concentração mínima de 0,2 mg/L na rede de distribuição de água para consumo humano, a fim de garantir as condições próprias.

Por outro lado, quando se ingere uma água com grande quantidade de cloro, é possível sentir o sabor forte e diferenciado do cloro, fazendo com que esta perca suas capacidades organolépticas. Por isso, a legislação também estabelece o valor máximo de 2,0 mg/L para cloro presente na água de consumo. Isso significa que a concentração de cloro residual na água não deve ultrapassar esse valor para garantir a segurança do consumo, uma vez que, teores elevados de cloro livre podem gerar alergias, irritação gastrointestinal, dentre outros fatores adversos à saúde humana. Logo, foi verificado pelos alunos, com base nos resultados obtidos, que a água se encontra adequada para consumo humano de acordo com a legislação específica.

Nesse sentido, a análise crítica dos resultados obtidos na amostra de água, realizada em conjunto com os alunos, revelou uma compreensão profunda da importância de cada parâmetro avaliado e do conhecimento químico envolvido no processo. Durante a manhã dedicada a esse trabalho, os estudantes puderam perceber a relevância de aplicar os conceitos aprendidos durante as aulas práticas na interpretação dos resultados, alinhando-os aos padrões estabelecidos pela legislação.

Um dos parâmetros avaliados foi o pH, indicador crucial da acidez ou alcalinidade da água. Os valores encontrados pelos alunos estavam dentro da faixa estabelecida pela Portaria GM/MS nº 888, de 2021, do Ministério da Saúde, demonstrando que a água estava em conformidade com os padrões de segurança. A compreensão de que um pH adequado é essencial para a segurança da água e sua compatibilidade com processos biológicos do corpo humano foi destacada, fortalecendo a percepção dos alunos sobre a importância desse parâmetro.

A condutividade elétrica, medida da capacidade da água conduzir corrente elétrica, também foi objeto de análise. Embora não haja um limite máximo específico estabelecido pela legislação para água de consumo humano, os alunos reconheceram a importância de manter a condutividade em níveis adequados para evitar excesso de minerais indesejáveis e como isso pode afetar as características organolépticas da água. A compreensão de que a água naturalmente possui íons livres contribuiu para a interpretação dos resultados.

A soma das concentrações de todas as substâncias dissolvidas na água, conhecida como STD, foi outro parâmetro avaliado. Os resultados dos alunos estavam em conformidade com o limite estabelecido pela legislação, que determina que a água de consumo humano não deve conter mais de 500 mg/L de sólidos totais dissolvidos. Essa constatação reforçou a importância do controle dessas substâncias para garantir a qualidade da água.

O parâmetro cloro residual foi destacado como fundamental para a interpretação global dos resultados. Os alunos compreenderam a função crucial do cloro na desinfecção da água, assegurando condições ideais para consumo humano. A legislação estabelece valores mínimos e máximos para o cloro residual, e os alunos puderam verificar que a água analisada estava dentro desses limites, garantindo sua segurança para o consumo. A consciência de que teores elevados de cloro podem causar problemas de saúde, como alergias e irritação gastrointestinal, reforçou a importância do controle rigoroso desse parâmetro.

Em resumo, a atividade prática proporcionou aos alunos não apenas a aplicação prática dos conhecimentos químicos, mas também uma compreensão mais profunda da importância de cada parâmetro na garantia da qualidade da água para consumo humano, conforme estabelecido pela legislação específica. Essa experiência contribuiu significativamente para o desenvolvimento de habilidades

analíticas e críticas dos estudantes, preparando-os para futuras atividades profissionais na área da química e meio ambiente.

### 8.1.2 Água do bebedouro do pátio

Na Tabela 2 é possível observar os resultados dos parâmetros da amostra da água do bebedouro do pátio, também coletada e analisada pelos alunos.

Tabela 2 – Parâmetros analisados da água do bebedouro

Alunos	pH	Oxigênio dissolvido (mg/L)	Condutividade (mS/cm)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	Cloro residual (mg/L)
Valor de Referência (GM/MS nº888/21)	6,0-9,0	-	-	< 500	0,2-2,0
1	7,21	7,21	73,1	45,7	0,87
2	6,78	6,78	70,9	33,5	0,51
3	6,85	6,85	71,3	44,7	0,76
4	6,31	6,31	79,1	40,1	0,72

Fonte: Elaborado pela autora.

Assim como para a água da torneira do laboratório, ao serem analisados os resultados obtidos para a água do bebedouro, foi essencial que os alunos se atentassem à Portaria GM/MS nº 888, de 2021, do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade da água e os valores máximos permitidos para diversos parâmetros presentes na água destinada ao consumo humano, a fim de verificarem se as amostras de água analisadas atendiam aos limites estabelecidos. Esses parâmetros abrangem aspectos físico-químicos, microbiológicos e radioativos, sendo monitorados para assegurar a qualidade da água consumida e utilizada pela população. (Ministério da Saúde, 2021).

Os resultados obtidos pelos alunos nas análises da água do bebedouro do pátio estiveram dentro do preconizado pela legislação. Por outro lado, encontrou-se um valor de cloro residual no bebedouro que não era esperado previamente pelos alunos. Os alunos verificaram que o bebedouro possuía um filtro de carvão ativo acoplado na sua entrada e, por este motivo, como o carvão ativo é amplamente utilizado como um meio eficaz de remover o cloro da água, produzindo um fenômeno chamado adsorção,

onde o cloro é retido na superfície do carvão ativado esperava-se que no bebedouro não fosse encontrado nada de cloro residual.

Contudo, como o valor de cloro do bebedouro resultou em um valor de cloro acima de 2,0 mg/L, foi possível concluir que o filtro de carvão ativo do bebedouro estava saturado, sendo possível observar a falta de manutenção pelo aspecto e presença das teias de aranha contidas no mesmo. Assim, foi possível uma interpretação ampla e a discussão de prováveis causas de cada resultado, levando-se em consideração que por ser um valor abaixo de 0,5 mg/L encontra-se dentro dos limites estabelecidos. (Ministério da Saúde, 2021)

### 8.1.3 Água da piscina do IFRJ

A análise dos resultados da água da piscina demonstrou a importância do monitoramento da qualidade da água para fins recreativos, uma vez que, devido ao contato direto da água com a pele e mucosas, é fundamental que a água da piscina atenda aos parâmetros exigidos em legislação.

Os resultados encontrados pelos alunos na água da piscina estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros analisados na água da piscina do IFRJ

Alunos	pH	Oxigenio dissolvido (mg/L)	Condutividade (mS/cm)	Solidos Totais Dissolvidos (mg/L)	Cloro residual (mg/L)
Valor de Referência (NBR 10818)	7,0-7,8	-	-	-	0,8-3,0
1	7,1	6,9	73,1	42,7	0,00

Fonte: Elaborado pela autora.

A norma NBR 10818, da ABNT (2016), estabelece os requisitos mínimos de qualidade da água das piscinas no Brasil e define os parâmetros e faixas permitidas para garantir a segurança e a saúde dos usuários.

Como já mencionado, o pH é um indicador da acidez ou alcalinidade da água. Para água de piscinas, a legislação exige que o pH esteja na faixa de 7,0 a 7,8.

Essa faixa é considerada adequada para a maioria dos tratamentos químicos e é importante para garantir o conforto dos banhistas e a eficiência do processo de

desinfecção, sem causar irritações na pele. Assim, o valor encontrado pelos alunos determina que o pH da piscina esteja de acordo com a legislação vigente.

Por outro lado, na piscina, todos os alunos esperam encontrar uma quantidade alta de cloro residual livre. No entanto, não foi encontrado nada de cloro residual. Pela legislação, a concentração de cloro residual livre na água da piscina deve estar entre 0,8 e 3,0 mg/L. Logo, a quantidade de cloro livre encontrada na piscina da escola encontra-se em desacordo com a legislação.

O cloro é utilizado como desinfetante para eliminar microrganismos, como bactérias e vírus, e garantir a qualidade sanitária da água. Manter o cloro residual dentro dessa faixa ajuda a prevenir doenças e infecções causadas por contaminação microbiológica. Por isso, foi importante conscientizar os alunos sobre a coleta microbiológica, pois as amostras levadas para verificação dos parâmetros microbiológicos são capazes de fornecer dados mais robustos de associação da presença ou ausência de cloro livre com a presença ou ausência de microrganismos, gerando um grande recurso de interdisciplinaridade entre química e microbiologia.

Após analisarmos os dados dos parâmetros da piscina, identificamos possíveis motivos para a falta de cloro na água. Por essas análises terem sido feitas em um período de férias e devido à falta de uso, constatamos que a cloração da piscina não foi realizada de forma adequada, o que pode ter contribuído para a diminuição da concentração de cloro livre. Nesse sentido, talvez o verdadeiro motivo seja que a cloração tenha sido feita durante o período de aula, período em que a piscina é utilizada. Os alunos também destacaram a presença de matéria orgânica na água como outro fator relevante para a redução do cloro livre. Essa matéria orgânica pode ser proveniente do suor, protetores solares, urina e outras impurezas trazidas pelos banhistas durante o uso da piscina. Essa demanda orgânica de cloro pode ter consumido rapidamente o cloro livre disponível, diminuindo sua eficácia como desinfetante. Esses fatores combinados podem ter contribuído para a baixa concentração de cloro livre na piscina, tornando a água potencialmente inadequada para uso.

É essencial manter a cloração regular da piscina e monitorar os níveis de cloro livre para garantir a desinfecção contínua e a segurança dos usuários. Além disso, a remoção adequada de matéria orgânica e a frequência adequada dos tratamentos químicos são fundamentais para garantir a qualidade da água da piscina e evitar problemas de saúde. Compreender esses aspectos permite tomar medidas corretivas

para manter a água da piscina em conformidade com as normas da legislação e proporcionar uma experiência segura e agradável aos usuários.

Por outro lado, a condutividade elétrica não tem valores estabelecidos pela legislação para água de piscina.

No entanto, a condutividade é frequentemente monitorada para auxiliar no controle da dosagem de produtos químicos utilizados no tratamento da água. A condutividade da água na piscina não apresentou valores elevados, estando muito próximo dos valores encontrados para água de consumo humano.

Por fim, para STD, a legislação também não define um limite específico para os sólidos totais dissolvidos na água de piscinas. No entanto, o monitoramento desses sólidos é importante para avaliar a qualidade geral da água e pode indicar a presença de impurezas dissolvidas.

Esses parâmetros são fundamentais para garantir que a água das piscinas esteja em condições apropriadas e prontas para uso, proporcionando uma experiência segura e agradável aos usuários. O monitoramento regular desses parâmetros e a manutenção adequada dos tratamentos químicos são de extrema importância para evitar problemas de saúde e assegurar a qualidade da água em piscinas públicas e privadas.

## **8.2 Discussão dos resultados com os alunos**

Após o término da parte prática e com as anotações já feitas, todos os alunos foram chamados novamente para o laboratório de Química Orgânica do IFRJ. A discussão dos parâmetros com a turma tornou-se uma questão em conjunto, uma vez que o conhecimento desses parâmetros é de extrema importância para uma turma de futuros técnicos em Química, uma vez que uma das principais atribuições desses profissionais é realizar coletas de amostras e análises químicas para verificar se a água está em conformidade com essa norma. Além disso, esse conhecimento é valioso para a atuação desses técnicos em laboratórios e em outras áreas, onde a análise da qualidade da água é fundamental para garantir a segurança e a saúde da população.

Entretanto, esse conhecimento não se limita apenas aos técnicos em Química, mas é relevante para todos os cidadãos. Afinal, a água é um recurso vital para a vida humana, e o acesso a água tratada e de qualidade é fundamental para a preservação

da saúde e prevenção de doenças. Além disso, conhecer a legislação ambiental relacionada à água é essencial para entender nossos direitos e deveres em relação ao uso sustentável desse recurso e à proteção do meio ambiente.

Ao compreender a importância dos padrões de qualidade da água e da legislação ambiental, os alunos do ensino médio desenvolvem uma consciência crítica sobre a relevância desse tema para a sociedade. Esse conhecimento os capacita a tomar decisões informadas e responsáveis em relação ao consumo de água, bem como a se tornarem cidadãos engajados e entenderem o seu papel e importância na defesa da preservação ambiental e do acesso universal à água tratada e segura.

Esses parâmetros são fundamentais para garantir a segurança e a qualidade da água de consumo humano e de recreação. O monitoramento regular desses parâmetros é essencial para assegurar que a água esteja dentro dos padrões estabelecidos, protegendo a saúde da população e prevenindo doenças relacionadas à água contaminada. As concessionárias de água são responsáveis por assegurar o cumprimento dessas normas para proteger a saúde da população, e os órgãos de vigilância sanitária são responsáveis por fiscalizar esse cumprimento.

### **8.3 Prática da coleta de amostra microbiológica**

Os alunos participaram também de uma atividade prática de coleta microbiológica utilizando frascos estéreis contendo tiosulfato de sódio. Essa etapa foi muito relevante, pois permitiu aprofundar o entendimento dos conceitos químicos relacionados à análise microbiológica, possibilitando uma abordagem interdisciplinar do conteúdo abordado na disciplina de Química Orgânica.

Os alunos fizeram coleta das três amostras: água da torneira do laboratório, água do bebedouro do colégio e da piscina do colégio. A coleta microbiológica foi complementar aos demais resultados, e gerou grande interesse e especulação, ou seja, uma curiosidade em saber se os pontos que não geraram resultado de cloro satisfatório, bem como as que estavam com STD elevados iriam apresentar crescimento microbiológico ou não.

Além disso, também foi discutido o motivo para ter tiosulfato de sódio no frasco onde seriam realizadas as análises microbiológicas. Foram levantadas diversas especulações e, por fim, explicou-se que o cloro pode interferir negativamente nos resultados dos testes. Por ser um poderoso oxidante, o cloro pode matar ou inibir o

crescimento de microrganismos presentes na amostra, incluindo aqueles que estão sendo buscados na análise microbiológica.

O objetivo principal nesta etapa foi criar a motivação adequada para os alunos realizarem os experimentos práticos, a fim de permitir um espaço de debate sobre os resultados obtidos, de modo a gerar uma perspectiva crítica aplicada às legislações, ao cotidiano do aluno e ao meio ambiente. Isso proporcionou aos alunos uma experiência enriquecedora e uma visão mais ampla sobre a importância da qualidade da água e dos cuidados necessários para preservar a segurança e a saúde.

## 9 ANÁLISE GRÁFICA DOS RESULTADOS

### 9.1 Questionário aplicado antes da realização da atividade

Foi aplicado um questionário antes da realização da atividade, de forma a estabelecer uma análise basal do conhecimento teórico dos alunos da turma de Química Orgânica do curso técnico em Química do IFRJ sobre a qualidade da água e a aplicação das análises químicas para o controle de qualidade.

O questionário foi elaborado através do Google Forms, e os alunos foram orientados a respondê-lo de forma remota, pois o próprio instituto já tinha feito um projeto para atender os alunos que possivelmente não teriam formas de participar de forma remota devido a pandemia. Antes do início das discussões que perguntas, e as respectivas respostas, estão descritas abaixo.

**Pergunta 1:** Qual a sua opinião sobre a importância do tema “Qualidade da água” como motivador para o ensino de Ciências? **Opções:** Baixo; Médio; muito importante.

**Pergunta 2:** Antes deste projeto, você já tinha conhecimento sobre o que define a potabilidade da água ou já teve interesse nesse tema? **Opções:** Não, mas quero aprender ao longo desta experiência; não e não tenho interesse; Já tinha um conhecimento aprofundado sobre o assunto.

**Pergunta 3:** Você acredita que projetos dessa natureza, relacionando temas do cotidiano com o ensino de Ciências, são eficazes para o aprendizado? Por quê? (Questão discursiva).

**Pergunta 4:** Você já fez alguma análise química em campo? **Opções:** Sim; não, mas tenho interesse; Não e não tenho interesse.

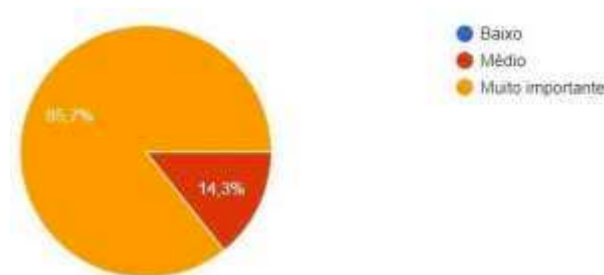
**Pergunta 5:** O tratamento da água envolve diversos processos que visam garantir a remoção de impurezas, substâncias químicas e microrganismos, tornando-a segura para consumo humano. Como é possível saber se o tratamento da água está de acordo com as diretrizes de qualidade e segurança? **Opções:** De acordo com a Lei nº 9.433/1997 (Brasil, 1997); De acordo com a CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005); De acordo com Resolução-RE Nº 09, de 16 de janeiro de 2003 (Brasil, 2003); De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021).

**Pergunta 6:** Na sua opinião, quais seriam as melhores estratégias de ensino para abordar o tema da qualidade da água de forma envolvente e motivadora?

**Opções:** Experimentos práticos; Pesquisas de campo; Debates em sala de aula; Uso de recursos audiovisuais.

Os resultados para a Pergunta 1 são muito encorajadores (Figura 13), pois indicam que a maioria dos alunos percebe a relevância do tema “Qualidade da água” como um motivador para o ensino de Ciências. Isso sugere que os estudantes estão conscientes da importância desse tema para suas vidas cotidianas e para o ambiente em que vivem. A temática da qualidade da água é extremamente relevante, pois aborda questões críticas relacionadas à sustentabilidade ambiental, saúde pública e conservação dos recursos naturais.

Figura 13 – Qual a sua opinião sobre a importância do tema “Qualidade da água” como motivador para o ensino de Ciências?

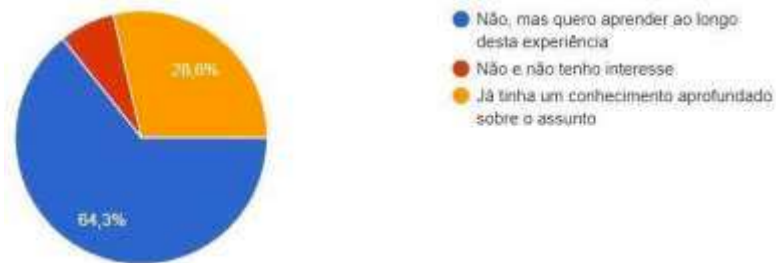


Fonte: Elaborado pela autora.

O alto percentual de respostas positivas, mesmo antes da execução da atividade, também pode refletir o interesse e a sensibilidade dos estudantes em relação às questões ambientais e à necessidade de conscientização sobre a preservação dos recursos hídricos. Esse interesse pode ser um fator motivador para o aprendizado de Ciências, pois a abordagem de temas pertinentes à realidade dos alunos tende a tornar as aulas mais atrativas e envolventes.

De acordo com as respostas obtidas na Pergunta 2, 64,3% dos estudantes revelaram não ter conhecimento prévio sobre a potabilidade da água, mas demonstraram interesse em aprender sobre o tema (Figura 14). Esses resultados são valiosos para os professores e o desenvolvimento do projeto educacional sobre a qualidade da água. A alta proporção de alunos interessados sugere que a abordagem do assunto foi eficaz em atrair a atenção dos estudantes e promover a exploração de novos conhecimentos.

Figura 14 – Antes deste projeto, você já tinha conhecimento sobre o que define a potabilidade da água ou já teve interesse nesse tema?



Fonte: Elaborado pela autora.

A falta de conhecimento prévio também destaca a importância de incluir o tema no currículo escolar, considerando a relevância do acesso à água potável para a saúde pública e a qualidade de vida. Com o interesse declarado em aprender, os alunos provavelmente se envolverão mais no processo de aprendizagem, tornando-o mais significativo e aplicável em suas vidas diárias.

A abordagem da qualidade da água no ensino médio ganha destaque em virtude da sua relevância na legislação educacional, especificamente na BNCC (Base Nacional Comum Curricular). A BNCC estabelece a importância de analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, considerando as relações entre matéria e energia, com o propósito de sugerir ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.

No âmbito dessa competência específica, a qualidade da água emerge como um tópico central, pois está intrinsecamente ligada à legislação ambiental que regula a preservação e o uso responsável desse recurso, assim como foi abordado neste trabalho. Os estudantes são incentivados a investigar como as legislações atuais influenciam a qualidade da água, compreendendo a estrutura da matéria, as transformações químicas, e, em particular, as regulamentações que afetam o ciclo da água.

Além disso, a análise das legislações relacionadas à qualidade da água capacita os estudantes a examinarem as políticas de proteção ambiental, a identificarem as responsabilidades governamentais e a compreenderem os parâmetros e critérios estabelecidos para monitorar e manter a qualidade da água em níveis adequados, visando mostrar a importância da água para a vida, identificando

seus diferentes usos, como o consumo humano e a utilização para lazer (água da piscina) e os impactos desses usos no cotidiano, assim como citado na BNCC para a grade do segunda ano para estudantes de Geografia. Ou seja, através deste trabalho encontram-se formas de interdisciplinar o conteúdo de Química com Geografia, baseado na última atualização da Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018, p. 325).

Analisar os usos predominantes da água e de outros materiais nas práticas cotidianas, visando discutir e sugerir abordagens sustentáveis para a gestão desses recursos, pressupõe uma compreensão profunda da importância da qualidade da água no contexto da vida diária. Compreender os parâmetros que definem essa qualidade é essencial para reconhecer como práticas inadequadas de utilização podem impactar significativamente características como pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos e cloro residual. Essa compreensão aprofundada é fundamental para perceber como tais alterações nos parâmetros podem influenciar diretamente a utilidade desse recurso vital, destacando a necessidade de uma abordagem consciente e responsável em relação ao seu uso, assim como o estabelecido no ensino de Ciências do quinto ano (BNCC, 2018, p. 341).

Dessa forma, ao trabalhar os assuntos através da temática potabilidade da água, qualidade da água consumida e utilizada e as legislações que regulam a sua qualidade, proporcionou ao aluno a compreensão da importância desse recurso vital, parábem como, a conscientização da cidadania.

Para a pergunta 3, a maioria dos estudantes respondeu afirmativamente sobre a eficácia dos projetos que abordam temas do cotidiano no ensino de Ciências (Quadro 5). Esses projetos conectam conceitos científicos com situações reais, tornando o aprendizado mais significativo e aplicável. A contextualização do conhecimento cria uma conexão mais forte entre a teoria e a prática, estimulando a motivação e o engajamento dos alunos.

Quadro 5 – Respostas dos alunos à pergunta “Você acredita que projetos dessa natureza, relacionando temas do cotidiano com o ensino de Ciências, são eficazes para o aprendizado? Por quê?”.

Aluno	Resposta
1	Siim. É de extrema importância ter um grande conhecimento sobre aspectos que estão relacionados com o nosso dia a dia. Muitas coisas passam despercebidas por

	nós, talvez por causa da correia e deixamos de perceber a importância, e aplicabilidades de várias coisas, então é uma grande forma de aprendizado.
2	sim, pois é algo que além de ser muito importante para o corpo humano é algo que sempre vem nos interessando ao longo dos anos.
3	Sim. Porque é importante ter temas cotidianos já que vamos trabalhar com coisas assim.
4	Sim, são maneiras mais lúdicas e interessantes de apresentar os temas.
5	Sim, pois a água esta presente em nosso cotidiano.
6	Sim, para o aprendizado e entendimento do que é feito no nosso dia a dia.
7	Sim, pois acredito que aprendemos mais praticando.
8	Sim, por justamente estar no nosso cotidiano, ser algo interessante que gera curiosidade, além de ser um tema bem importante.
9	Sim. Projetos que relacionam temas do cotidiano com o ensino de Ciências são eficazes para o aprendizado, pois tornam o ensino mais relevante e prático para os alunos, além de facilitar a compreensão dos conceitos científicos, estimular o pensamento crítico e promover uma abordagem interdisciplinar.
10	São eficazes pq estimula o nosso conhecimento em assunto que não fazíamos ideia, logo em seguida praticamos no nosso cotidiano.
11	Sim, porque deixam as pessoas mais envolvidas e atenciosas por ser algo do cotidiano.
12	Sim, nos ajuda bastante a entender a parte teórica, e suas aplicações reais.
13	Sim. Acredito que nós precisamos cuidar da natureza como se fosse algo de nosso pertence, pois somos nós que dependemos da mesma, e não há como cuidar do meio ambiente sem ter tido um ensinamento prévio e de qualidade sobre.
14	Sim, pois ajuda a ter um interesse maior com o aprendizado.

Fonte: Elaborado pela autora.

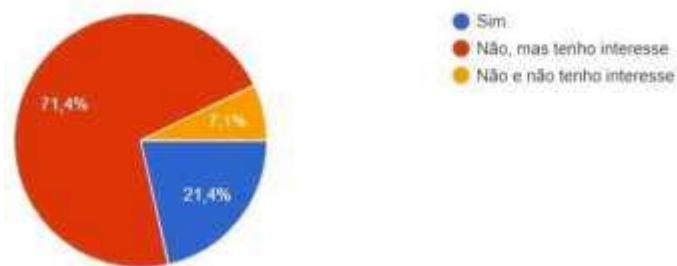
Quando os estudantes percebem a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, eles estão mais propensos a reter as informações por mais tempo e a transferi-las para outras situações, assim como desenvolver habilidades críticas.

A maioria dos estudantes respondeu à Pergunta 3 afirmativamente sobre a eficácia dos projetos que abordam temas do cotidiano no ensino de Ciências (Quadro 5). Esses projetos conectam conceitos científicos com situações reais, tornando o aprendizado mais significativo e aplicável. A contextualização do conhecimento cria uma conexão mais forte entre a teoria e a prática, estimulando a motivação e o engajamento dos alunos.

Quando os estudantes percebem a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, eles estão mais propensos a reter as informações por mais tempo e a transferi-las para outras situações, assim como desenvolver habilidades críticas.

Os resultados obtidos na Pergunta 4 são bastante esperados (Figura 15), considerando que a realização de análises químicas em campo geralmente requer equipamentos e recursos específicos que nem sempre estão disponíveis em um ambiente escolar típico. Além disso, a execução de análises químicas em campo muitas vezes está relacionada a estudos e pesquisas mais avançadas, que normalmente são realizados por cientistas, pesquisadores ou profissionais especializados.

Figura 15 – Você já fez alguma análise química em campo?



Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados vistos na Pergunta 5 demonstram a falta de conhecimento dos alunos no que diz respeito à legislação para água de consumo humano (Figura 16). Somente 14,3% responderam à questão corretamente, reforçando a ausência de conteúdos voltados à normas e legislações de qualidade da água no ensino médio.

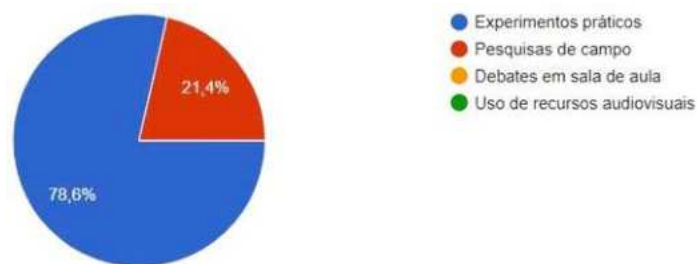
Figura 16 – Como é possível saber se o tratamento da água está de acordo com as diretrizes de qualidade e segurança?



Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados da pergunta 6 (Figura 17), onde 78,6% dos alunos responderam que a abordagem mais envolvente e motivadora para o tema da qualidade da água seria por meio de experimentos práticos, indicam que os estudantes reconhecem o valor do aprendizado ativo e vivencial para compreender esse assunto. Portanto, ao elaborar estratégias de ensino, é fundamental incorporar experimentos práticos para tornar o aprendizado sobre a qualidade da água mais interessante e significativo.

Figura 17 – Na sua opinião, quais seriam as melhores estratégias de ensino para abordar o tema da qualidade da água de forma envolvente e motivadora?



Fonte: Elaborado pela autora.

## 9.2 Questionário aplicado após a realização da atividade

Ao fim da atividade prática, com o objetivo de verificar o entendimento do conteúdo aplicado durante as atividades, foi elaborado um segundo questionário no Google Forms, e os alunos puderam respondê-lo durante a semana subsequente ao fim das atividades. As perguntas, e as respectivas opções de respostas estão descritas abaixo.

**Pergunta 1:** Você acredita que o debate e as análises realizadas pela turma foram importantes para seu crescimento como cidadão? **Opções:** Sim; Não; Talvez.

**Pergunta 2:** Após este projeto, você acredita que seus conhecimentos sobre potabilidade da água estão mais bem estabelecidos? **Opções:** Sim; Não; Talvez.

**Pergunta 3:** Você gostou da experiência de fazer e entender o que é uma análise química em campo? **Opções:** Sim; Não; Talvez.

**Pergunta 4:** Sabendo que a Portaria GM/MS nº 888/2021 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diga o que somos capazes de saber em relação à análise de cloro, pH e condutividade realizada? **Opções:** Através dos resultados das análises, podemos garantir ou não a qualidade da água analisada após

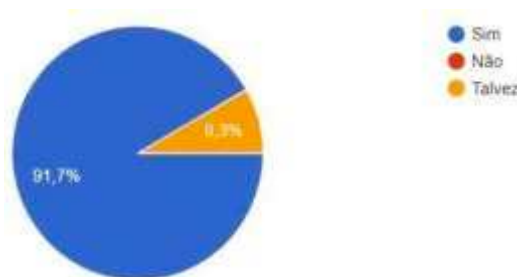
os resultados; não é possível saber nada a respeito da qualidade da água; Estabelecer diretrizes de segurança para a realização das análises.

**Pergunta 5:** De acordo com Art. 32, da Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021), é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo. Sabendo que o valor máximo permitido para águas potáveis é de 2,0 mg/L de cloro residual e que a torneira do laboratório estava nesta faixa. Podemos afirmar que o cloro residual da torneira está: **Opções:** De acordo com a Portaria GM/MS nº888; não está de acordo com a lei; Não é possível afirmar.

Os resultados da Pergunta 1 do questionário aplicado à turma após a realização da atividade são encorajadores (Figura 18), mostrando que 91,7% dos estudantes acreditam que os debates e análises realizados em sala de aula foram importantes para o crescimento como cidadão. Essa constatação destaca o impacto positivo que essas atividades têm na formação cidadã dos alunos.

Os debates em sala de aula estimulam o pensamento crítico, a reflexão e o respeito pelas diferentes perspectivas. Ao discutir questões sociais, políticas, ambientais e culturais, os alunos desenvolvem uma compreensão mais profunda do mundo em que vivem e seu papel na sociedade. Além disso, eles adquirem habilidades sociais e emocionais, como empatia e trabalho em grupo.

Figura 18 – Você acredita que o debate e as análises realizadas pela turma foram importantes para seu crescimento como cidadão?

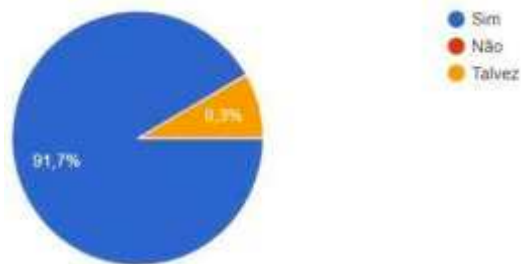


Fonte: Elaborado pela autora.

A Pergunta 2 obteve 91,7% de respostas afirmativas (Figura 19), indicando que a participação no projeto contribuiu significativamente com o aprendizado conhecimento dos alunos sobre a potabilidade da água. Isso contribui para a formação cidadã dos estudantes, tornando-os mais informados e responsáveis em relação à saúde pública e sustentabilidade ambiental. A abordagem pedagógica adotada foi

bem-sucedida em transmitir informações relevantes e compreensíveis, permitindo uma compreensão sólida dos conceitos relacionados à qualidade da água através da aplicação prática do conhecimento adquirido em sala de aula.

Figura 19 – Após este projeto, você acredita que seus conhecimentos sobre potabilidade da água estão melhores estabelecidos?



Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados para a Pergunta 3 são impressionantes (Figura 20), mostrando que a abordagem de realizar análises químicas em campo foi altamente eficaz em cativar e engajar os alunos. A aprendizagem prática e envolvente demonstrou ter um impacto positivo nos alunos, superando abordagens tradicionais de ensino em sala de aula. Além disso, a experiência de campo despertou o interesse e entusiasmo dos alunos, refletindo a efetividade da abordagem baseada em princípios da ABP e motivação emocional.

Figura 20 – Você gostou da experiência de fazer e entender o que é uma análise química em campo?



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 21 – Diga o que somos capazes de saber em relação à análise de cloro, pH e condutividade realizada?

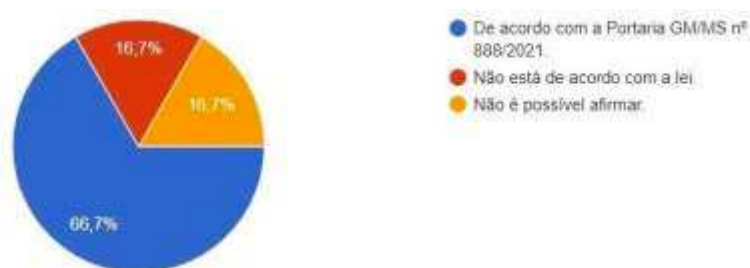


Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados vistos na Pergunta 4 demonstram que os alunos estavam bem informados sobre parâmetros cruciais na avaliação da qualidade da água para consumo humano, o que é relevante em relação à Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece os padrões de potabilidade (Brasil, 2021). O contraste entre as respostas antes e após a aplicação da atividade, no que se refere à legislação para qualidade da água de consumo humano reflete a eficácia da ABP no entendimento e interpretação da legislação.

Eles entenderam a importância do cloro na desinfecção, monitoramento do cloro residual livre (Figura 22) e sua relevância para garantir a segurança durante o transporte e armazenamento da água.

Figura 22 – O cloro residual da torneira do laboratório está de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021?



Fonte: Elaborado pela autora.

A resposta correta da Pergunta 5 foi dada por 66,7% dos alunos, indicando que a água estava dentro dos padrões permitidos para águas potáveis. A importância do controle do cloro residual para garantir a potabilidade da água foi enfatizada, assim como a relevância da legislação que estabelece diretrizes para a qualidade da água

para consumo humano. O questionário mostrou que os alunos tiveram uma experiência imersiva e proveitosa no estudo.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria das águas naturais abriga uma diversidade de microrganismos que compõem um ecossistema equilibrado. No entanto, alguns desses microrganismos podem representar um risco significativo para a saúde, causando doenças (Tebbutt, 1997). Entre as doenças mais comuns associadas à água não tratada estão a cólera e a malária (Tebbutt, 1997; OMS, 2022).

As legislações têm o potencial de promover a conscientização ambiental. O ensino sobre as leis ambientais pode sensibilizar os alunos para a importância da preservação do meio ambiente e para as consequências das ações humanas na natureza.

O Aprendizado Baseado em Problemas (ABP) é uma abordagem pedagógica inspirada na filosofia e epistemologia, gerando resultados satisfatórios neste trabalho através do desenvolvimento do conhecimento por meio de questionamentos e reflexão crítica.

Os alunos conseguiram operar os equipamentos utilizados para análise de forma excelente, obtendo-se valores capazes de serem discutidos de acordo com as legislações pertinentes.

A análise dos parâmetros da água do bebedouro do pátio e da piscina do IFRJ revelou conformidade com a legislação, com exceção da presença inesperada de cloro residual no bebedouro, indicando saturação do filtro de carvão ativo. Na piscina, a ausência de cloro residual livre foi atribuída a falhas na cloração durante as férias e à presença de matéria orgânica.

A roda de conversa com os alunos ressaltou a importância do monitoramento regular, da manutenção adequada e da conscientização sobre a legislação.

A prática da coleta microbiológica ampliou a compreensão, mostrando a interconexão entre aspectos químicos e microbiológicos na avaliação da qualidade da água. Em resumo, a abordagem prática e interdisciplinar proporcionou aos alunos uma compreensão aprofundada da importância da qualidade da água e dos cuidados necessários, enriquecendo sua visão sobre a preservação ambiental e a conformidade com normas e legislações.

Após a realização da atividade prática, os resultados do questionário aplicado à turma refletem impactos positivos significativos. 91,7% dos alunos acreditam que os debates e análises em sala de aula foram importantes para seu crescimento como

cidadãos, evidenciando o valor das discussões sociais, políticas e ambientais. Além disso, 91,7% afirmaram que seus conhecimentos sobre potabilidade da água foram aprimorados, destacando a eficácia da abordagem prática na compreensão dos conceitos. A experiência de realizar análises químicas em campo também recebeu uma resposta positiva de 91,7% dos alunos, indicando um engajamento significativo na aprendizagem prática. A avaliação da compreensão sobre a legislação de potabilidade revelou que 66,7% dos alunos entenderam corretamente a necessidade de manter o cloro residual na torneira do laboratório, demonstrando uma compreensão sólida dos parâmetros essenciais.

Esses resultados destacam o impacto positivo da abordagem pedagógica proposta neste trabalho, envolvendo debates, análises práticas e compreensão da legislação, contribuindo com a formação cidadã o aprendizado dos alunos, com a construção do conhecimento e aumentando o interesse do aluno pela ciência.

## REFERÊNCIAS

ARISTÓTELES. **Metafísica**. 2. ed. São Paulo: Edipro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10818**: qualidade da água de piscina: procedimento. Rio de Janeiro, 2016.

BANTE-210 benchtop pH meter user manual. **Manuals+**, [s. l.], mar. 2022. Disponível em: <https://manuals.plus/bante/bante-210-benchtop-ph-meter-manual#axzz8ANvVrIJU>. Acesso em: 11 ago. 2023.

BARROWS, H. S.; TAMBLYN, R. M. **Problem-based learning**: an approach to medical education. Nova York: Springer, 1980.

BBC News Brasil. Quais são os países com as maiores reservas de petróleo e por que isso não é sempre um sinal de riqueza. **BBC News Brasil**, São Paulo, abr. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-47795371>. Acesso em: 10 ago. 2023.

BRASIL . Base Nacional Comum Curricular. Ensino Médio. Brasília: MEC. Versão entregue ao CNE em 03 de abril de 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518-versaofinal\\_sit e.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_sit e.pdf). Acesso em 27 nov 2023.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, jan. 1997. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 4 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RE nº 09, de 16 de janeiro de 2003. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, n. 14, 20 jan. 2003. Disponível em: [https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE\\_09\\_2003\\_.pdf/8ccafc91-1437-4695-8e3a-2a97deca4e10](https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003_.pdf/8ccafc91-1437-4695-8e3a-2a97deca4e10). Acesso em: 4 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888/2021, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 2021. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_07\\_05\\_2021.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html). Acesso em: 11 ago. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/atuacaotematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-357-de-17-de-marco-de->

2005/view. Acesso em: 4 out. 2023.

CHU, C.; DEWEY, J. L.; ZHENG, W. An inorganic chemistry laboratory technique course using scaffolded, inquiry-based laboratories and project-based learning. **Journal of chemical education**, [s. l.], v. 100, n. 9, p. 3500–3508, ago. 2023. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.3c00547>. Acesso em: 4 out. 2023.

CNN. Los peores derrames de petróleo de la historia. **CNN**, [s. l.], out. 2021. Disponível em: <https://cnnespanol.cnn.com/2021/10/04/lpeores-derrames-petroleo-trax/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

DENCHAK, M. La contaminación del agua: todo lo que necesitas saber. **NRDC**, Nova York, jan. 2023. Disponível em: <https://www.nrdc.org/es/stories/contaminacion-agua-todo-lo-necesitas-saber#que-es>. Acesso em: 10 ago. 2023.

FINLAYSON, C. **The improbable primate**: how water shaped human evolution. Oxford, UK: Oxford University Press, 2014.

FISHMAN, C. **The big thirst: the secret life and turbulent future of water**. [S. l.]: Free Press, 2011.

FREIRE, P.. **Extensão ou comunicação?**. 7. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

FREIRE, P.; FAGUNDEZ, A. **Por uma pedagogia da pergunta**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.

FREIRE, P.; SHOR, I. **Medo e ousadia**: o cotidiano do professor. 10. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA. Dia mundial da água: 1.000 crianças morrem todos os dias devido à sua falta. **UNICEF**, [s. l.], ([20--]). Disponível em: <https://www.unicef.es/noticia/dia-mundial-del-agua-1000-ninos-mueren-cada-dia-por-falta-de-agua-potable>. Acesso em: 10 ago. 2023.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA. Lucha contra la malaria: las muertes se reducen un 60%. **UNICEF**, [s. l.], [201-]. Disponível em: <https://www.unicef.es/noticia/lucha-contra-la-malaria-las-muertes-se-reducen-un-60>. Acesso em: 10 ago. 2023.

GARCÍA-PONCE, Á. L. *et al.* A problem-/case-based learning approach as an useful tool for studying glycogen metabolism and its regulation. **Biochemistry and molecular biology education**, [s. l.], v. 49, n. 2, p. 236-241, mar./abr. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32897596/>. Acesso em: 4 out. 2023.

HILL, A. M.; SMITH, H. A. Problem-based contextualized learning. *In*: ALSOP, S. *et al.* (Ed.). **Analyzing exemplary science teaching**: theoretical lenses and a spectrum of possibilities for practice. Londres: Open University Press, 2005.

IMMORDINO-YANG, M. H.; DAMASIO, A. We feel, therefore we learn: the relevance

of affective and social neuroscience to education. **Mind, brain, and education**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 3-10, 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x>. Acesso em: 10 ago. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do saneamento 2023. **Instituto Trata Brasil**, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2023/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

KANT, I. **Crítica da razão pura**. 4. ed. Petrópolis, RJ: 2015.

KLEGERIS, A., HURREN, H. Impact of problem-based learning in a large classroom setting: student perception and problem-solving skills. **Advances in Physiology Education**, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 408-15, dez. 2011. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/advan.00046.2011>. Acesso em: 4 out. 2023.

MASLOW, A. H. A theory of human motivation. **Psychological Review**, Washington, DC, v. 4, n. 50, p. 370-396, 1943. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2Fh0054346>. Acesso em: 10 ago. 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Cólera. **Organização Mundial de Saúde**, [s. l.], mar. 2022, Disponível em: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cholera>. Acesso em: 10 ago. 2023.

ORGANIZACIÓN PANAMERICA DE SALUD. Malaria. **Organización Panamericana de Salud**, [s. l.], [2021]. Disponível em: <https://www.paho.org/es/temas/malaria>. Acesso em: 10 ago. 2023.

OUR WORLD IN DATA. Cholera reported deaths. **Our World in Data**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/number-of-reported-cholera-deaths>. Acesso em: 10 ago. 2023.

OUR WORLD IN DATA. Death rate from malaria, 2019. **Our World in Data**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/malaria-death-rates?time=2019>. Acesso em: 10 ago. 2023.

OUR WORLD IN DATA. Death rate from malaria, 2019. **Our World in Data**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/malaria-death-rates?time=2019>. Acesso em: 10 ago. 2023.

PEKRUN, R.; LINNENBRINK-GARCIA, L. Academic emotions and student engagement. *In*: CHRISTENSON, S. L.; RESCHLY, A. L.; Wylie, C. (Ed.). **Handbook of research on student engagement**. Nova York: Springer, 2012.

PROGRESS on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines. Geneva: OMS, 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241512893>. Acesso em: 20 abr. 2023.

QUEVAUVILLER, P. *et al.* (Ed.). **Groundwater monitoring**. Nova Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2009.

SAVIN-BADEN, M.; MAJOR, C. **Foundations of problem-based learning**. New York: Open University Press. 2004.

SILVA, I. M. da; LINS, W. C. B.; LEAO, M. B. C. Avaliação da aplicação da metodologia aprendizagem baseada em problemas na disciplina de tecnologia da informação e comunicação no ensino de química. **Educación química**, Ciudad de México, v. 30, n. 3, p. 64-78, jul. 2019. Disponível em: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2019000300064](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2019000300064). Acesso em: 4 out. 2023.

SILVA, E. L. da *et al.* Aprendizagem baseada em problemas utilizando a avaliação da qualidade da água para o ensino dos conceitos de teoria ácido-base e soluções. **Revista Virtual Química**, Niterói, RJ, v. 13, n. 3, p. 812-821, maio 2021. Disponível em: [https://rvq.s bq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=1356](https://rvq.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1356). Acesso em: 10 ago. 2023.

SILVA, A. O acesso à água trada no Brasil ainda é um desafio, especialmente em algumas regiões do país. **Revista de Saneamento Ambiental**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 45-56, abr. 2021. Disponível em: <http://www.sanambiental.com.br/revista/v10n2/artigo3.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SMITH, D. W. **Water treatment principles and design**. Nova Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2010.

SOUZA, S.; DOURADO, L. Aprendizagem baseada em problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. **Holos**, Natal, v. 5, p. 182-200, 2015. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2880>. Acesso em: 11 ago. 2023.

STROHFELDT, K.; KHUTORYANSKAYA, O. Using Problem-Based Learning in a chemistry practical class for Pharmacy students and engaging them with feedback. **American journal of pharmaceutical education**, [s. l.], v. 79, n. 9, p. 141, nov. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4727365/>. Acesso em: 4 out. 2023.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry**: chemical equilibria and rates in natural waters. [S. l.]: Wiley Interscience, 2012.

TEBBUTT, T. H. Y. **Principles of water quality control**. [S. l.]: Elsevier, 1997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Drinking-water. **World Health Organization**, [s. l.], mar. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>. Acesso em: 12 abr. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. [S. l.]: World Health Organization, 2011. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>. Acesso em: 10 ago. 2023.

ZIGLIO, G.; SILIGARDI, M.; FLAIM, G. **Biological monitoring of rivers**: applications and perspectives. Nova Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2006.

## ANEXO

**PLANO DE AULA**

1) **AULA:** Qualidade da água como motivador para o ensino de ciências

2) **CONHECIMENTO DA TURMA:** Alunos do 3º período do Ensino Médio Técnico em Química do IFRJ campus Nilópolis. Turma contendo 14 alunos.

3) **HORÁRIO DA AULA:** 8:00: às 12:00h

4) **DATA DE REALIZAÇÃO:** 05/07/2023.

5) **OBJETIVOS:**

- Verificar a qualidade da água através das legislações vigentes como motivador para o ensino de ciências utilizando a metodologia da ABP com uma fase prévia ligada as emoções.

6) **PLANEJAMENTO DA AULA**

ASSUNTO	TEMPO (minutos)	RECURSOS	TECNICA DE APRENDIZAGEM
1) Conceito de água potável e problemas na falta de acesso	30	Quadro e giz	Roda de conversa
2) Legislações aplicadas a cada matriz estudada	30	Quadro e giz	Roda de conversa
3) Apresentação dos equipamentos que seriam utilizados	30	Equipamento multiparamétrico <i>Bante Instruments 900 Multiparameter</i> e Fotocolorímetro <i>Aquacolor</i>	Aula expositiva, roda de conversa
4) Coleta e determinação dos parâmetros	90	Equipamento multiparamétrico <i>Bante Instruments 900 Multiparameter</i> e Fotocolorímetro <i>Aquacolor</i>	Aula prática
5) Debate dos resultados	5	Quadro e giz	Roda de conversa

7) **AValiação:** Participação dos alunos.

8) **BIBLIOGRAFIA**

a) **Professor**

- SILVA, A. O acesso à água trada no Brasil ainda é um desafio, especialmente em algumas regiões do país. *Revista de Saneamento Ambiental*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 45-56, abr. 2021. Disponível em: <http://www.sanambiental.com.br/revista/v10n2/artigo3.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Ministério da Educação. Brasília, 1999.

b) **Aluno**

- Não foi fornecido