MARIANA CAVICHIOLI ALVES

OFICINA TEMÁTICA SOBRE GASES DISSOLVIDOS EM AMBIENTE AQUÁTICO: UM CASO SIMULADO SOBRE POLUIÇÃO TÉRMICA POR ALUNOS DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

MARINGÁ

2022

MARIANA CAVICHIOLI ALVES

OFICINA TEMÁTICA SOBRE GASES DISSOLVIDOS EM AMBIENTE AQUÁTICO: UM CASO SIMULADO SOBRE POLUIÇÃO TÉRMICA POR ALUNOS DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Neide Maria Michellan Kiouranis

Coorientadora: Profa. Dra. Débora Piai Cedran

MARINGÁ

2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

A474o

Alves, Mariana Cavichioli
Oficina temática sobre gases dissolvidos em ambiente aquático : um caso simulado sobre poluição térmica por alunos de licenciatura em química / Mariana Cavichioli Alves. -- Maringá, PR, 2022.
160 f.: il. color., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Neide Maria Michellan Kiouranis.
Coorientadora: Profa. Dra. Débora Piai Cedran.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Química, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, 2022.

1. Química - Educação. 2. Química - Ensino. 3. Oficina temática - Química. 4. Biologia de água doce. 5. Poluição térmica. I. Kiouranis, Neide Maria Michellan, orient. II. Cedran, Débora Piai, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Química. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. IV. Título.

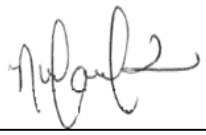
CDD 23.ed. 540.7

Márcia Regina Paiva - CRB-9/1267

MARIANA CAVICHIOLI ALVES

OFICINA TEMÁTICA SOBRE GASES DISSOLVIDOSEM AMBIENTE AQUÁTICO: UM CASO SIMULADO SOBRE POLUIÇÃO TÉRMICA POR ALUNOS DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

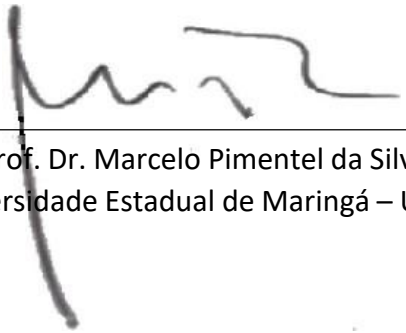
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em *Ensino de Ciências e Matemática*.



Profa. Dra. Neide Maria Michellan Kiouranis
Universidade Estadual de Maringá – UEM



Profa. Dra. Vivian dos Santos CalixtoUniversidade Federal da Grande Dourados – UFGD



Prof. Dr. Marcelo Pimentel da Silveira
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Maringá, 30 de junho de 2022.

Dedico este trabalho a minha família, amigos e professores, que tanto admiro, pilares da minha formação. Obrigada!

AGRADECIMENTOS

Primeiro, gostaria de reconhecer e ser grata pelo apoio incondicional dos meus pais, Marli e Valdeir. Da mesma forma, estendo meu carinho e gratidão a todos os meus familiares, em especial aos meus irmãos (Isabela, Silvânia e Rogério) e à minha prima Helena, pela oportunidade de convívio; e a todos que contribuíram, de alguma forma, para a realização desta pesquisa.

Em conjunto a esse agradecimento, também não posso deixar de mencionar a importância da minha orientadora, professora Neide, cuja postura amorosa e compreensiva garantiu meu amparo em momentos de dificuldade, sempre me ajudando, a partir de sua vasta experiência, desde o início da pesquisa. Também quero agradecer à professora Débora, que, apesar da intensa rotina de sua vida acadêmica, aceitou me coorientar nesta pesquisa.

Agradeço, ainda, ao professor Jaime e aos alunos do Curso de Licenciatura em Química, que colaboraram com essa investigação nos momentos de discussões e estudos durante o processo de realização do estudo.

Aos meus amigos e colegas de turma, especialmente à Rosilene, Fernanda, Arielli, Ana Paula, Ananda, Daiara e Lucas, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado no tempo em que me dediquei a esta pesquisa.

Aos participantes do *Grupo de Pesquisa em Educação Química da UEM* e do projeto *Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico*, por compartilharem comigo tantos momentos de aprendizado e por todo o companheirismo ao longo desse percurso.

Aos membros da banca, professor Marcelo Pimentel da Silveira e professora Vivian dos Santos Calixto, por terem aceitado o convite e pelas valiosas contribuições realizadas no exame de qualificação e na defesa desta dissertação.

À UEM, estendo os agradecimentos ao PCM, em especial aos professores e à Sandra, da secretaria, pela ajuda e acolhimento.

Por último, quero agradecer à CAPES pelo apoio financeiro e por me permitir dedicação exclusiva a esta pesquisa.

RESUMO

A presente pesquisa apresenta a ressignificação de uma oficina temática sobre gases dissolvidos em ambientes aquáticos no contexto do projeto *Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico* da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Tecemos, dessa forma, um caminho que partiu da elaboração de uma atividade investigativa e sua reformulação no âmbito do projeto, o que possibilitou o desenvolvimento de uma oficina temática intitulada *O Caso do Rio Água Doce*. Sua fundamentação ancorou-se em pressupostos teóricos da contextualização, experimentação e dos três momentos pedagógicos como proposta metodológica. De natureza qualitativa, do tipo estudo de caso, a investigação teve como principal objetivo reconhecer as potencialidades e desafios que emergem do processo de aplicação remota da oficina para alunos da graduação de Licenciatura em Química da UEM. O conjunto de questões que compõem a oficina constituiu-se como fonte de informações empíricas, considerando que, por meio de sua análise, é possível identificar e compreender algumas concepções dos participantes sobre o tema, o conhecimento químico e as contribuições da oficina investigada. Para a realização do processo analítico, ancoramo-nos na Análise de Conteúdo de Bardin (2016), com o intuito de caracterizar e dar significado às respostas dos participantes e seus desdobramentos. Tendo em consideração todo o processo interativo da oficina, podemos destacar alguns elementos potencializadores que favoreceram a compreensão do caso simulado, como: a utilização de um tema do cotidiano; o levantamento das concepções prévias dos alunos; a elaboração de hipóteses; a participação dos alunos; o diálogo e o conflito de ideias; a utilização de diferentes formas de linguagem, entre outros. Entretanto, cabe destacar alguns aspectos que se apresentaram como limitações na aplicação da oficina, como a dificuldade de acompanhar as atividades realizadas em grupo no contexto remoto.

Palavras-chave: Ensino de Química; Três Momentos Pedagógicos; Estudo de caso; Mortandade de peixes.

ABSTRACT

This research presents the development of a thematic workshop in the context of the Laboratory of Thematic Workshops in Chemistry for Basic Education at the State University of Maringá (UEM). In this way, we drew a path that started from the initial elaboration of an activity on dissolved gases in aquatic environments, its reformulation and re-signification within the scope of the project, which enabled the development of a workshop entitled "The Case of Água Doce River". Its foundation was anchored in theoretical assumptions of contextualization, investigative experimentation and three pedagogical moments as a methodological proposal. Of a qualitative nature, of the case study type, the main objective of the investigation was to understand the potential of the thematic workshop applied in the remote format for undergraduate students in Chemistry at UEM. The set of questions that make up the workshop constituted a source of empirical information, considering that, through its analysis, it is possible to identify and understand some conceptions of the participants regarding the theme, the chemical knowledge and the contributions of the investigated workshop. In order to carry out the analytical process, we anchored ourselves on Bardin's Content Analysis (2016), to characterize and give meaning to the participants' responses and their consequences. Taking into account the entire interactive process of the workshop, we can highlight some potentiating elements that favored the understanding of the simulated case, such as: the use of an everyday theme; the survey of students' previous conceptions; the elaboration of hypotheses; the student's participation; the dialogue and conflict of ideas; the use of different forms of language and among others. However, it is worth highlighting some aspects that presented themselves as limitations in the application of the workshop, such as: the difficulty of following the activities carried out in groups in the remote context.

Keywords: Chemistry teaching; Three Pedagogical Moments; Case study; Fish kills.

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

AC	Aplicação do conhecimento
Ar	Arsênio
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior
CCE	Centro de Ciências Exatas
CEP	Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão
CNPq	Conselho Nacional desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEP	Comitê Permanente de Ética em Pesquisa
CN	Cianeto
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DQI	Departamento de Química
GEPEQ	Grupo de Pesquisa em Educação Química
GPEQUEM	Grupo de Pesquisa em Educação Química da UEM
HQ	História em Quadrinho
IAT	Instituto Água e Terra
IFPR	Instituto Federal do Paraná
LAEQUI	Laboratório de Ensino de Química
NRE	Núcleo Regional de Educação
OC	Organização do Conhecimento
Pb	Chumbo
PC	Pensamento Crítico
PCM	Pós-Graduação para a Educação em Ciências e a Matemática
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ Ensino Médio
PE	Questionário Pré-experimento
PI	Problematização Inicial
PIBID	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PO	Questionário Pós-experimento
PR	Paraná
QA	Questões Auxiliares
QE	Questionário Exploratório
QI	Questões Introdutória
QP	Questões problema
RA	Relatório de Autuação
RT	Retomada da problemática
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
TIDICs	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UFS	Universidade Federal do Sergipe
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fundamentos para oficinas temáticas.....25
Figura 2 – Desenvolvimento de uma oficina temática 29
Figura 3 – Propostas para problematização do tema “hidrosfera” 41
Figura 4 – HQ sobre poluição térmica da água 44
Figura 5 – Gás oxigênio e gás carbônico em sistemas aquáticos 46
Figura 6 – Lançamento de efluente 48
Figura 7 – Sistema respiratório desenvolvido por animais aquáticos 49
Figura 8 – Configurações de estudos de caso.....53
Figura 9 – Percurso metodológico da pesquisa 54
Figura 10 – Parâmetros do CONAMA para lançamento de efluentes 62
Figura 11 – Mapa do Rio Água Doce.....66
Figura 12 – Exemplo de código para citação das respostas analisadas 70
Figura 13 – Sistematização do processo de análise dos resultados sobre formas de solucionar o problema 74
Figura 14 – Sistematização do processo de análise dos resultados sobre os conhecimentos mobilizados para solucionar o caso do Rio Água Doce 87
Figura 15 – Soluções padrões produzidas no experimento 99
Figura 16 – Água gaseificada e da torneira após agitação 99
Figura 17 – Água gaseificada e da torneira após aquecimento 100
Figura 18 – Recipiente contendo água da torneira após o seu borbulhamento 100
Figura 19 – Sistematização do processo de análise dos resultados referentes à interpretações das situações problematizadas.....114

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Solubilidade O_2 (g) em água a várias temperaturas, na pressão atmosférica de 1 atm 48
Gráfico 2 – Quantidade de gás oxigênio em função da temperatura 66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Princípios pedagógicos de uma oficina 23
Quadro 2 – Teses e dissertações consultadas no catálogo da Capes 30
Quadro 3 – Oficinas temáticas publicadas em trabalhos do projeto 36
Quadro 4 – TDICs incorporada à oficina temática "O caso do Rio Água Doce" 57
Quadro 5 – Síntese dos três momentos pedagógicos perpassados durante a oficina 59
Quadro 6 – Questões introdutórias relacionadas a órgão ambientais 60
Quadro 7 – Descrição da situação-problema ancorada nas características de um bom caso ... 60
Quadro 8 – Questões auxiliares para interpretação do problema 62
Quadro 9 – Questionário utilizado para a exploração do tema 63
Quadro 10 – Questionário utilizado para o levantamento de hipóteses sobre a problemática . 64
Quadro 11 – Questionário utilizado para o estudo de conceitos químicos 65
Quadro 12 – Retomada da problemática 66
Quadro 13 – Texto instrutivo sobre as condições de alguns rios brasileiros 67
Quadro 14 – Relatório de autuação 67
Quadro 15 – Participação dos alunos nas atividades 68
Quadro 16 – Processo de categorização das respostas prévias dos alunos para questões operativas relacionadas a órgãos ambientais envolvidos 75
Quadro 17 – Processo de categorização das propostas indicadas pelos alunos para investigar a mortandade de peixes no Rio Água Doce 81
Quadro 18 – Processo de categorização das respostas dos alunos sobre conceitos e indicadores de poluição da água 88
Quadro 19 – Processo de categorização das respostas dos alunos sobre a influência da temperatura da água 95
Quadro 20 – Modelos de gráficos construídos pelos alunos 102
Quadro 21 – Processo de categorização das respostas dos alunos sobre a importância dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos 103
Quadro 22 – Representação a respeito do processo de respiração dos peixes 104
Quadro 23 – Representação sobre o processo de fotossíntese das plantas aquáticas 106
Quadro 24 – Representação sobre as mudanças de coloração no recipiente contendo água da torneira antes, durante e ao final de seu aquecimento 108
Quadro 25 – Representação sobre as mudanças de coloração no recipiente contendo água gaseificada antes, durante e ao final de seu aquecimento 110

Quadro 26 – Representação sobre as mudanças de coloração no recipiente contendo água da torneira fervida antes, durante e após o seu borbulhamento.....111
Quadro 27 – Processo de categorização das respostas dos grupos sobre o que aconteceu com os peixes 115
Quadro 28 – Processo de categorização das respostas dos grupos sobre como a empresa responsável deve ser autuada.....118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de teses e dissertações publicados por ano 32
Tabela 2 – Produção do projeto de oficinas (2007-2021) 38
Tabela 3 – Amostras da água do Rio Doce em diferentes pontos 61

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 17
1 OFICINAS TEMÁTICAS: PRINCÍPIOS E PRÁTICAS 20
1.1 SOBRE OFICINAS: DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS 20
1.2 OFICINAS TEMÁTICAS: UMA REVISÃO ACERCA DE PUBLICAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS 29
1.2.1 Características gerais das publicações 31
1.2.2 Aspectos importantes sobre as oficinas apresentados nas publicações 32
1.3 CONTRIBUIÇÕES DO PROJETO *LABORATÓRIO DE OFICINAS TEMÁTICAS DE QUÍMICA PARA O ENSINO BÁSICO* 35
2 A ABORDAGEM TEMÁTICA EM OFICINAS E O ESTUDO DOS GASES DISSOLVIDOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS 40
2.1 A ABORDAGEM TEMÁTICA EM OFICINAS 40
2.2 O ESTUDO DOS GASES DISSOLVIDOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS 43
2.3 A ABORDAGEM CONCEITUAL DOS GASES DISSOLVIDOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS 45
3 O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA 51
3.1 A NATUREZA, O CONTEXTO E OS PARTICIPANTES DA PESQUISA 51
3.1.1 A atividade inicial, a reelaboração e o processo de ressignificação da oficina 54
3.2 A APLICAÇÃO DA OFICINA TEMÁTICA *O CASO DO RIO ÁGUA DOCE* 59
3.2.1 Problematização inicial (1º momento pedagógico) 59
3.2.2 Organização do conhecimento (2º momento pedagógico) 63
3.2.3 Aplicação do conhecimento (3º momento pedagógico) 65
3.3 EMPREGANDO A ANÁLISE DE CONTEÚDO NA PESQUISA 69
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 72
4.1 CONTEXTUALIZANDO O CASO DO RIO ÁGUA DOCE 72
4.2 REFLETINDO SOBRE FORMAS DE SOLUCIONAR O CASO DO RIO ÁGUA DOCE 73
4.2.1 Um olhar voltado para questões operativas relacionadas a órgãos ambientais envolvidos 75
4.2.2 Propostas para investigar a mortandade de peixes no rio água doce 80
4.3 CONHECIMENTOS NECESSÁRIOS PARA A COMPREENSÃO DAS SITUAÇÕES PROBLEMATIZADAS 86

4.3.1 Conceitos e indicadores de poluição da água 88
4.3.2 A influência da temperatura da água 95
4.3.3 A importância dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos 103
4.4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DAS SITUAÇÕES PROBLEMATIZADAS 113
4.4.1 O que aconteceu com os peixes? 115
4.4.2 Como a empresa responsável deve ser autuada? 118
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 125
APÊNDICE 133
APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DOS TRABALHOS PRODUZIDOS PELO PROJETO LABORATÓRIO DE OFICINAS TEMÁTICAS 134
ANEXOS 137
ANEXO A – OFICINA TEMÁTICA: O CASO DO RIO ÁGUA DOCE 138
ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) 159

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa parte de meu interesse no estudo de temas do cotidiano, o que começou com um trabalho desenvolvido durante a graduação no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Nesse período, participei da elaboração de uma atividade investigativa sobre gases dissolvidos em ambientes aquáticos, inspirada no artigo de Fiorucci e Benedetti Filho (2005) a respeito da importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. A atividade tinha como foco a experimentação investigativa e a problematização de parâmetros da legislação ambiental. Ainda na graduação, participei da aplicação da referida atividade para um grupo de alunos da Educação Básica; os resultados foram promissores e impulsionaram a produção de um artigo sobre o tema como alternativa para ensinar o conceito de solubilidade (ALVES *et al.*, 2018).

A partir desse contexto, destacamos a relevância desses estudos para o ensino de química (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005; RODRIGUES, 2010; AMARAL, 2016; MORTIMER *et al.*, 2021), visto que não são muitos os trabalhos que exploram essa temática, tão presente no cotidiano, por exemplo, como a mortandade de peixes e a poluição térmica em ambientes aquáticos. Ademais, o tema possibilita o estudo de uma gama de conceitos, os quais podem se dar de maneira interdisciplinar e, ainda, despertar a atenção e a criticidade dos alunos para questões diversas. Nessa perspectiva, Marcondes (2008) discute a importância da temática como possibilidade de contemplar questões ambientais formalizadas em documentos oficiais.

De certa forma, eu já tinha alguma familiaridade com temas do cotidiano, quando, no começo do curso, ingressei no subprojeto PIBID[1]/Química UEM e tive a oportunidade de planejar atividades temáticas. Também participei do projeto de extensão "Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico", da UEM, no qual reformulamos e aplicamos algumas oficinas para alunos do Ensino Básico e Superior. A orientação mais recente adotada pelo projeto voltava-se às oficinas planejadas intencionalmente para o desenvolvimento do Pensamento Crítico (PC). Tendo em vista a necessidade de aprofundar os conceitos teóricos acerca do PC para subsidiar o trabalho de planejamento de oficinas, foi realizado um momento de ação formativa com os integrantes do projeto (VOLPATO, 2021).

Então, no início do ano de 2020 surgiu a oportunidade, no contexto do projeto de extensão, de aprimorar a atividade sobre gases dissolvidos em ambientes aquáticos para uma oficina, a partir dos estudos realizados e das características de uma oficina temática. Isso exigiu

[1] O PIBID – Programa de Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência – tem por finalidade o apreçamento e a valorização da formação docente.

uma organização metodológica, que requereu alterações quanto à forma em que estavam estruturadas as etapas, levando em conta os três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018) e a reestruturação dos questionamentos elaborados para mobilizar as capacidades de PC, em consonância com os objetivos do projeto. A proposta coincidiu com meu ingresso no mestrado e a possibilidade de aprofundar os estudos sobre oficinas.

Esse contexto favoreceu a compreensão do caminho percorrido na pesquisa, explicitado na sequência, com a finalidade de responder à questão de pesquisa: *Que potencialidades são possíveis identificar a partir da aplicação de uma oficina temática sobre gases dissolvidos em ambiente aquático?*

De maneira geral, este estudo tem como objetivo reconhecer as potencialidades e desafios que emergem do processo de aplicação de uma oficina temática sobre gases dissolvidos em ambiente aquático para alunos do Curso de Licenciatura em Química da UEM. Assim, para atingir esse objetivo, elaboramos os seguintes objetivos específicos:

- Ressignificar uma atividade sobre gases dissolvidos em ambientes aquáticos, com vistas à construção de uma oficina temática.
- Identificar concepções de alunos de Licenciatura em Química sobre a temática dissolução de gases em ambientes aquáticos.
- Investigar que correlações são feitas, pelos alunos, entre a dissolução de gases e a poluição térmica.
- Investigar os elementos potencializadores que favorecem a compreensão e a resolução do caso simulado.

Esta pesquisa está ancorada nos pressupostos teóricos de uma oficina temática, bem como na abordagem de temas no Ensino de Química. Sendo assim, além da introdução, a dissertação encontra-se estruturada em quatro capítulos.

No capítulo 1 — *Oficinas Temáticas: princípios e práticas* —, dedicamo-nos a estudar as oficinas a partir de algumas definições que dão suporte à abordagem adotada na atualidade. Então, adentramos na concepção de oficinas temáticas, mediante seus fundamentos teóricos e metodológicos. Além disso, apresentamos um trabalho de revisão no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior), com o intuito de traçarmos algumas características das publicações acadêmicas sobre oficinas temáticas. Por fim, apresentamos algumas contribuições do projeto de extensão *Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico*, por meio de trabalhos e pesquisas desenvolvidas no referido projeto.

No Capítulo 2 — *A abordagem temática em oficinas e o estudo dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos* —, apresentamos uma discussão sobre a abordagem temática no ensino de ciências por meio de referenciais teóricos como Marcondes (2008), Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) e Freire (2019). Ainda, discutimos a abordagem do tema água e sua relação com o estudo dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos. Posteriormente, realizamos a descrição de alguns conceitos que podem ser trabalhados a partir do tema e que se fazem presentes na oficina temática desenvolvida nesta pesquisa.

No capítulo 3 — *O percurso metodológico da pesquisa* —, discutimos a natureza da pesquisa, que se concentra na investigação de um estudo de caso único, a partir da aplicação remota de uma oficina sobre gases dissolvidos em ambiente aquático para alunos do primeiro ano do curso, bem como o contexto no qual a investigação foi conduzida, considerando as possibilidades de ensino oferecidas durante a pandemia de COVID-19. Tal cenário, por recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2020), fez com que fosse necessário evitar o contato físico entre as pessoas (distanciamento social), em virtude do impacto que a crise sanitária provocou em todo o mundo. Para que o percurso fosse entendido em sua totalidade, também apresentamos as atividades da oficina, com seus devidos objetivos de investigação. Ao final do capítulo, apresentamos a análise de conteúdo como metodologia para a compreensão dos resultados.

Já no capítulo 4 — *Resultados e discussões* —, apresentamos a análise das respostas dos alunos referentes ao conjunto de atividades que compõem a oficina. Da análise das respostas, emergiram as categorias iniciais, que apresentavam alguma semelhança, sendo reagrupadas em categorias intermediárias, de maior abrangência em relação ao tema. Por sua vez, as categorias intermediárias, que apresentavam certa similaridade, foram reagrupadas em categorias finais (Refletindo sobre formas de solucionar o caso do Rio Água Doce; Conhecimentos necessários para a compreensão das situações problematizadas; Análise e interpretação das situações problematizadas), buscando uma aproximação com os três momentos pedagógicos, a fim de facilitar o movimento de interpretação do *corpus* de análise. Tais categorias ou focos de interesse foram fundamentais para a sistematização dos resultados e a discussão do tema abordado na oficina. Finalizamos a discussão com algumas considerações que nos permitiram responder à questão de pesquisa e, ainda, traçar possibilidades para pesquisas futuras. Por fim, apresentamos as considerações finais da pesquisa.

1 OFICINAS TEMÁTICAS: PRINCÍPIOS E PRÁTICAS

"As oficinas são temáticas, na perspectiva de tratar de uma dada situação problema que, mesmo tendo um dado foco, é multifacetada e sujeita a diferentes interpretações"
(MARCONDES, 2008, p. 68)

Estrutura do capítulo:
1.1 – Sobre oficinas: definição e princípios.
1.2 – Oficinas temáticas: uma revisão acerca de publicações na área de Ensino de Ciências".
1.2.1 – Características gerais das publicações.
1.2.2 – Aspectos importantes sobre oficinas apresentadas nas publicações.
1.3 – Contribuições do Projeto Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico.

Neste capítulo, apresentamos algumas definições de oficina que dão suporte à abordagem adotada na atualidade, então adentramos na concepção de oficinas temáticas a partir de seus fundamentos teóricos e metodológicos. Na sequência, apresentamos um trabalho de revisão no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, com o intuito de traçarmos algumas características das publicações sobre oficinas temáticas. Por fim, apresentamos as contribuições do projeto *Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico*, por meio de trabalhos e pesquisas desenvolvidas no referido projeto.

1.1 SOBRE OFICINAS: DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS

Um caminho interessante para o início dos estudos sobre oficinas trata diretamente da origem e história dessa palavra, já que conhecer o processo de formação das oficinas pode ajudar a compreender melhor seu uso ao longo do tempo. De acordo com o Dicionário Etimológico *Nova Fronteira da Língua Portuguesa* (CUNHA, 1986), a palavra "oficina" existe no nosso vocabulário desde o século XIV. Embora o termo tenha sofrido alterações, ainda guarda similaridades com sua acepção original. A palavra é derivada do latim *opificina* e é composta pelo radical *opus*, trabalho, e o sufixo *facere*, ligado ao verbo fazer. Em sua raiz, significa o local de trabalho do *opifex*, que, por sua vez, corresponde ao sujeito que realiza um *officium* (contração de *opificium* > *opficium* > *officium*), expressão análoga ao que conhecemos como "tarefa", execução de um "ofício" ou, até mesmo, "obrigação laboral" (SILVEIRA, 2020).

De maneira geral, as oficinas são espaços reservados para o fazer, o construir, o experimentar; são o lugar onde se produzem manufaturas ou produtos industriais, que, por extensão, passou a incluir fábricas, lojas de confecções, estúdios, laboratórios (REZENDE, 2009). É necessário destacar que em cada língua há diferentes definições de "oficina" — por exemplo, no espanhol, a palavra "oficina" é utilizada como sinônimo de *escritório, repartição pública ou departamento.* A palavra *taller*, em inglês, seria a estrutura equivalente à "oficina" no português. Também é recorrente em nosso idioma o uso do termo em inglês *workshop*, com outra raiz, que, conforme *The Shorter Oxford English Dictionary* (1978, p. 2450)[2], designa o estabelecimento em que se desenvolve o trabalho manual ou industrial.

Como podemos constatar, a oficina, como local de trabalho, não é algo novo e, ao longo da história, foi utilizada em diferentes situações. Fornazari e Obara (2017) citam que os sírios usavam o local para a fabricação de vidros e cerâmicas, cujas técnicas eram ensinadas aos interessados na produção dos artefatos. Já na Grécia, o espaço foi designado a artistas que faziam sua arte para se comunicarem com os deuses, valorizando o artista e destacando o caráter peculiar desse espaço (FORNAZARI; OBARA, 2017). Enquanto na Idade Média as oficinas tomaram uma dimensão mais próxima das concepções atuais, quando a forma de trabalho começou a mudar e se organizar de maneira mais complexa e ordenada, vinculando o trabalho manual ao trabalho intelectual, e os interesses pessoais aos interesses coletivos (CANO, 2012).

Cabe ressaltar que o processo de ressignificação do conceito de "oficina" é evolutivo e, não necessariamente, as definições mais antigas perdem valor, pelo contrário, elas dão suporte aos pensamentos adotados na atualidade. Dessa forma, as oficinas adquiriram uma caracterização mais abrangente, "[...] ao passo que buscam transformar um determinado objeto ou ideia, buscam formar ou transformar o indivíduo que participa delas" (SILVEIRA, 2020, p. 19). Desde a década de 1990, a expressão *workshop* também tem sido frequentemente utilizada em conjunto com o termo "participação" (CORNWALL; JEWKES, 1995; KENSING; BLOMBERG, 1998). Para Ørngreen e Levinsen (2017) a expressão tornou-se uma parte da linguagem cotidiana e não solicita mais explicações, embora *workshop,* como um conceito, seja fracamente definido do ponto de vista acadêmico, uma vez que seus formatos e usos se desenvolveram em contextos autênticos (locais de trabalho, artes, política).

De acordo com Rezende (2009), as oficinas vêm sendo utilizadas, sobretudo, em eventos e publicações oficiais, para designar reuniões destinadas a debater determinado assunto em busca de maior entendimento e consenso entre seus participantes. Todavia, a expressão

[2] The Shorter Oxford English Dictionary: on Historical Principles. Disponível em: https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.83694/page/n1153/mode/2up?view=theater.

começou a ser empregada indiscriminadamente, sendo confundida com seminários, palestras e grupos de discussão. No *The American Heritage Dictionary of the English Language* (2020)[3], encontra-se o termo "*seminar*" como sinônimo de *workshop,* no sentido de uma série de reuniões. Diante da influência da expressão em nossa língua, seria consequência conferir à oficina esse outro significado. Concordamos com o referido autor de que já temos no português a palavra "seminário" muito mais apropriada para nomear a situação em que um grupo de participantes se reúne para debater um determinado assunto. Uma oficina, ou *workshop,* também difere de uma palestra, em contextos específicos, pois os participantes não são meros espectadores, mas interagem com o que está acontecendo.

A corroborar o exposto, convém apresentar o entendimento de Ander-Egg (1991), que discute sobre duas importantes advertências, sendo a primeira o fato de que "nem tudo é oficina[4]" (p. 3, tradução nossa), e a segunda, de que "nenhuma inovação pedagógica deve apelar necessariamente ao uso desse sistema[5]" (p. 4, tradução nossa), embora, de acordo com o referido autor, esteja na moda chamar toda situação, mais ou menos participativa, assim. Por essa razão, tem sido comum referir-se "[...] à oficina como cursos intensivos que introduzem a participação ativa[6]" (ANDER-EGG, 1991, p. 10, tradução nossa). Para o autor, "[...] isto não é estranho, visto que a oficina contém essa característica, mas não justifica o uso indiscriminado do termo[7]" (1991, p. 10, tradução nossa).

Na visão de Ander-Egg (1991), "[...] oficina é uma palavra utilizada para indicar um lugar onde algo é trabalhado, elaborado e transformado para ser usado[8]" (p. 10, tradução nossa). Essa concepção, segundo o autor, ao ser aplicada à pedagogia, mantém seu escopo, pois "[...] se trata de uma forma de ensinar e, sobretudo, de aprender, mediante a realização de 'algo', que se faz conjuntamente. É um aprender fazendo em grupo[9]" (ANDER-EGG, 1991, p. 10, tradução nossa). Ander-Egg (1991) elenca esse aspecto como essencial e marcante na caracterização de uma oficina, entretanto chama a atenção para a necessidade de considerar que a oficina se

[3] The American Heritage® Dictionary of English Language, Fifth Edition copyright © 2020. Disponível em: https://ahdictionary.com/word/search.html?q=workshop.
[4] Citação original: "No todo es taller" (ANDER-EGG, 1991, p. 3).
[5] Citação original: "No toda innovación pedagógica debe recurrir necesariamente a la utilización del sistema de taller" (ANDER-EGG, 1991, p. 4).
[6] Citação original: "[...] se llama taller a jornadas de estudio o cursos intensivos que introducen formas activas de participación" (ANDER-EGG, 1991, p. 10).
[7] Citação original: "Esto no es extraño, en cuanto que el taller participa de ciertas características de todos ellos pero no justifica el uso indiscriminado del término" (ANDER-EGG, 1991, p. 10).
[8] Citação original: "Taller es una palabra que sirve para indicar un lugar donde se trabaja, se elabora y se transforma algo para ser utilizado" (ANDER-Egg, 1991, p. 10).
[9] Citação original: "[...] se trata de una forma de enseñar y, sobre todo de aprender, mediante la realización de 'algo', que se lleva a cabo conjuntamente. Es un aprender haciendo en grupo" (ANDER-EGG, 1991, p. 10).

constitui por "[...] uma maneira de fazer que tem suas próprias características e que são suportadas por certas suposições e princípios (ANDER-EGG, 1991, p. 10, tradução nossa) [10]". No Quadro 1, é apresentada uma síntese dos princípios pedagógicos de uma oficina, segundo Ander-Egg (1991).

Quadro 1 – Princípios pedagógicos de uma oficina

OFICINAS PEDAGÓGICAS
a) É um aprender fazendo: se aprende mais fazendo do que pela simples verbalização de ideias. *b) É uma metodologia participativa:* se aprende participando e não apenas teoricamente. *c) É uma pedagogia da pergunta:* o conhecimento é produzido principalmente por meio das perguntas que possibilita o desenvolvimento de uma atitude científica. *d) É uma formação que tende ao trabalho interdisciplinar:* transforma o fazer em um campo de ação multidisciplinar que, sendo como tal, ainda não é interdisciplinar. *e) A relação professor/aluno está estabelecida na realização de uma tarefa em comum*: são criadas as condições para que os envolvidos possam decidir sobre problemas relacionados à oficina. *f) Caráter globalizante e integrador:* aspectos emocionais e intelectuais se relacionam durante a oficina, pois ela permite essa abertura. *g) Implica e exige um trabalho em grupo e o uso de técnicas apropriadas*: procura promover a busca de repostas aos problemas por meio da troca de experiências entre os grupos. *h) Permite integrar em um único processo três instâncias como ensino, investigação e prática:* para construir conhecimento é necessário investigar o que requer uma certa formação prática.

Fonte: Elaborado com base em Ander-Egg (1991).

Os princípios propostos por Ander-Egg (1991) manifestam a intenção de superar o ensino tradicional e a busca por experiências novas de aprendizagem que possibilitem aos alunos a autonomia e o protagonismo na construção do conhecimento. Esses conceitos, como o aprender fazendo e a pedagogia da pergunta, já foram abordados há algum tempo por autores que são referência na educação, como Dewey (1971) e Freire (2019)[11], e se opõem à chamada "educação bancária", criticada por Paulo Freire, dado que tem como característica marcante a postura passiva dos alunos, como receptores dos conhecimentos transmitidos pelo professor. As oficinas, por sua vez, consideram os alunos como o centro do processo de aprendizagem, e cabe ao professor a tarefa de animação, incentivo, orientação, aconselhamento e assistência técnica (ANDER-EGG, 1991). De acordo com o autor, ainda, a proposta não é formar os alunos para desempenhar tarefas repetitivas com o mesmo padrão, mas desenvolver uma postura investigativa e autonomia para ir atrás de soluções para problemas relacionados à oficina.

[10] Citação original: "Este es el aspecto sustancial del taller. Pero es un modo de hacer que tiene ciertas características que le son propias y que se apoyan en determinados supuestos y principios" (ANDER-EGG, 1991, p. 10).
[11] Obra originalmente publicada em 1968.

Betancourt (2007) afirma que a força de uma oficina está na participação, que dá origem a uma fusão do potencial intelectual e coletivo na busca de soluções para problemas reais. O autor também considera ser este um espaço para estimular o PC e criativo, já que os alunos têm a oportunidade de refletir sobre sua própria realidade. Outros educadores, como Ørngreen e Levinsen (2017), se dedicaram a pesquisar e trabalhar nas oficinas e, assim, cunharam novos enunciados que explicam o "[...] arranjo pelo qual um grupo de pessoas aprende, adquire novos conhecimentos, realiza a solução criativa de problemas ou inova em relação a uma questão específica de domínio" (p. 71, tradução nossa)[12]. Como o próprio nome já diz, oficinas são espaços em que as pessoas trabalham coletivamente e se mobilizam para a solução de um problema. Na definição de Marcondes (2008),

> A oficina, no sentido que se quer atribuir, pode representar um local de trabalho em que se buscam soluções para um problema a partir dos conhecimentos práticos e teóricos. Tem-se um problema a resolver que requer competências, o emprego de ferramentas adequadas e, às vezes, de improvisações, pensadas na base de um conhecimento. Requer trabalho em equipe, ação e reflexão (MARCONDES, 2008, p. 68).

Como alternativa para o Ensino de Química, Marcondes (2008) também utiliza os espaços e a concepção de uma oficina que possui como alicerces a contextualização do conhecimento e a experimentação. A autora apresenta a proposta de "oficinas temáticas", produzida pelo Grupo de Pesquisa em Educação Química – GEPEQ[13], a partir de um curso de formação continuada para professores de Química e de outras disciplinas, em colaboração com a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Ao trabalhar com oficinas temáticas no Ensino de Química, o GEPEQ propõe um conjunto de atividades experimentais que abordam vários aspectos de um dado conhecimento, possibilitando a construção de uma visão mais ampla do mundo (MARCONDES *et al.*, 2007).

Sendo assim, a principal diferença entre as oficinas pedagógicas defendidas por Ander-Egg (1991) e as oficinas temáticas utilizadas por Marcondes *et al.* (2007), adotadas neste trabalho, refere-se à concepção de experimentação. De acordo com Marcondes *et al.* (2007), os experimentos escolhidos devem explorar vários conceitos relacionados ao tema, assim como proporcionar situações em que o aluno reconheça a ligação entre a química e seu dia a dia. Esse

[12] Citação original: "[...] arrangement whereby a group of people learn, acquire new knowledge, perform creative problem-solving, or innovate in relation to a domain-specific issue" (ØRNGREEN; LEVINSEN, 2017, p. 71).

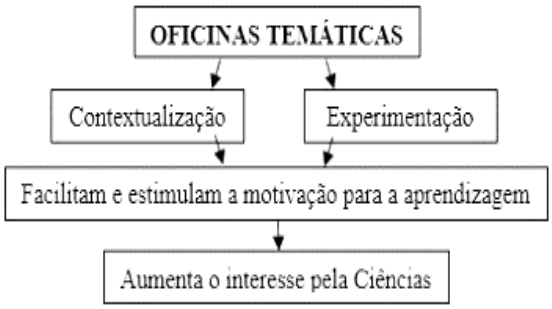
[13] O GEPEQ foi criado em 1984 por ex-alunos do curso de Licenciatura em Química da Universidade de São Paulo, com o objetivo de contribuir para a melhoria do Ensino de Química, de forma a favorecer o desenvolvimento cognitivo dos alunos e a formação de cidadãos críticos e conscientes. Disponível em: https://gepeqiqusp.wixsite.com/gepeq/institucional.

é um ponto primordial para o processo de elaboração de uma oficina, com vistas à promoção e construção de conhecimentos, que, somados a outras qualidades, constituem as principais características de uma oficina temática, resumidas como:

> - Utilização da vivência dos alunos e dos fatos do dia-a-dia para organizar o conhecimento e promover aprendizagens.
> - Abordagem de conteúdos da Química a partir de temas relevantes que permitam a contextualização do conhecimento.
> - Estabelecimento de ligações entre a Química e outros campos de conhecimento necessários para se lidar com o tema em estudo.
> - Participação ativa do estudante na elaboração de seu conhecimento. (MARCONDES, 2008, p. 68-69).

As oficinas temáticas propostas por Marcondes (2008) utilizam a experimentação e a contextualização de temas sociais por meio, principalmente, da problematização do conhecimento. Metodologicamente, buscam envolver o aluno em um processo ativo de construção do seu próprio conhecimento, objetivando aumentar seu interesse pela própria Ciência (MARCONDES, 2008), como esquematizado na Figura 1.

Figura 1 – Fundamentos para oficinas temáticas



Fonte: Marcondes (2008, p. 69).

Dessa forma, consideramos importante esclarecer a perspectiva de contextualização e experimentação em que nos baseamos para o desenvolvimento desta pesquisa. Um dos principais referenciais teóricos em que nos ancoramos é Marcondes *et al.* (2007), para quem a contextualização pode ser concebida de duas formas: como uma estratégia para ensinar conceitos disciplinares ou como uma ferramenta para ensinar determinados conhecimentos da ciência.

De acordo com Marcondes *et al.* (2007), a forma mais comum é a contextualização como estratégia utilizada para a descrição de fatos e fenômenos presentes no cotidiano dos alunos, comumente abordada por meio de ilustrações e exemplos sem relações significativas

com o conhecimento científico (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013). Enquanto isso, a contextualização como ferramenta aponta o cotidiano do aluno como fonte para construir e reconstruir conhecimentos que permitam uma leitura mais crítica do mundo e possibilitem tomadas de decisão fundamentadas em conhecimentos científicos, abordagem defendida nas oficinas temáticas (MARCONDES *et al.,* 2007). "Assim, o cotidiano é revisitado e, portanto, estudado à luz do conhecimento científico, considerando-se ainda nesse estudo os conhecimentos de outras áreas" (MARCONDES *et al.,* 2007, p. 24).

Os mesmos autores também consideram esse tipo de contextualização uma característica fundamental de muitos trabalhos com orientações CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade [14], nos quais se destacam a abordagem interdisciplinar e o ensino de ciências partindo de um contexto, quase sempre, de situações-problemas definidas em função do tema de estudo. E mencionam que a problemática pode ser oriunda da área social e estudada com base em conhecimentos científicos e tecnológicos. Como exemplo, Marcondes *et al.* (2007, p. 25) apresentam uma situação-problema envolvendo a contaminação de um lago em uma determinada região, que pode ser analisada com a finalidade de propor sugestões de melhorias e responder a questões como:

> Por que está contaminada? Como ficou assim? Quais são os agentes contaminantes? Quais serão as causas e consequências dessa contaminação para as pessoas envolvidas, e o que pode ser, realmente, realizado para procurar sanar tal quadro a partir de conhecimentos da química e de outras áreas do saber?

Nesse sentido, a elaboração de materiais didáticos, que busquem contemplar tais questões, pode proporcionar ao aluno a compreensão de situações reais de seu cotidiano, com conhecimentos científicos e tecnológicos referentes à química e a outras áreas do saber. Desse modo, os temas abordados em oficinas temáticas fundamentadas na contextualização apresentam relevância social, o que, por si só, demonstra a importância de serem discutidas no contexto educacional, de modo a agregar uma gama de conhecimentos científicos (MARCONDES *et al.,* 2007). Diante disso, os conhecimentos científicos podem ser estudados "[...] por meio de experimentos, com intuito de fornecer subsídios para que os alunos possam entender o tema de estudo e se posicionar perante as questões que este traz para o debate na sociedade" (MARCONDES *et al.,* 2007, p. 26).

[14] "O movimento CTS no ensino de Ciências se apresenta, atualmente, com várias designações, tais como: Alfabetização Científica e Tecnológica; Compreensão Pública da Ciência; Ciência para Todas as Pessoas; Cultura, Ciência e Tecnologia; Educação CTS etc." (MARCONDES *et al.,* 2007, p. 25).

A experimentação nas oficinas tem as seguintes finalidades: "[...] desenvolver a curiosidade e o gosto pela investigação; permitir ao aluno testar e aprimorar suas próprias ideias, construindo seus próprios conhecimentos; desenvolver competências e habilidades cognitivas e manipulativas" (MARCONDES *et al*., 2007, p. 34-35). De acordo com Carvalho (2020), atividades como essas podem ser caracterizadas como investigativas, uma vez que a experimentação é compreendida para além de procedimentos de manipulação e observação, na busca por promover e instigar a participação ativa do aluno na construção e reconstrução de seu próprio conhecimento.

Para a elaboração de uma atividade experimental com caráter investigativo, é fundamental refletir sobre alguns aspectos que devem integrar o planejamento, pois, muitas vezes, as atividades são executadas de maneira isolada do contexto, com a ausência de períodos de discussão pré e pós-laboratório, reduzindo o experimento à repetição de técnicas e à comprovação de teorias (MARCONDES *et al.*, 2007). Como o experimento pressupõe a resolução de um problema, é muito importante que sejam desenvolvidas atividades pré e pós-laboratório. Conforme Souza *et al.* (2013), as discussões pré-laboratórios consistem na apresentação de informações e hipóteses, que são expressas pelos alunos mediante questionamentos, enquanto as atividades pós-laboratório são questões formuladas aos alunos para análise dos dados, sistematização dos resultados e conclusões. As discussões pré e pós-laboratório permitem que os alunos façam conexões significativas entre o fenômeno observado, os dados obtidos e os conceitos estudados (SOUZA *et al.*, 2013).

A respeito do papel do experimento, em atividades de ensino, Gaia *et al.* (2008) destacam que a aplicação e a discussão dos experimentos têm como intenção explorar ideias e concepções prévias[15] dos alunos, questioná-los e apresentar outras informações que favoreçam a ampliação e/ou reconstrução dessas concepções ancoradas em conceitos químicos. Em consonância com o exposto, compreendemos que um dos empecilhos para a construção e a aprendizagem de novos conhecimentos, com embasamento científico, pelo aluno, pode ser decorrente do fato de suas concepções prévias não serem levadas em consideração, tendo o conhecimento científico enquanto ponto de partida e de chegada, ou seja, como um fim em si, o que dificulta o estabelecimento de relações entre seu conhecimento e o novo conhecimento.

[15] "Segundo a literatura, inúmeras denominações podem ser atribuídas às concepções prévias dos alunos, tais como: pré-conceitos, conceitos de senso comum, ideias intuitivas, conceitos espontâneos, concepções alternativas, pré-concepções, entre outras. No consenso geral, referem-se a ideias de caráter pessoal, pois são representações que cada indivíduo faz do mundo que o cerca, são vagas (variam seu significado de uma situação para outra) e pouco definidas. São ideias que os sujeitos constroem para interpretar e explicar eventos naturais cotidianos; são construções que os estudantes elaboram para dar respostas às necessidades pessoais de interpretar os fenômenos naturais" (SOUZA *et al.* 2013, p. 31).

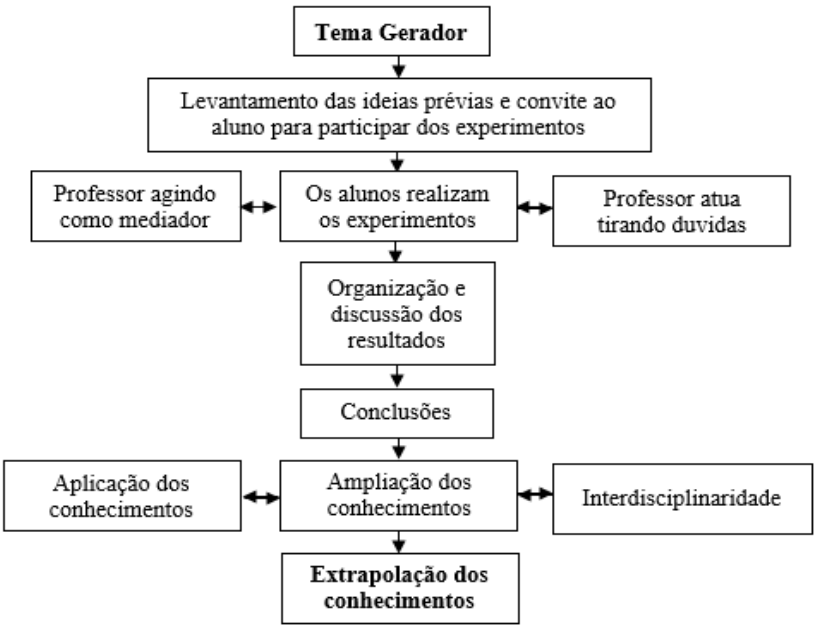
Portanto, os conhecimentos que trazem consigo devem ser confrontados com problemas, questionamentos, contradições, controvérsias, a ponto de sentirem a necessidade de buscar o conhecimento sistematizado para a resolução de questões-problema ou situações reais. Nesse âmbito, alguns autores utilizam estratégias que fomentam momentos de investigações iniciais, com levantamento de concepções dos participantes das oficinas a partir da abordagem de problemas reais.

Outro aspecto importante dos pressupostos que norteiam as oficinas temáticas é a organização fundamentada nos três momentos pedagógicos, conforme afirmam Marcondes *et al.* (2007). A metodologia dos três momentos foi utilizada, a princípio, pelos pesquisadores Demétrio Delizoicov e José André P. Angotti, em 1982, num projeto de ensino desenvolvido em Guiné Bissau (MUENCHEN, 2010), tendo como finalidade transpor as etapas da investigação temática, desenvolvida por Paulo Freire, para o espaço da educação formal. Segundo Muenchen (2010), os momentos pedagógicos passaram por reestruturações significativas até ficarem conhecidos com o lançamento do livro *Metodologia do ensino de Ciências*, de Delizoicov e Angotti, no final da década de 1980. Esses momentos, de acordo com Muenchen e Delizoicov (2014, p. 620), podem ser assim caracterizados:

> Problematização Inicial: apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas. Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa ir conhecendo o que eles pensam. Para os autores, a finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém.
> Organização do Conhecimento: momento em que, sob a orientação do professor, os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados.
> Aplicação do Conhecimento: momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

Na Figura 2, encontra-se uma síntese dos três momentos pedagógicos, considerando o espaço de uma oficina temática.

Figura 2 – Desenvolvimento de uma oficina temática



Fonte: Marcondes (2008, p. 72).

Na sequência, apresentamos uma revisão bibliográfica sobre oficinas temáticas no ensino de ciências.

1.2 OFICINAS TEMÁTICAS: UMA REVISÃO ACERCA DE PUBLICAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Nesta seção, apresentamos os resultados de uma revisão bibliográfica realizada a partir de pesquisas publicadas no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes [16]. Para a identificação das pesquisas, utilizamos como termos de busca os descritores "oficina temática" e "oficinas temáticas", selecionando a opção de consulta às publicações por área de conhecimento e optando pelos filtros na área de "Ensino de Ciências e Matemática" e "Ensino", de modo geral. A partir dessa relação, consultamos os endereços eletrônicos das publicações para a leitura dos resumos.

Para um maior refinamento, também foi efetuada uma busca no corpo teórico das teses e dissertações, de modo a verificar a relevância da produção de oficinas temáticas com base nos pressupostos teóricos abordados neste texto. Aquelas que apresentaram o termo "oficina temática/oficinas temáticas" sem o detalhamento da proposta foram excluídas. Ao final, foram encontradas vinte e cinco publicações (Quadro 2), sendo vinte e quatro dissertações e uma tese.

[16] Disponível em: https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#!/.

Quadro 2 – Teses e dissertações consultadas no catálogo da Capes

(Continua)

TESES E DISSERTAÇÕES
AMORIN, G. C. **Química verde no ensino médio integrado:** oficinas temáticas. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, 2021.
BACARIM, G. **Proposta metodológica para capacitação em educação ambiental por meio de oficinas temáticas e ambientes virtuais.** 2014. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2014.
BARCELLOS. C. P. **Desenvolvimento de Oficina Temática no Ensino de Química Utilizando Fibra da Casca do Coco como Tema Gerador**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino da Educação Básica) – Universidade Federal do Espirito Santo, Centro Universitário Norte do Espirito, São Matheus, 2019.
BORDONI, A. J. **O Potencial de uma oficina temática de Química para a promoção das Capacidades de Pensamento Crítico**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.
BORGES, A. G. M. S. **Avaliação de uma intervenção pedagógica para o ensino de pilhas e equilíbrio químico**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Natureza) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.
CALDERAN, A. P. **Ensino e aprendizagem de química a partir da temática "tintas para tatuagem"**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
CAÑAS, G. J. S. (2019). **Alimentos funcionais e seu potencial antioxidante: contextualizando a química na escola.** 2019. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.
DÁVILA, E. D. S. **As plantas de importância médica na perspectiva dos três momentos pedagógicos: desafios e potencialidades para o ensino de ciências**. 2018. Tese (Doutorado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.
DURAND, Â. M. **A química dos minerais: uma temática para investigar o papel da experimentação no ensino de química**. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
GURGEL, J. P. L. **Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na Aprendizagem de Conceitos Químicos por meio de Oficinas Temáticas**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2018.
KRAISIG, A. G. **A temática "cores" no ensino de química**. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
MARTINS, A. B. S. J. **Oficinas temáticas para o ensino de química em um curso de formação de professores**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Natureza) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.
OLIVEIRA, F. V. **Aromas:** contextualizando o ensino de química através do olfato e paladar. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
PAZINATO, M. S. **Alimentos:** uma Temática Geradora de Conhecimento Químico. 2012. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
REIS, M. T. **O ensino de química e arte por meio de uma abordagem interdisciplinar com a temática tintas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

(Conclusão)

ROMERO, T. L. **Oficinas temáticas como prática de construção do conhecimento científico no ensino de química: a busca por uma aprendizagem significativa e pelo desenvolvimento intelectual dos alunos**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Modalidades Física, Química e Biologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.
SCHLOTTFELDT, L. M. **Oficinas Temáticas e o Ensino de Ciências da Natureza em uma Escola do Campo do Município de Santa Maria, Rio Grande do Sul**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Franciscana, Santa Maria, 2018.
SILVA, J. A. S. **"Bioquímica na escola":** Uma proposta didática para aprendizagem significativa. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
SILVEIRA, M. G. S. **As contribuições das oficinas temáticas ambientais na formação de alunos do curso normal médio e nos anos iniciais do ensino fundamental**. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
SIMODA, D. N. **Oficina temática Solos: uma possibilidade para o ensino de Química para os alunos do Ensino Médio**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2021.
STORGATTO, G. A. **A "Química na Odontologia":** Contribuições para o Ensino. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
VANUCHI, V. C. F. **Corantes Naturais da Cultura Indígena no ensino de química.** 2019. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.
VOLPATO, V. C. **Laboratório de oficinas temáticas como espaço de formação e desenvolvimento de atividades promotoras de Pensamento Crítico no ensino de Ciências**. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2021.
WOLLMANN, E. M. **A temática atmosfera como ferramenta para o ensino de química.** 2013. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
ZAPPE, J. A. **Agrotóxico no Contexto Químico Social**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

Fonte: Autoria própria (2022).

Tendo em vista cada uma das publicações sobre oficinas destacadas no Quadro 2, apresentamos, na sequência, algumas características gerais que ilustram o desenvolvimento dessas pesquisas, como o ano de publicação e sua distribuição em escala nacional.

1.2.1 Características gerais das publicações

A primeira característica, sobre a qual nos detemos, é o ano de publicação das dissertações e teses. A Tabela 1 mostra a distribuição das publicações ao longo dos anos.

Tabela 1 – Número de teses e dissertações publicados por ano

PUBLICAÇÕES	**ANO**										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
DISSERTAÇÕES	01	01	01	03	01	02	02	05	04	01	03
TESES	-	-	-	-	-	-	-	01	-	-	-
Total	**01**	**01**	**01**	**03**	**01**	**02**	**02**	**06**	**04**	**01**	**03**

Fonte: Autoria própria (2022).

Podemos perceber que as primeiras pesquisas sobre oficinas encontradas no catálogo da Capes foram publicadas a partir do ano de 2011. Entretanto, cabe enfatizar que o material analisado resulta de publicações disponíveis *online*, ou seja, não podemos descartar a existência de publicações anteriores que possam ter ocorrido de forma impressa. Das vinte e cinco produções encontradas, cinco dissertações e uma tese foram publicadas no ano de 2017, quantidade relativamente maior que a apresentada nos demais anos. Além disso, observamos que no período de 2020 a 2021 foram desenvolvidas e ofertadas oficinas *online* de acordo com as possibilidades de ensino oferecidas durante a pandemia de COVID-19.

Também analisamos a distribuição das publicações sobre oficinas em escala nacional. Duas em cada três publicações provêm da Região Sul. A maioria foi realizada por pesquisadores do grupo de pesquisa Laboratório de Ensino de Química (LAEQUI), da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Braibante e Pazinato (2014) explicam que algumas das pesquisas do grupo LAEQUI estão relacionadas a temáticas de dissertações defendidas no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da UFSM. Os autores destacam que todas têm em comum o desenvolvimento dos conceitos de química por meio de temáticas, além da investigação sobre as concepções e a evolução do conhecimento dos participantes tanto em relação ao tema quanto aos conteúdos químicos. As Regiões Sudeste e Norte também apresentaram a ocorrência de trabalhos nesse escopo, embora não tão volumosa.

A seguir, apresentamos algumas pesquisas sobre oficinas, nas quais destacam-se determinadas características descritas anteriormente.

1.2.2 Aspectos importantes sobre as oficinas apresentados nas publicações

As primeiras pesquisas sobre oficinas foram produzidas por pesquisadores do grupo de pesquisa LAEQUI, que utilizavam temáticas para contextualizar o Ensino de Química. De acordo com Braibante e Pazinato (2014, p. 822),

> [...] o LAEQUI tem atuado em diversas linhas de pesquisa da área de ensino de Química, entretanto, tem dedicado grande parte de suas investigações a estudos relacionados com fatores que influenciam o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos científicos no nível médio. É dentro desta perspectiva, que o grupo desenvolveu várias pesquisas utilizando temáticas e investigando suas implicações na aprendizagem dos estudantes.

Um exemplo da produção do grupo LAEQUI foi a oficina temática "Composição química dos alimentos", aplicada a alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Santa Maria – RS. A oficina buscava relacionar os conteúdos de funções orgânicas e biomoléculas à composição química dos alimentos. Para problematizá-los, foi solicitado aos alunos que respondessem a um questionário com base no que eles já sabiam sobre os alimentos e, depois, respondessem a outro exercício de identificação de funções orgânicas nas fórmulas estruturais de compostos presentes na composição de alguns alimentos.

A partir desses questionamentos, foram abordados tópicos de química sobre a classificação, a estrutura e as características dos nutrientes. Um roteiro, na forma de esquema, foi entregue aos alunos para auxiliá-los na sistematização desses conhecimentos, que, por sua vez, foram aplicados em um questionário semelhante ao anterior, em conjunto com um experimento, de caráter investigativo para a identificação dos nutrientes nos alimentos, por meio de critérios como cor padrão e solubilidade em água. Segundo Pazinato (2012), a aprendizagem dos conteúdos científicos pelos alunos ocorre por meio da descoberta da química no seu cotidiano e da participação nas atividades experimentais propostas.

Outra produção do grupo LAEQUI foi a oficina temática "A Química das Cores", desenvolvida durante uma pesquisa de mestrado e aplicada a alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Santa Maria – RS. A pesquisadora Kraisig (2016) descreve que no primeiro momento da oficina ocorreu a aplicação de um questionário investigativo sobre a temática "cores". Ainda nesse momento, foi realizada a primeira atividade experimental com um prisma de vidro óptico e um espectroscópio caseiro. No segundo momento da oficina, foram apresentados alguns tópicos necessários para o entendimento da temática, como: espectro eletromagnético, disco de cores e corantes orgânicos. E no terceiro momento da oficina foram propostas duas atividades experimentais, de caráter investigativo, denominadas "Investigando a Química presente nas Cores", a partir das quais foi confeccionado um disco de cores utilizando alguns materiais alternativos, e nele foi observada a incidência de feixes de luz em diferentes amostras de corantes alimentícios. Os resultados desse conjunto de atividades auxiliaram os alunos na construção de conhecimentos científicos sobre luz, espectro eletromagnético, soluções iônicas, entre outros.

Vanuchi (2019) também discute a aplicação de uma oficina do grupo LAEQUI com o objetivo de contextualizar a temática "indígena" para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola de Santa Maria – RS. Num primeiro momento, foi entregue um questionário com questões abertas e fechadas para o levantamento das concepções prévias dos alunos sobre a cultura indígena e as tintas utilizadas na pintura corporal, no artesanato e na tecelagem por esses povos. Depois, foram contextualizados os conceitos referentes a essa temática, tais como: cultura indígena, composição das tintas, soluções, solubilidade, misturas, concentração e pigmentos naturais. Então, foi realizada uma atividade experimental, intitulada "Produção de tintas com pigmentos dos saberes indígenas", e nela os alunos tiveram a oportunidade de confeccionar as tintas com pigmentos naturais e aplicá-las em telas para pinturas. Os resultados da pesquisa são referentes ao preenchimento de um questionário "final", que foi entregue no começo da atividade experimental e apontam para a aquisição e assimilação de novos conhecimentos, por parte dos alunos, sobre tintas, soluções e cultura indígena.

Também ressaltamos a importância das pesquisas realizadas pelo projeto Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico da UEM. A orientação mais recente adotada pelo projeto voltava-se às oficinas planejadas intencionalmente para o desenvolvimento do PC. Nessa linha de trabalhos que apresentam oficinas potencialmente promotoras do PC encontra-se a pesquisa de Bordoni (2018), que discute as contribuições de uma oficina temática para a promoção das capacidades de PC. A oficina intitulada "Combustíveis: a Química em movimento" foi reformulada no contexto do projeto e aplicada a alunos do Ensino Médio de escolas públicas e privadas. Durante sua realização, foram abordados principalmente os conceitos de combustão e calor específico, por intermédio do tema combustíveis. Os resultados são referentes aos questionários utilizados na oficina e revelam um percentual positivo nas capacidades esperadas para cada questão, como a tomada de decisão e a exemplificação, assim como o desenvolvimento de outras capacidades que não eram esperadas, como a comparação de dois experimentos sobre a queima de combustíveis.

Volpato (2021) buscou compreender como se dá o processo de formação inicial e continuada para o PC de integrantes do projeto e como estes avaliam a formação desenvolvida no âmbito do projeto. Para isso, utilizou vários instrumentos, como a aplicação de questionário, para o levantamento das concepções prévias dos integrantes sobre PC e sua relação com as oficinas temáticas; gravação de áudio e vídeo dos encontros referentes às etapas de formação desenvolvidas no contexto da pandemia; texto reflexivo escrito pelos integrantes do projeto; e uma questão avaliativa aplicada ao final dos encontros. Os resultados apontam para a

reconstrução da compreensão de PC de alguns integrantes e a dificuldade de outros em avançar, especialmente na incorporação do PC no planejamento das oficinas temáticas.

As informações contidas nessas publicações serviram como subsídios para as atividades propostas nesta pesquisa. Nesse sentido, destacamos a importância das produções do grupo de pesquisa LAEQUI, que já desenvolveu diversas temáticas e investigações sobre suas implicações na aprendizagem dos alunos. Também podemos citar as ações do projeto "Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico" da UEM e suas contribuições para a área de ensino de química.

1.3 CONTRIBUIÇÕES DO PROJETO *LABORATÓRIO DE OFICINAS TEMÁTICAS DE QUÍMICA PARA O ENSINO BÁSICO*

O projeto "Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico" (Processo Nº 207/2007), realizado no âmbito da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Centro de Ciências Exatas/Departamento de Química (CCE/DQI), encontra-se em desenvolvimento desde 2007 e tem como objetivo elaborar, validar e desenvolver oficinas temáticas acerca de conhecimentos químicos em ambientes não formais, especificamente no laboratório de ensino do referido departamento, onde são recebidos alunos de nível fundamental, médio e superior (FREITAS *et al.*, 2019). O grupo é composto por graduandos e professores do Curso de Química Licenciatura (UEM) e mestrandos e doutorandos do Curso de Pós-Graduação para a Educação em Ciências e a Matemática (PCM/UEM), do qual a autora desta pesquisa faz parte, além de professores do Ensino Básico do Núcleo Regional de Educação de Maringá do Paraná (NRE/PR).

Dentre as ações efetuadas pelos integrantes do projeto de extensão, podemos citar a realização de estudos teóricos, planejamento e a elaboração de oficinas temáticas com base nos pressupostos teóricos abordados neste texto, como a contextualização, a experimentação e os três momentos pedagógicos como proposta metodológica. As oficinas são oferecidas para as escolas do ensino básico (setor público e privado) de Maringá e Região e compreendem um período de aplicação, de até três horas. Assim, optamos por discutir em cada oficina um conceito ou contexto específico, com o intuito de promover a reflexão, a curiosidade, o interesse e a busca por aprofundar aspectos e conteúdos da oficina.

Segundo Freitas *et al*. (2019), esporadicamente os integrantes do projeto são convidados para a aplicação das oficinas em eventos da área de Ensino de Química, como nas edições IV e V do Congresso Paranaense de Educação Química, realizados nos anos de 2015 e 2017; III

Semana de Química do Instituto Federal do Paraná – IFPR, de Paranavaí, no ano de 2017; Semana de Química do Colégio Dr. Gastão Vidigal, realizada nos anos de 2018 e 2019; além da atuação em atividades voltadas a alunos da graduação, como a "Quicalourada", destinada à recepção dos calouros do curso de Química (Bacharelado e Licenciatura) no início do ano letivo da UEM.

O grupo que compõe o projeto também tem participado de diversos eventos e publicado trabalhos completos, resumos e artigos em revistas na área de ciências da natureza. No Quadro 3, apresentamos o resumo de algumas oficinas temáticas publicadas em artigos e trabalhos do projeto *Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico*[17].

Quadro 3 – Oficinas temáticas publicadas em trabalhos do projeto

(Continua)

PUBLICAÇÕES	DESCRIÇÕES DAS OFICINAS
FRAGAL, E. H.; CIRINO, M. M.; SILVEIRA, M. P.; MAEDA, S. M. Laboratório de Oficinas temáticas de Química para o Ensino Básico: ensinando o tratamento de água de um modo contextualizado e interdisciplinar. In: **I Congresso Paranaense de Educação Química**, 2009, Curitiba. Anais do I Congresso Paranaense de Educação Química, 2009.	O Laboratório de Oficinas Temáticas busca possibilitar aos alunos da escola básica a percepção de que a química pode ser diferente, ou seja, os conhecimentos adquiridos na escola podem fazer sentido para suas vidas. Os alunos que participaram das oficinas gostaram da forma como foi abordado o tratamento de água e enfatizaram a importância da experimentação e das discussões, assim como muitos sinalizaram a compreensão sobre a necessidade de fazer o uso consciente da água potável.
SILOCHI, J.; OLIVEIRAS, E. D.; KIOURANIS, N. M. M.; RODRIGUES, M. A. Protetor Solar como um tema social no contexto do ensino médio. In: **II Congresso Paranaense de Educação Química**, 2011, Toledo. Anais do II Congresso Paranaense de Educação Química, 2011.	Visando investigar a utilização de reportagens como recurso didático no processo de ensino-aprendizagem, utilizou-se o tema "protetor solar" para identificar alguns conhecimentos referentes ao assunto. Esses conhecimentos se mostraram importantes na elaboração de uma oficina temática, sendo que alguns aspectos foram considerados: a relevância social do conteúdo; a pouca ênfase a essa questão no ensino médio; falta de informação de natureza científica sobre radiação solar e o acesso à internet.
FRANÇA, B. M.; JUNIOR, E. P.; TOMAZ, A. C. A.; RODRIGUES, M. A.; KIOURANIS, N. M. M. Oficinas Temáticas e confecção de um aquecedor solar com materiais recicláveis para trabalhar a educação ambiental com alunos de Ensino Médio. In: **1º Encontro do PIBID/UEM Licenciatura: Desafios e Perspectivas**, 2012. Maringá. Anais do 1º Encontro do PIBID/UEM Licenciatura: Desafios e Perspectivas, 2012.	Este trabalho contemplou oficinas temáticas que relacionam química e meio ambiente e confecção de um aquecedor solar com materiais recicláveis. Para construção do mesmo foi lançada uma campanha de arrecadação de garrafas PET e caixinhas de leite Tetra Pak. Este aquecedor era parecido com os aquecedores solares produzidos industrialmente, conhecido tecnicamente de sistema termo sifão. Posteriormente foi instalado na cozinha do colégio, com a finalidade de economizar energia elétrica, além de ter aplicação útil, socialmente, e contribuir para a redução da degradação do meio ambiente, por meio da reciclagem

[17] Algumas oficinas foram adaptadas de sequências didáticas desenvolvidas por participantes do PIBID.

(Continua)

REIS, J. M. C.; SILVA, M. S.; BRITO, V. B.; RODRIGUES, M. A.; KIOURANIS, N. M. M. A química do amor como ponto de partida no ensino de funções orgânicas no ensino médio. In: **1º Encontro do PIBID/UEM Licenciatura: Desafios e Perspectivas**, 2012. Maringá. Anais do 1º Encontro do PIBID/UEM Licenciatura: Desafios e Perspectivas, 2012.	O trabalho apresenta os resultados da elaboração e aplicação de uma oficina temática sobre "A Química do amor". Algumas perguntas acerca dos sentimentos dos apaixonados foram realizadas no sentido de estabelecer relações desses sintomas com os compostos químicos responsáveis por tais reações. As estruturas químicas de neurotransmissores, como a dopamina, adrenalina, noradrenalina e serotonina, foram abordadas para o ensino de funções orgânicas de forma geral e a função amina mais especificamente.
KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P.; Combustíveis: uma abordagem problematizadora para o ensino de química**. Química Nova na Escola**, v.39, n.1, p.68-74, fevereiro, 2017.	A partir da problemática dos combustíveis foram desenvolvidas ações por meio de música e experimento. Este trabalho foi planejado com base em uma experiência vivenciada por licenciandos do Curso de Química e posteriormente transformada em oficina temática.
SEMENSATE. A. P.; VOLPATO, V. C.; MOCHIZUKI, A. P. J.; SILVA, M. S.; SILVEIRA, M. P. Oficina temática do refrigerante: problematizando os conceitos de ácidos e a visão sobre a química. **ACTIO:** Docência em Ciências, v. 2, n. 3, p. 229-248, 2017.	Este trabalho foi desenvolvido com alunos recém-ingressos do curso de Química da UEM, durante uma atividade de boas-vindas aos calouros, no qual foram abordados os seguintes assuntos: o refrigerante no processo de desmistificação de concepções sobre ácidos; o refrigerante na problematização da visão sobre a química; e o refrigerante na relação da química com o cotidiano.
AGUIAR, J. A.; OLIVEIRA, T. A. L.; REIS, J. M. C.; SILVEIRA, M. P. De uma sequência didática a uma oficina temática: desafios do planejamento no âmbito de um subprojeto PIBID de Química. **ACTIO:** Docência em Ciências, v. 4, n. 1, p. 26-45, 2019.	Este estudo é um recorte de uma pesquisa maior de caráter qualitativo que busca investigar os desafios do processo de planejamento de uma Oficina Temática sobre o petróleo. Considerando diversos questionamentos para o desenvolvimento da oficina e elaboração de um estudo de caso como: *O que é petróleo? Como ocorre o vazamento no fundo do mar? Como limpar o petróleo em uma situação de vazamento como esta?*
OLIVEIRA, R. S.; ALVES, M. C.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, N. M. M. Alimentos: uma proposta de oficina temática para o ensino de Química. In: **XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XII ENPEC)**, 2019, Natal. Anais do XII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências, 2019.	A análise de rótulos pode despertar a sensibilização e criticidade do aluno acerca dos alimentos ingeridos no seu dia a dia (NEVES, GUIMARÃES, MERÇON, 2009). Neste trabalho foi pesquisado como a oficina temática aplicada em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, contribuiu para a interpretação e compreensão dos alunos acerca das informações contidas nos rótulos dos alimentos. Tópicos como composição, valor nutricional, além dos prazos de validade foram abordados.
FREITAS, A. V. F.; BLAQUES, D. C.; SILVA, F. C. S.; OLIVEIRA, T. A. L.; CEDRAN, J. C.; SILVEIRA, M. P. "O que tem nesse chá? ": Construção de uma Oficina Temática para o Ensino de Química. In: **3º Encontro Anual de Extensão Universitária UEM,** 2020, Maringá. Anais do 3º EAEX, 2020.	A partir do tema estruturador "Chás" foi elaborada uma oficina utilizando como problematização o ditado popular: a diferença entre remédio e veneno está na dose. Com objetivo de proporcionar um ambiente no qual os alunos sejam capazes de construir conhecimentos relacionados ao conceito químico de concentração de soluções, e possam estabelecer relações entre a quantidade consumida e a concentração dos componentes presentes nos chás.

(Conclusão)

RIBEIRO, M. E. M.; VOLPATO, V. C.; BORDONI, A. J.; PACHECO, V.; SCAPIN, A. L.; SILVEIRA, M. P.; SILVA, E. L. O desenvolvimento e validação de uma Oficina Temática de Química no contexto da pandemia do COVID-19. In: **3º Encontro Anual de Extensão Universitária UEM,** 2020, Maringá. Anais do 3º EAEX, 2020.	Este trabalho discorre sobre o processo de elaboração de uma oficina temática realizada de forma remota, pelo projeto de extensão "Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para a Educação Básica", no contexto da pandemia de COVID-19. Centrada na temática alimentos, principalmente ao que se refere a sua conservação, a oficina objetiva discutir aspectos sociais e econômicos, relacionados à saúde, bem como ensinar Química de forma contextualizada aos alunos.

Fonte: Autoria própria (2022).

O Projeto também tem se preocupado com o desenvolvimento de materiais para o ensino de química/ciências, como o capítulo do livro "Retos y perspectivas en la enseñanza de las ciencias", sobre a temática da química do amor. E, em 2022, contou com a publicação do livro *O Ensino de Química por meio de Oficinas temáticas*, que reúne alguns exemplos de estudos e investigações desenvolvidos por alunos e professores do Curso de Licenciatura, do Grupo de Pesquisa em Educação Química da UEM – GPEQUEM e do Programa de Pós-Graduação PCM/UEM. A publicação do livro teve o aporte financeiro do CNPq, por meio da participação na chamada MCTIC/CNPq Nº 05/2019 – *Programa Ciência na Escola* (KIOURANIS; SILVEIRA, 2022). Na Tabela 2, encontra-se o número de produções do Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico desde que começou[18].

Tabela 2 – Produção do projeto de oficinas (2007-2021)

TRABALHOS		**ARTIGOS**	**CAPÍTULO DE LIVRO**	**LIVRO**
RESUMO	**COMPLETO**			
27	14	4	1	1

Fonte: Autoria própria (2022).

Os dados da Tabela 2 demonstram a consolidação do Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico como projeto de ensino, pesquisa e extensão. Como ensino, tem proporcionado "[...] um espaço de formação permanente aos integrantes, [...] que têm contato com diferentes temáticas que possibilita discussões acerca dos aspectos químicos, o seu desenvolvimento por meio de atividades que contemplem uma estrutura dialógica de trabalho colaborativo" (FREITAS *et al.*, 2019, p. 3). Por exemplo, tem sido referência para os componentes curriculares de ensino do Curso de Química Licenciatura da UEM, uma vez que

[18] A lista completa com as produções do Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico encontra-se no Apêndice A.

alguns professores têm feito parceria com o projeto para apresentar aos licenciandos a dinâmica de uma oficina temática, como forma de complementar as atividades realizadas durante esses espaços formativos.

Enquanto pesquisa, tem incorporado ações de pós-graduandos, que auxiliam nas atividades formativas e desenvolvem pesquisas no âmbito do projeto. Nos últimos anos, foram defendidas e publicadas duas dissertações de mestrado (BORDONI, 2018; VOLPATO, 2021) dentro do PCM/UEM, além desta pesquisa, que busca investigar as potencialidades de uma oficina temática sobre *Gases dissolvidos em ambientes aquáticos*, em direção à sua problematização no contexto do Projeto *Laboratório de Oficinas Temáticas*, conforme será descrito nos capítulos seguintes.

2 A ABORDAGEM TEMÁTICA EM OFICINAS E O ESTUDO DOS GASES DISSOLVIDOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS

"Um tema deve considerar uma rede de relações que vai orientar, em situações de ensino, a discussão, a interpretação e a representação da realidade enfocada"
(MARCONDES, 2008, p. 16)

Estrutura do capítulo:
2.1 - A abordagem temática em oficinas.
2.2 – O estudo dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos.
2.3 – A abordagem conceitual dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos.

Neste capítulo, apresentamos uma discussão sobre a abordagem temática em oficinas. Ainda, discutimos o tema água e a relação com o estudo dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos. Por fim, destacamos alguns conceitos presentes na oficina temática desenvolvida nesta pesquisa.

2.1 A ABORDAGEM TEMÁTICA EM OFICINAS

A abordagem temática trabalhada nas oficinas encontra embasamento teórico em estudos de vários pesquisadores, como Marcondes (2008); Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) e Freire (2019). Estes têm se pautado numa perspectiva curricular, estruturada com base em temas, a partir dos quais são selecionados os conteúdos.

> Trata-se, então, de articular na programação e no planejamento, temas e conceitos científicos, sendo os temas, e não os conceitos, o ponto de partida para a elaboração do programa, que deve garantir a inclusão da conceituação a que se quer chegar para a compreensão científica dos temas pelos alunos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 212).

Assim sendo, não se justifica a ênfase em conteúdos sem a articulação com temas relacionados à realidade dos alunos. Para Marcondes (2008), o uso de temas não deve ser entendido apenas como pretexto para a apresentação de conteúdos, mas como possibilidade de abordar dados, informações e conceitos, de modo que se possa conhecer a realidade, avaliar situações e propor formas de intervir na sociedade. Em seu artigo *Proposições metodológicas para o ensino de Química: Oficinas Temáticas para a Aprendizagem da Ciência e o Desenvolvimento da Cidadania*, a referida autora relata um exercício realizado com professores de química em que foram levantadas diversas propostas para a problematização do tema

hidrosfera, como indicado na Figura 3, as quais poderiam constituir pontos de partida para a organização de oficinas temáticas.

Figura 3 – Propostas para problematização do tema “hidrosfera”



Fonte: Marcondes (2008, p. 70).

Conforme Marcondes (2008), a abordagem temática nas oficinas está amparada em referenciais teóricos como os três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018) e o tema gerador (FREIRE, 2019). De acordo com Freire (2019, p. 110), o tema é gerador porque, “[...] qualquer que seja a natureza de sua compreensão como da ação por eles provocada, contém em si a possibilidade de desdobrar-se em outros tantos temas”. Estes resultam de um processo denominado de investigação temática, constituído por cinco etapas: 1) Levantamento preliminar a respeito das situações vivenciadas pelos alunos por meio de conversas informais com seus familiares e a comunidade; 2) Análise de situações contraditórias que necessitam ser compreendidas pelos alunos e preparação de suas codificações apresentadas na etapa seguinte; 3) Estudo das situações que são realmente significativas para os alunos e a comunidade, sendo que, nesse processo, obtém-se o tema gerador; 4) Redução temática a partir da seleção de conhecimentos necessários à compreensão do tema 5) Trabalho com o tema em sala de aula, após a realização das etapas anteriores (AULER; DALMOLIN; FENALTI, 2009).

Ressaltamos que grande parte dos trabalhos, sobre temas publicados na literatura, fundamenta-se nos pressupostos freirianos. Um exemplo de estudo com tema gerador foi realizado por Quadros (2004), que apresenta uma proposta para o uso da água em uma visão mais rural e, por isso, difere de muitas propostas que usam a água como tema gerador do conhecimento químico, principalmente daquelas provenientes de centros urbanos. Para tal, organizou um mapa conceitual como forma de ser explorado o ciclo da água na natureza, a presença de água nas plantas, a água doce e salgada e reações químicas. Nesse sentido, sugere uma série de questionamentos que podem ser feitos pelos alunos ou induzidos pelo professor, cujas respostas exigem saberes interdisciplinares. A título de exemplo, mencionamos o seguinte questionamento referente à água: "[...] o oxigênio presente na molécula de água é o mesmo que nós respiramos? " (QUADROS, 2004, p. 29).

No mesmo trabalho, o autor ressalta que a água não é só a fórmula molecular H_2O. Assuntos importantes podem ser discutidos a partir dessa representação química, como: "Os peixes respiram o oxigênio presente na molécula H_2O ou o O_2 dissolvido na água? Em um rio poluído e, consequentemente, com pouco oxigênio, a molécula de água muda pela falta de oxigênio ou o oxigênio dissolvido nela é que diminui? " (QUADROS, 2004, p. 29). Isso se deve ao fato de que alguns estudos (CARMO; FREITAS; QUADRO, 2013) mostram que os alunos podem apresentar concepções diferenciadas sobre o papel do oxigênio em sistemas aquáticos, ou líquidos, e não reconhecem a presença do gás oxigênio como uma molécula diferente da água.

A abordagem da água compreendida nesse viés se sobressai em alguns aspectos, os quais evidenciam e justificam o fato de que "A água, como tema gerador, tem recebido uma atenção especial em termos de propostas. Talvez isto se dê pela sua abundância e distribuição no Planeta, talvez pela sua proximidade do aluno ou, quem sabe, por fazer parte das sugestões apresentadas pelos PCNs" (QUADROS, 2004, p. 26).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) representam um primeiro esforço para a implantação de temas transversais no currículo da Educação Básica. Na sequência, foram publicadas alternativas para a organização do currículo em nível médio, como as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ (BRASIL, 2002). Nessa perspectiva, os PCN+ apresentaram nove temas estruturantes[19], entre eles a

[19] Os temas estruturantes abordados no PCN+ são: Reconhecimento e caracterização das transformações químicas; Primeiros modelos de constituição da matéria; Energia e transformação química; Aspectos dinâmicos das transformações químicas; Química e atmosfera; Química e hidrosfera; Química e litosfera; Química e biosfera; Modelos quânticos e propriedades químicas.

“água”, que foi inserida no contexto dos conhecimentos relativos à química e à hidrosfera, a partir do estudo das diferentes águas naturais como recurso e fonte de materiais para a sobrevivência; o ciclo da água na natureza; assim como os problemas de diferentes naturezas, causados pela intervenção humana e por fenômenos naturais (BRASIL, 2002).

O referido documento também destaca que o tema favorece o desenvolvimento de competências como:

> [...] compreender o comportamento da água e de soluções aquosas nos ciclos naturais e no sistema produtivo; buscar informações, analisar e interpretar textos e comunicações referentes ao conhecimento científico e tecnológico associado a problemas da hidrosfera; avaliar, julgar e tomar decisões sobre a poluição e tratamento de água (BRASIL, 2002, p.101).

Além disso, o tema pode ser dividido em cinco unidades temáticas, a partir das quais podem ser desenvolvidas essas competências. A seguir, são citadas as unidades propostas pelos PCN+:

1. Composição da hidrosfera;
2. Água e vida;
3. A hidrosfera como fonte de recursos materiais;
4. Perturbações na hidrosfera produzidas por ações humanas;
5. O ciclo da água na natureza.

Essas unidades temáticas foram estruturadas para dar apoio aos professores em seu planejamento, na tentativa de subsidiar estudos alternativos que favoreçam o desenvolvimento de atitudes, valores e responsabilidades dos alunos. No entanto, precisamos considerar que são propostas de naturezas flexíveis, que podem ser adaptadas às realidades de cada sistema de ensino, estabelecendo-se como um modelo de referência e objetivos gerais para orientar a organização do trabalho docente. Assim, a abordagem temática da água pode oferecer ao professor a oportunidade de contemplar questões formalizadas em documentos oficiais e o estudo de uma gama de conceitos, como os gases dissolvidos em ambientes aquáticos.

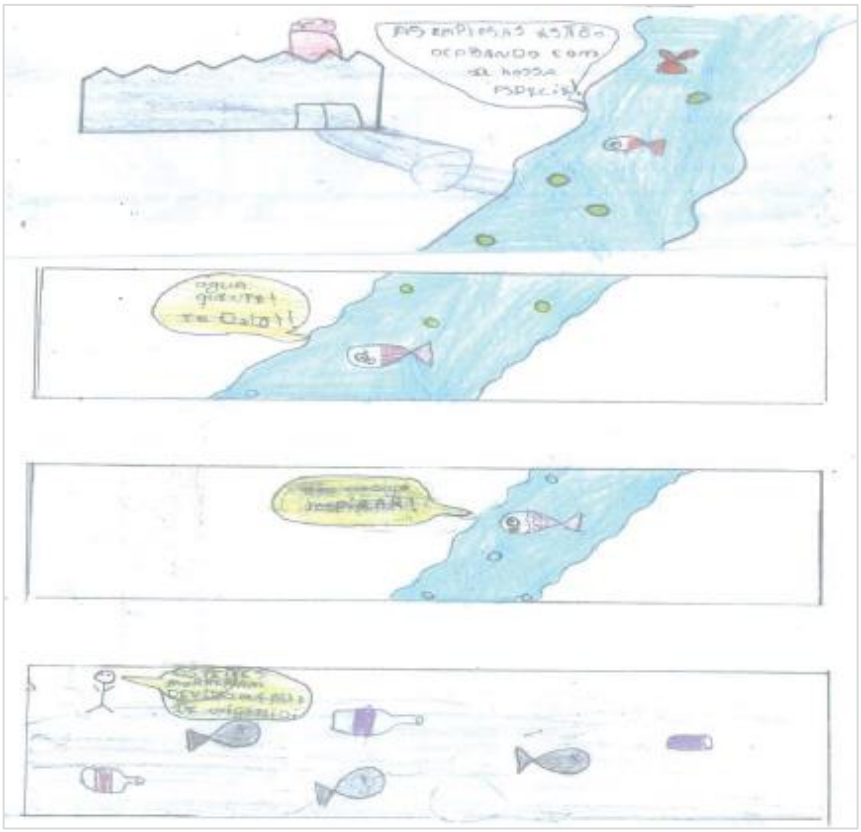
2.2 O ESTUDO DOS GASES DISSOLVIDOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS

Nesta pesquisa, em especial, destacamos o estudo da dissolução de gases em ambientes aquáticos, tema para o qual ainda há poucas opções de propostas. A título de exemplo de uma dessas propostas, mencionamos o capítulo do livro *Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar*, aprovado no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 21/22. O livro,

publicado por Mortimer *et al*. (2021), foi organizado em seis capítulos, nos quais são tratados temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental. No capítulo *Água em ambientes naturais e urbanos: usando a ciência para cuidar do planeta*, os autores abordam, especificamente, a temática que investigamos, evidenciando os parâmetros de qualidade da água presentes na legislação ambiental, a importância do oxigênio dissolvido na água e o equilíbrio químico.

É perceptível, nessa temática, uma aproximação com a abordagem CTS. Strieder (2012, p. 11) menciona que utiliza esse termo quando busca "[...] enfatizar que há diversas maneiras de abordar as relações CTS no contexto da Educação Científica". Na esteira de trabalhos que apresentam questões CTS, encontra-se a pesquisa realizada por Amaral (2016), que elaborou e aplicou uma sequência didática envolvendo reações químicas, sendo utilizada a abordagem CTS como forma de introduzir os conceitos químicos. A aplicação da sequência foi desenvolvida em uma escola da rede estadual de educação no estado do Rio Grande do Sul, em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio, em 2015. Dentre os instrumentos utilizados na constituição dos dados empíricos, destacamos a confecção de História em Quadrinho (HQ) como apresentado na Figura 4.

Figura 4 – HQ sobre poluição térmica da água



Fonte: Amaral (2016, p. 57).

A temática ambiental era evidenciada pelo problema da poluição e o apontamento da morte dos peixes, o que foi representado por meio de questões CTS. Para compreender a narrativa proposta na HQ, era necessário o conhecimento prévio de que a liberação de água aquecida no rio reduz a concentração do gás oxigênio na água (AMARAL, 2016).

No trabalho de Rodrigues (2010), intitulado *Abordagem CTS e Possibilidades de Letramento Científico no Projeto Água em Foco: Tipos Textuais e Linguagem Científica*, há uma preocupação com o letramento científico. Para isso, a autora analisa alguns textos produzidos por alunos de uma escola pública que participaram do projeto *Água em Foco*. O referido projeto objetivava discutir conceitos químicos por meio de uma abordagem CTS, que permeou as discussões sobre a qualidade da água em ambientes urbanos, partindo de uma situação local, que é a qualidade da água da Lagoa da Pampulha, considerada cartão postal da cidade de Belo Horizonte (MG). Um dos parâmetros físico-químicos para determinar a qualidade da água foi o oxigênio dissolvido. Dessa forma, foi abordado o conteúdo ambiental referente à importância do oxigênio para a manutenção da vida nos ambientes aquáticos, assim como a concentração de oxigênio dissolvido na água (RODRIGUES, 2010).

Na sequência, serão apresentados alguns conceitos que podem ser trabalhados por meio do tema, como as propriedades dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos.

2.3 A ABORDAGEM CONCEITUAL DOS GASES DISSOLVIDOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS

Dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos, o oxigênio e o gás carbônico são bastantes importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos.

O gás oxigênio (O_2) presente na água provém de duas principais fontes:

a) Atmosfera;
b) Fotossíntese das plantas aquáticas.

As perdas de O_2 são provenientes da:

a) Decomposição da matéria orgânica;
b) Respiração de organismos aquáticos, como os peixes e as plantas.
c) Atmosfera.

Assim, podemos dizer que as variações diárias de oxigênio estão diretamente associadas a essas variáveis, podendo, no entanto, envolver outros fatores, como a agitação que se dá pela ação dos ventos e correntes d'água (PEDROZO; KAPUSTA, 2010), a qual tem importante papel na distribuição do oxigênio no interior do ecossistema.

O gás carbônico (CO_2) na água é proveniente de diferentes fontes, quais sejam:

a) Processos de respiração dos peixes e das plantas aquáticas;

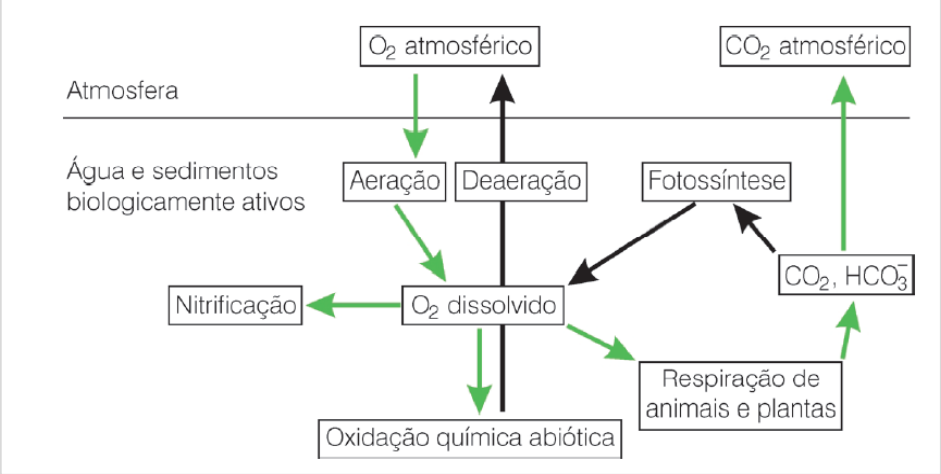
b) Decomposição de matéria orgânica;

As grandes variações diárias das concentrações de CO_2 ocorrem pelo fato de este gás estar diretamente envolvido com o processo de fotossíntese, que, por sua vez, está diretamente relacionado à intensidade luminosa (EESTEVES, 1998), como mostra a reação global que sintetiza a fotossíntese:

$$nCO_2 + nH_2O \xrightarrow{\text{LUZ}} (CH_2O)_n + nO_2 \qquad (1)$$

O padrão de distribuição de oxigênio em ambientes aquáticos é, via de regra, inverso ao gás carbônico (ESTEVES, 1998). Esses aspectos podem ser melhor representados por meio de um esquema do gás oxigênio e do gás carbônico em ecossistemas aquáticos, apresentados na Figura 5.

Figura 5 – Gás oxigênio e gás carbônico em sistemas aquáticos



Fonte: Connell, 1997 (*apud* Fiorucci e Benedetti Filho, 2005).

Como mencionado, a presença do oxigênio ocorre, em partes, pela dissolução do ar atmosférico na água, como podemos verificar na seguinte equação química:

$$O_2\,(g) \rightleftarrows O_2\,(aq) \qquad (1)$$

Por se tratar de uma substância simples, o gás oxigênio (O_2) é caracterizado como uma molécula apolar, pois não há diferença de eletronegatividade, logo o momento de dipolo é nulo

(SILVA, 2017). No entanto, quando a água se aproxima da molécula de oxigênio, esta fica momentaneamente polarizada e passa a interagir com a água. Ainda assim, a interação entre as moléculas é fraca, por isso a solubilidade do gás oxigênio na água é baixa. Isso faz com que as concentrações do gás na atmosfera e na água sejam diferentes.

O gás carbônico, por sua vez, reage com a água e pode apresentar-se sob diferentes formas químicas (SILVA, 2017), conforme representado a seguir:

$$CO_2\,(g) \rightleftarrows CO_2\,(aq) \quad (2)$$

$$CO_2\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftarrows H_2CO_3\,(aq) \quad (3)$$

$$H_2CO_3\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftarrows HCO_3^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \quad (4)$$

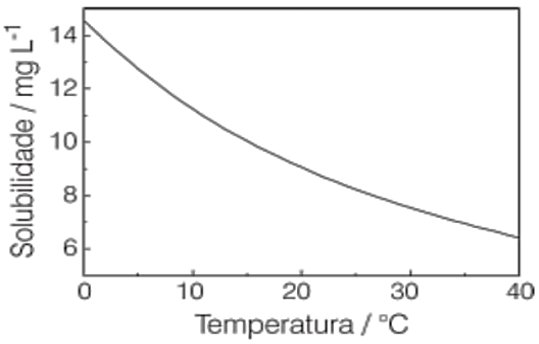
$$HCO_3^-\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftarrows CO_3^{2-}\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \quad (5)$$

Como se verifica nas referidas equações químicas, uma parte do ácido carbônico (H_2CO_3) formado na reação do gás com a água se dissocia em íons bicarbonato (HCO_3^-) e íons hidrônios (H_3O^+). E uma terceira reação resulta na liberação de íons hidrônios e na formação de carbonatos (CO_3^{2-}). A espécie predominante em solução depende do pH[20] e das constantes de equilíbrio: se o pH aumentar, o equilíbrio se desloca para a produção de carbonatos; por outro lado, em valores menores de pH (resultantes de processos de respiração dos peixes e das plantas), as demais espécies predominam.

É importante ressaltar que a concentração de oxigênio e gás carbônico em um corpo d'água é controlada por diversos fatores, sendo que a solubilidade é um deles. Santos e Mól (2005) definem a solubilidade como a quantidade máxima que uma substância pode ser dissolvida em um solvente específico a uma determinada temperatura. Portanto, a temperatura é um fator importante no controle de oxigênio dissolvido na água, tendo em vista que a quantidade de gás oxigênio diminui em função da elevação da temperatura (Gráfico 1). Acima dos 35°C, a concentração do gás se aproxima muito de seu ponto crítico, principalmente se considerarmos que muitos corpos d'água não se encontram saturados de oxigênio (CARAPETO, 1999). De acordo com Fiorucci e Benedetti Filho (2005), a quantidade de gás oxigênio que se dissolve a 0 °C é mais que o dobro da que se dissolve a 35 °C.

[20] "O pH é a medida da acidez ou alcalinidade relativa de uma solução. Seu valor para água pura a 25°C é igual a 7 e varia entre 0 a 7, em meios ácidos, e entre 7 e 14, em meios alcalinos. O pH é importante pois muitas reações químicas que ocorrem no meio ambiente são intensamente afetadas pelo seu valor" (BRAGA *et al*., 2005, p. 77).

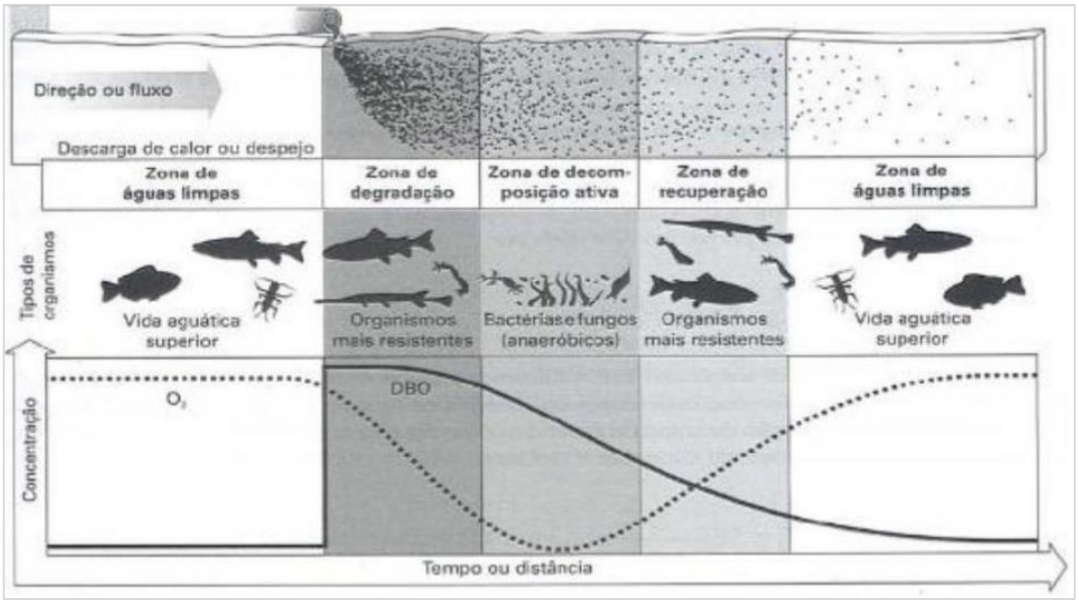
Gráfico 1 – Solubilidade $O_{2\,(g)}$ em água a várias temperaturas, na pressão atmosférica de 1 atm



Fonte: Fiorucci e Benedetti Filho (2005, p. 11).

Naturalmente das árvores, pela profundidade da coluna d'água (PEDROZO; KAPUSTA, 2010) ou, ainda, pode ser decorrente da poluição térmica, como o lançamento de efluentes industriais. Normalmente, há evidências no local que podem ajudar o investigador a determinar se um incidente ocorreu por causa natural ou ação antrópica. Quando a suspeita é de uma descarga de lançamento industrial, a amostra de água deve ser coletada próxima ao ponto do incidente (MEYER; BARCLAY, 1990). A partir do ponto de descarga, a quantidade de gás oxigênio disponível diminui, e apenas algumas espécies se adaptam a essas condições, atingindo um nível mínimo a uma certa distância desse ponto, denominada zona séptica, na qual se verifica a ausência de peixes. O gás oxigênio volta a subir para níveis normais à medida que essa distância aumenta e segue pela zona de recuperação até chegar em uma área que não foi poluída e apresenta elevada biodiversidade, como ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Lançamento de efluente

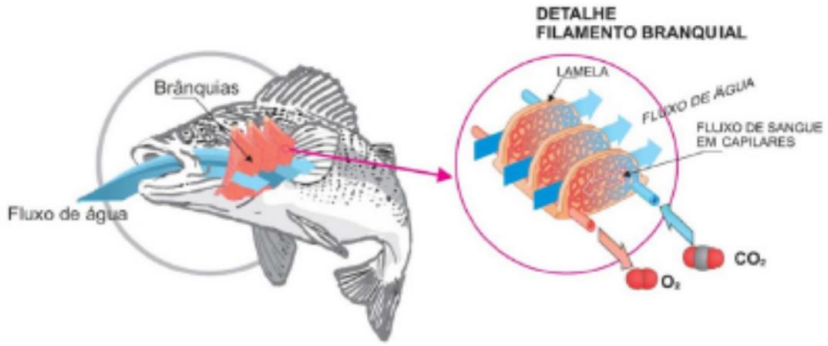


Fonte: Braga *et al.* (2005, p. 90).

A Resolução nº 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011) diz que a temperatura de efluentes lançadas em corpos d'água deve ser inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá ser superior a 3°C no limite da zona de mistura. Lembrando que acima dos 35°C a concentração do gás oxigênio se aproxima muito de seu ponto crítico. Cabe informar também que esse valor pode ter uma margem de tolerância, dependendo do tipo do corpo d'água e das espécies aquáticas que nele habitam, sendo que essa informação assume importância quando se considera que nos lagos próximos ao Equador a temperatura da água pode atingir até 38°C (ESTEVES, 1998). Isso não significa que os organismos aquáticos vão ter problemas para sobreviver nesses locais, pois normalmente estão adaptados a essas condições (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO 2005).

O sucesso das espécies pode depender dessa adaptação, e, em alguns casos, a respiração aérea é adotada, e o oxigênio passa a ser obtido diretamente do ar atmosférico (OLIVEIRA, 2003). Nos peixes de respiração exclusivamente aquática, as brânquias constituem o órgão responsável pela captação de oxigênio do meio, como destacado na Figura 7.

Figura 7 – Sistema respiratório desenvolvido por animais aquáticos



Fonte: Silva (2017, p. 828).

A diminuição da quantidade de gás oxigênio tem um efeito dramático para o bem-estar desses peixes, pois, se a temperatura da água oscilar, acarretará o aumento da sua velocidade de respiração, o que exigirá um alto custo energético desses animais (CARAPETO, 1999). Isso é notado, principalmente, em locais onde a poluição térmica é intensa e persistente por longos anos.

Inúmeros são os agravantes físicos, químicos e biológicos resultantes dessa alteração térmica imposta a um corpo d'água. Percebon, Bittencourt e Rosa Filho (2005) elencaram alguns deles:

- Redução do teor de oxigênio dissolvido;
- Alteração da solubilidade de diversas substâncias;

- Presença de barreira física para espécies de peixes migratórias;
- Choques térmicos que podem induzir à mortalidade de pequenos crustáceos;
- Redução na quantidade de água para abastecimento público, que induz a um aumento nos custos e dificulta seu tratamento;
- Mudanças genéticas, estresse e doenças debilitantes que encurtam a vida ou aumentam a mortalidade de espécies.

Levando-se em consideração todos os aspectos levantados até aqui, objetivamos, com esta pesquisa, investigar as potencialidades de uma oficina sobre o tema *Gases dissolvidos em ambientes aquáticos*, em direção à sua problematização por meio de ações vinculadas ao Projeto *Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico*.

3 O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

"Fazer uma oficina, escrever sobre a oficina, falar da oficina ou propor a utilização da oficina"
(ANDER-EGG, 1991, tradução nossa)

Estrutura do capítulo:
3.1 – A natureza, o contexto e os participantes da pesquisa.
3.1.1 – A atividade inicial, a reelaboração e o processo de ressignificação da oficina.
3.2 – A aplicação da oficina temática "O Caso do Rio Água Doce".
3.2.1 – Problematização Inicial (1º Momento Pedagógico).
3.2.2 – Organização do Conhecimento (2º Momento Pedagógico).
3.2.3 – Aplicação do Conhecimento (3º Momento Pedagógico).
3.3 – Empregando a Análise de Conteúdo na pesquisa.

Neste capítulo, apresentamos a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa; na sequência, descrevemos o contexto no qual a investigação foi conduzida, bem como a caracterização dos participantes. Para que o percurso seja compreendido em sua totalidade, também apresentamos as atividades, com seus devidos objetivos de investigação. Ao final do capítulo, manifestamos o método e os instrumentos para a compreensão dos resultados.

3.1 A NATUREZA, O CONTEXTO E OS PARTICIPANTES DA PESQUISA

De natureza qualitativa, a pesquisa objetivou investigar aspectos relacionados aos significados e às compreensões emergentes do contexto dos participantes investigados. Minayo (2009) considera que essa perspectiva de investigação explora um universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, as quais possuem um nível de realidade que não pode ou não deveria ser quantificado.

Tendo em conta que se trata de uma investigação qualitativa, torna-se pertinente analisarmos suas características. Bogdan e Biklen (1982) também discutem o conceito e descrevem cinco características gerais que configuram esse tipo de investigação:

I) A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte de dados e o pesquisador como seu principal instrumento, uma vez que supõe o contato direto do pesquisador com a situação que está sendo investigada;
II) Os dados coletados são predominantemente descritivos, portanto o pesquisador deve se atentar ao maior número de elementos presentes na situação estudada;

III) A preocupação com o processo tende a ser maior do que com o produto, pois o interesse do pesquisador ao estudar um determinado problema é verificar como ele se manifesta.

IV) As perspectivas dos participantes ou a maneira pela qual encaram as situações são foco de atenção especial do pesquisador;

V) A análise dos dados tende a seguir um processo intuitivo, por esse motivo o pesquisador não precisa se preocupar com as hipóteses antes do início do estudo. Contudo, o fato de não definir as hipóteses a *priori* não implica a inexistência de uma base teórica que oriente a análise dos dados.

Entre as várias formas que pode assumir uma pesquisa qualitativa, destacamos a pesquisa do tipo estudo de caso. Segundo Lüdke e André (1986), os princípios frequentemente associados ao estudo de caso se superpõem às características básicas da pesquisa qualitativa anteriormente descritas. Nesse sentido, Yin (2015, p. 17) construiu uma definição na qual outras características são destacadas: "[...] um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes". De acordo com o autor, pode haver pelo menos quatro tipos de estudo considerando a forma como a unidade análise de caso é proposta [21].

Assim, existem estudos que se configuram como estudo de caso único, a partir de um mesmo contexto, e podem se subdividir em dois tipos:

Tipo 1 – Estudo de caso único holístico, quando há apenas uma unidade de análise.

Tipo 2 – Estudo de caso único integrado, quando existe mais de uma unidade de análise para o mesmo caso.

Enquanto isso, os que se desenvolvem a partir de diferentes contextos podem ser configurados como estudos de caso múltiplos, subdividindo-se em dois tipos:

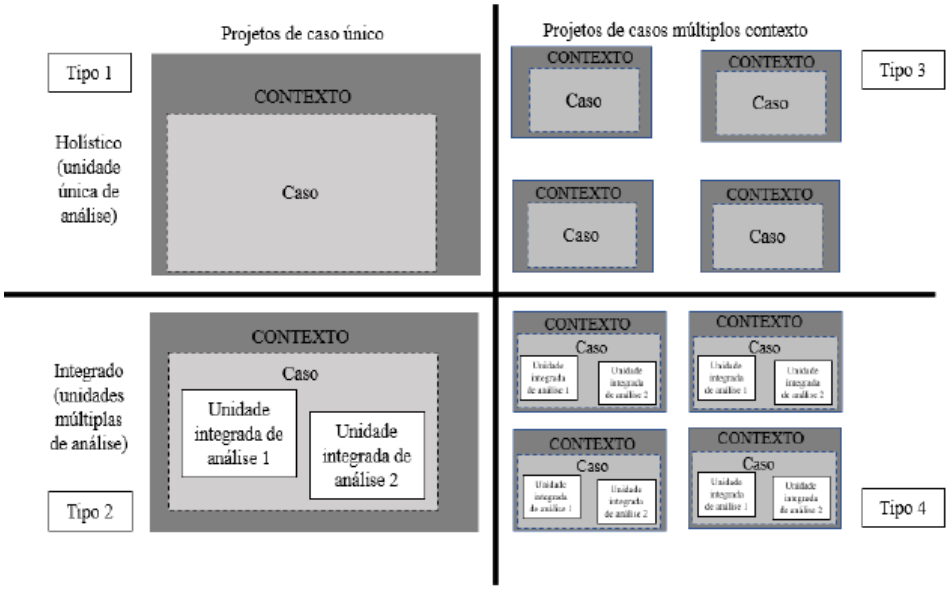
Tipo 3 – Estudo de caso múltiplo holístico, quando há apenas uma unidade de análise.

Tipo 4 – Estudo de caso múltiplo integrado, quando existe mais de uma unidade de análise.

A Figura 8 mostra as configurações que os estudos de caso podem assumir considerando a forma de análise.

[21] Uma unidade de análise pode ser um indivíduo, um grupo de pessoas, uma cultura, um sistema de trabalho etc. A definição da unidade de análise depende do objetivo que o investigador pretende atingir com o estudo de caso (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Figura 8 – Configurações de estudos de caso



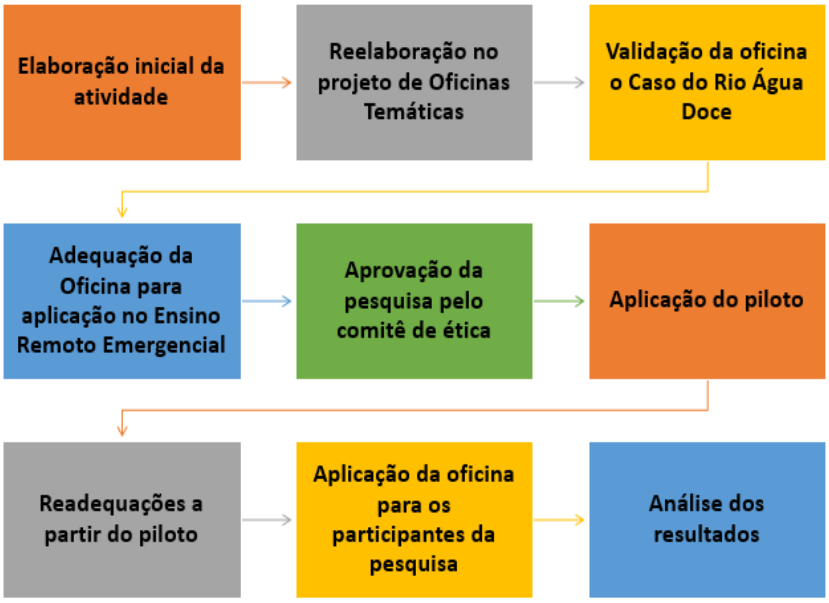
Fonte: Cosmos Corporation, adaptado por Yin (2015, p. 53).

Com base em tais pressupostos e em uma abordagem qualitativa (MINAYO, 2009), esta pesquisa se configura como um estudo de caso de tipo um, ou seja, um estudo de caso único holístico, visto que pertence a um único contexto, o Curso de Licenciatura em Química da UEM; concentra-se na investigação de um único caso, a partir da aplicação de uma oficina temática para dezesseis alunos matriculados e cursando o componente curricular *Química para o Ensino Médio I*, turmas 31 e 32, durante o segundo semestre do ano letivo de 2021. Trata-se de um dos componentes curriculares ofertados no primeiro ano do curso, voltado para a Química ensinada na Educação Básica, com o objetivo de discutir diferentes propostas para o ensino de conceitos químicos, considerando novas tendências para o ensino de química (Res. Nº 182/05-CEP)[22]. Cada participante da pesquisa assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO B), contendo as informações necessárias para sua participação nas atividades da pesquisa.

Na sequência, a Figura 9 mostra a organização do percurso metodológico da pesquisa, inclusive a etapa de elaboração da atividade inicial, que deu origem à oficina temática sobre gases dissolvidos em ambientes aquáticos, intitulada *O caso do Rio Água Doce*, no que diz respeito às atividades voltadas para a constituição do material empírico.

[22] UEM. Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão. Resolução nº 182, de 12 de dezembro de 2005. Aprova novo projeto pedagógico do curso de graduação em Química – habilitações: Licenciatura e Bacharelado. Maringá, PR. Disponível em: http://www.scs.uem.br/2005/cep/182cep2005.htm. Acesso em: 20 jan. 2022.

Figura 9 – Percurso metodológico da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2022).

Teceu-se, dessa forma, um caminho que parte da elaboração inicial da atividade à reelaboração do projeto e ao processo de ressignificação da oficina. É válido ressaltar que não pretendemos detalhar a atividade inicial, mas justamente lançar luz sobre o contexto no qual ela se produziu.

3.1.1 A atividade inicial, a reelaboração e o processo de ressignificação da oficina

Para o entendimento da atividade inicial e seus elementos constituintes, faz-se necessário contextualizar a idealização dessa oficina, iniciada no ano de 2016, quando a pesquisadora participou da elaboração de uma atividade sistematizada nos componentes curriculares de *Instrumentação para o Ensino de Química II* e *Pesquisa em Ensino de Química*, do Curso de Licenciatura em Química da UEM. Os componentes tinham como objetivo analisar criticamente, planejar e produzir materiais didáticos de natureza teórico-prática que embasam o trabalho docente (Res. Nº 182/05-CEP), bem como propor estudos e analisar tendências que influenciam as pesquisas no Ensino de Química, a partir da abordagem de temas relevantes para a elaboração, o desenvolvimento e a avaliação de projetos de pesquisa em ensino (Res. Nº 182/05-CEP). Nesse sentido, foi produzida uma atividade sobre o tema — gases dissolvidos em ambientes aquáticos — inspirada num artigo de Fiorucci e Benedetti Filho (2005) que destaca a importância do oxigênio em ambientes aquáticos.

Participaram desse momento de aplicação um grupo de alunos do Ensino Médio de escolas públicas pertencentes ao Núcleo Regional de Educação de Maringá, e, do ponto de vista da intervenção pedagógica, os resultados foram promissores e culminaram na produção de um artigo como alternativa para ensinar o conceito de solubilidade (ALVES *et al.*, 2018). A atividade teve como foco a Legislação Brasileira que proíbe o despejo de água, aquecida em rios, lagos e mares. Com isso, os alunos foram convidados a participar de uma atividade experimental que se desenvolveu em torno da seguinte situação-problema: *Por que pela legislação é considerado crime ambiental, lançar a água aquecida em Rios, Lagos e Mares, mesmo quando se trata de água limpa?*

Nesse sentido, os alunos responderam às questões referentes ao experimento, cujo objetivo foi observar alterações em amostras de água provocadas pela saída de gases. As respostas às questões e à situação-problema mostraram que a atividade promoveu a construção do conhecimento sobre solubilidade e que os alunos teriam usado a linguagem química para descrever algumas hipóteses sobre os fenômenos observados.

Então, no início do ano de 2020 surgiu a oportunidade, no contexto do projeto de extensão Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico, de ressignificar os estudos elaborados e apresentados anteriormente, no âmbito da graduação, transformando-os em oficina temática. Nessa perspectiva de trabalho, privilegiamos a orientação expressa no referido projeto, contemplando um viés voltado para o desenvolvimento do PC. Tendo em vista a necessidade de aprofundar os conceitos teóricos acerca do PC para subsidiar o trabalho de planejamento de uma oficina, foi realizado um momento de ação formativa com todos os integrantes do projeto (VOLPATO, 2021). Dentre as ações propostas, destaca-se a discussão sobre a compreensão de PC dos participantes do projeto e a elaboração de uma definição coletiva; a discussão sobre as definições teóricas de PC e a comparação com a definição elaborada pelo grupo; a discussão da Taxonomia de Ennis[23]; e exemplos de atividades promotoras de PC (Oficina Temática sobre combustíveis e Sequência Didática sobre plásticos), que fazem parte das dissertações de mestrado de duas integrantes do projeto (BORDONI, 2018; CHER, 2020)[24].

Concomitantemente a essas ações ocorreu a elaboração de três oficinas temáticas: Alimentos e conservantes (RIBEIRO *et al.*, 2020); Chás (FREITAS *et al.*, 2020) e Gases em

[23] Ennis (1987) propôs uma taxonomia que possibilita compreender a organização das atividades potencialmente promotoras do PC em cinco áreas: *clarificação elementar, suporte básico, inferência, clarificação elaborada* e a área denominada *estratégias e tácticas*.
[24] Para uma compreensão mais ampla dessas ações, podemos consultar Volpato (2021, Cap. III).

ambiente aquático (ALVES *et al.*, 2020). Para isso, os participantes do projeto foram divididos em três subgrupos, os quais contaram com a presença de pelo menos um professor do Ensino Superior (formador) para orientar no planejamento das oficinas. A fim de compreender melhor a construção dessas oficinas, é fundamental falar do contexto no qual nos inserimos no percurso: a pandemia de COVID-19 e a situação remota vivenciada ao longo de todo o ano letivo de 2020. Com isso, as reuniões que antes ocorriam no projeto de forma presencial passaram a acontecer remotamente, via *Google Meet*, com duração de aproximadamente três horas por semana. A utilização dessa plataforma evitou o encontro presencial, respeitando o isolamento social imposto pela pandemia.

Pelo fato de este estudo investigar as potencialidades de uma oficina temática sobre gases dissolvidos em ambiente aquático, discutiremos aqui somente as ações voltadas a ela. Num primeiro momento, os integrantes do subgrupo da oficina de gases[25] fizeram um levantamento dos principais pontos positivos e negativos da atividade inicial e realizaram estudos sobre estratégias de ensino que poderiam contribuir para sua reformulação. Após sua leitura, os integrantes do subgrupo apresentaram-na ao restante do grupo, de modo a promover reflexões conjuntas sobre as adaptações que poderiam ser feitas. Assim, consideraram os estudos realizados e as características de uma oficina, como:

a) *Relevância da temática*, que se manteve por propiciar ao aluno reflexões sobre a mortandade de peixes, a dissolução de gases em líquidos e questões atreladas à poluição térmica em ambientes aquáticos;
b) *Organização metodológica*, que requereu alterações quanto à forma em que estavam estruturadas as etapas, levando em conta os três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018);
c) *Reestruturação dos questionamentos elaborados para a aplicação da oficina*, para mobilizar capacidades de PC, em consonância com os objetivos do projeto.

Nesse sentido, incorporamos o PC nas diversas modalidades de questões[26] propostas para cada momento da oficina e as submetemos à avaliação dos participantes do projeto, tanto individual como coletivamente, para validar os aspectos conceituais envolvidos na situação. No campo conceitual, a proposta reformulada buscou integrar conhecimentos, de modo a

[25] O subgrupo da oficina sobre gases dissolvidos em ambientes aquáticos foi constituído por uma aluna da graduação em Química da UEM, uma aluna e um aluno da pós-graduação (Mestrado) e uma aluna da pós-graduação (Doutorado) do PCM/UEM, uma professora do Ensino Superior (UEM) e um professor do Ensino Superior da Universidade Federal de Sergipe (UFS).
[26] As questões e atividades que compõem a oficina temática encontram-se expressas no tópico 3.2 deste capítulo. Uma nova versão das atividades também foi publicada no livro "O Ensino de química por meio de oficinas temáticas" (KIOURANIS; SILVAIRA, 2022).

ultrapassar as fronteiras do conhecimento científico, já constituído, e buscar articulações com novos objetos de investigação que privilegiam outros saberes de natureza social, econômica e cultural. Dessa forma, visamos a uma abordagem contextualizada, com base em fatos, acontecimentos e dados que simulassem o caso sobre fiscalização ambiental.

Depois, a oficina foi validada novamente no âmbito do Grupo de pesquisa em Educação Química da UEM (GPEQUEM), por pesquisadores que analisaram a viabilidade da proposta para atender ao ensino remoto, implementado nos cursos de graduação da UEM, mediante aprovação do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão (CEP), de acordo com as possibilidades de ensino oferecidas durante a pandemia de COVID-19. Sobre as adaptações para o ensino remoto, é relevante tecermos algumas considerações, como: a interpretação do observável do que se passa no ambiente do Laboratório durante a aplicação da oficina, remotamente.

O Laboratório é substituído pelo quarto, sala, cozinha e outros espaços onde os alunos habitam; há exigência de um vasto conhecimento do professor e/ou pesquisador sobre as tecnologias, seus modos de funcionamento e a natureza da linguagem, considerando as falas e o uso de *chats*. Tudo isso num tempo que exigiu muitas tentativas, de maneira a melhor compreender os avanços e as dificuldades de cada aluno, no contexto remoto, na constituição de dados empíricos[27].

Com isso, foi necessária a incorporação de diferentes Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) durante o processo de desenvolvimento da oficina remota, de forma a atender às necessidades dos participantes da pesquisa. Apresentamos a seguir algumas das alterações realizadas na oficina temática *O caso do Rio Água Doce*, sendo que aquelas explicitadas no Quadro 4 referem-se, especificamente, às TDICs incorporadas às atividades da referida oficina, considerando o ensino remoto.

Quadro 4 – TDICs incorporada à oficina temática “O caso do Rio Água Doce”

Atividade	**TDICs**
Apresentação da situação simulada	*Slides* com fotografias e tabelas
Discussão sobre órgão ambientais	Vídeo animado
Questionários	*Google Forms*
Discussões coletivas	*Google Meet* e *chat*
Atividade experimental	*Slides* com fotografias
Retomada da problemática	*Slides* com figuras e gráficos
Elaboração do relatório de autuação	*Google Forms*

Fonte: Pereira *et al*. (2021, p. 2).

[27] Para a constituição da base empírica, o projeto de pesquisa foi adaptado e aprovado pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (COPEP) envolvendo Seres Humanos, da UEM (CAAE 45244721.9.0000.0104).

Buscamos, neste escrito, apresentar as contribuições oriundas da utilização de TDICs nas aplicações remotas da oficina. No que se refere à situação-problema, optamos por utilizar *slides* com figuras, tabelas e um vídeo de curta duração que fornecessem elementos e auxiliassem na resolução da problemática. A utilização de tabelas informativas teve como objetivo propiciar um maior envolvimento dos alunos com o caso ocorrido, chamando sua atenção por meio de aspectos visuais e acesso a informações que pudessem direcioná-los a encontrar pistas para a resolução da situação-problema.

Em relação às atividades escritas, utilizamos o aplicativo *Google Forms*, que pode ser usado como questionário ou formulário de registro, sendo muito útil em diversas atividades acadêmicas — nesse caso, em especial, para a obtenção de dados empíricos, facilitando o processo de pesquisa. A grande vantagem dos formulários *Google Forms* é a praticidade, pois, quando preenchidos, as respostas aparecem imediatamente, assim os alunos eram capazes de responder às atividades da oficina compartilhadas por meio de *links* e logo seus registros já ficavam armazenados no servidor do *Google*, podendo ser acessados pela pesquisadora.

Para os momentos de discussões coletivas, utilizamos o *Google Meet*, que consiste em um serviço de comunicação por vídeo desenvolvido pelo *Google*. Esse serviço inclui a possibilidade de encontros virtuais, pelo computador ou por dispositivos móveis, e conta com diversos recursos disponíveis, como gravação de vídeo, compartilhamento de tela e mensagem de texto por *chat*. No que diz respeito à atividade experimental, foram inseridas fotografias em uma apresentação de *slides* [28], a fim de ampliar as discussões e comparar as constatações dos alunos a respeito de cada etapa do experimento, que, ao empregar materiais acessíveis e de fácil manuseio, possibilitou que fosse realizado em casa. Contudo, há de se considerar as dificuldades que envolveram esse processo, principalmente quando se trata de atividades experimentais, pois, além da interação e da relação interpessoal, algumas variáveis não são passíveis de controle.

Em virtude das adaptações para o atendimento remoto, as TIDICs foram incorporadas à oficina e, posteriormente, aplicadas para os participantes da pesquisa com os instrumentos já adequados.

[28] Utilizamos as fotografias em uma apresentação de *slides* em conjunto no *Google Meet*, para evitar sobrecarga no sistema de comunicação ou problemas de conexão, como redução de qualidade, no caso de vídeos, ou mesmo na queda do serviço.

3.2 A APLICAÇÃO DA OFICINA TEMÁTICA *O CASO DO RIO ÁGUA DOCE*

A oficina temática supracitada foi fundamentada nos pressupostos teóricos de Marcondes *et al*. (2007), sob o viés da contextualização de temas sociais e da experimentação com foco em atividades investigativas e nos três momentos pedagógicos como proposta metodológica, conforme apresentado no Capítulo 1. A seguir, no Quadro 5, encontra-se uma síntese a respeito dos momentos pedagógicos que orientam a oficina metodologicamente e indicam a perspectiva dos conhecimentos necessários para a compreensão do tema.

Quadro 5 – Síntese dos três momentos pedagógicos perpassados durante a oficina

PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	**ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO**	**APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO**
Apresentação do tema por meio de uma conversa com os alunos sobre o desenvolvimento da oficina e questões introdutórias sobre órgãos ambientais e suas finalidades. Discussão sobre a situação problema e aplicação de um questionário para o levantamento das concepções prévias dos alunos a respeito do tema.	Convite para os alunos pensarem o experimento sob diferentes aspectos como poluição térmica das águas (Questionário pré-experimento). Realização do experimento sobre a influência da temperatura na solubilidade de gases em água, e discussão dos resultados a partir de um questionário pós-experimento.	Discussão da questão problema levantada inicialmente, para uma nova interpretação. Socialização dos conhecimentos a respeito da temática. Sistematização dos conhecimentos através da elaboração de um relatório final, que consiste na tomada de decisão sobre o conteúdo da oficina.

Fonte: Autoria própria (2022).

A oficina aconteceu no ambiente virtual do *Google Meet*, sendo realizada em seis encontros, organizados conforme os momentos pedagógicos.

3.2.1 Problematização inicial (1º momento pedagógico)

No primeiro encontro, foram realizadas questões para estimular a participação dos alunos na mobilização de conhecimentos fundamentais para a introdução da problemática referente à mortandade de peixes, cujos direcionamentos requereram investigações articuladas com conhecimentos procedimentais e questões operativas relacionadas aos órgãos ambientais envolvidos. Essa discussão teve como ponto de partida as respostas dos alunos para as questões disponibilizadas para registro individual no *Google Forms*, sendo intitulada *Questões Introdutórias (QI)*, conforme apresentamos no Quadro 6.

Quadro 6 – Questões introdutórias relacionadas a órgão ambientais

QUESTÕES INTRODUTÓRIAS
QI1 – *Vocês já ouviram falar do CONAMA? Qual seria, sob o seu ponto de vista, a função desse conselho?*
Objetivo: Introduzir e identificar concepções sobre os temas tratados na oficina, como órgãos de fiscalização e suas finalidades, a importância do mesmo, concepções de meio ambiente.

Fonte: Adaptado de Cedran *et al.* (2022, p. 118).

Tendo em vista as concepções prévias de cada aluno sobre órgãos ambientais, buscamos relacioná-las à situação-problema por meio da simulação de um caso, denominado *O Caso do Rio Água Doce*. Este pode ser considerado um caso estruturado, uma vez que indica, no contexto da narrativa, o problema a ser solucionado (SÁ, 2010). No Quadro 7, descrevemos a situação-problema com algumas das características de um bom caso, que, conforme pontua Herreid (1998), citado por Silva, Oliveira e Queiroz (2011, p. 186), "narra uma história; inclui diálogos; é curto; é atual; desperta o interesse pela questão; produz empatia com os personagens centrais; é relevante ao leitor; provoca um conflito; força uma decisão; tem utilidade pedagógica; e possibilita generalizações". As Questões Problema (QP) que compõem o caso foram respondidas no *Google Forms*, por escrito e de forma individual.

Quadro 7 – Descrição da situação-problema ancorada nas características de um bom caso

(Continua)

SITUAÇÃO PROBLEMA
"O caso do Rio Água Doce" O CASO TEM UTILIDADE PEDAGÓGICA Para tornar sua experiência mais interessante e divertida, gostaríamos que vocês se imaginassem como químicos ambientais que foram contratados recentemente pela prefeitura da sua cidade para atuarem como fiscais do meio ambiente. Assim, vocês receberam de seus supervisores o caso a seguir: A poluição térmica de um rio pode ser intencional ou acidental. A mais comum é a primeira forma, pois muitas indústrias e usinas despejam águas aquecidas em rios, lagos ou diretamente na rede de esgoto da cidade, sem o devido tratamento. Considerando que você é um fiscal O CASO NARRA UMA HISTÓRIA O CASO É ATUAL O CASO DESPERTA O INTERESSE PELA QUESTÃO O CASO PROVOCA EMPATIA COM OS PERSONAGENS

(Conclusão)

do meio ambiente e tenha percebido a morte de vários peixes em um rio importante de sua cidade, o Rio Água Doce, e que próximo a esse rio existem 3 tipos de empresas:

O CASO PROVOCA UM CONFLITO

a) Uma indústria têxtil;
b) Uma siderúrgica;
c) Uma usina de açúcar e etanol.

Questões Problema:

QP1 – O que pode ser feito para identificar a empresa responsável pelas mortes?

QP2 – O que pode ter provocado o aumento da mortandade de peixes?

O CASO FORÇA UMA DECISÃO

Fonte: Adaptado de Cedran *et al.* (2022, p. 105).

Mais informações foram fornecidas para que o caso fosse resolvido, como as análises da água (Tabela 3) realizadas em três pontos diferentes do rio, além dos parâmetros da legislação vigente sobre o lançamento de efluentes (Figura 10).

Tabela 3 – Amostras da água do Rio Doce em diferentes pontos

ANÁLISE PONTO 01 Km 27 do Rio Água Doce		**ANÁLISE PONTO 02 Km 50 do Rio Água Doce**		**ANÁLISE PONTO 03 Km 83 do Rio Água Doce**	
Parâmetros	Resultados	Parâmetros	Resultados	Parâmetros	Resultados
pH	6,3	pH	6,7	pH	6,4
Temperatura	27°C	Temperatura	42°C	Temperatura	30°C
Materiais sedimentares	0,05 mL/L	Materiais sedimentares	0,1 mL/L	Materiais sedimentares	0,09 mL/L
Materiais flutuantes	Ausentes	Materiais flutuantes	Ausentes	Materiais flutuantes	Ausentes
Arsênio total	0,02 mg/L	Arsênio total	0,5 mg/L	Arsênio total	0,45 mg/L
Chumbo total	0,01 mg/L	Chumbo total	0,5 mg/L	Chumbo total	0,3 mg/L
Cianeto	0,08 mg/L	Cianeto	1,0 mg/L	Cianeto	0,09 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L	Clorofórmio	0,09 mg/L	Clorofórmio	0,07 mg/L
Tolueno	1,0 mg/L	Tolueno	0,08 mg/L	Tolueno	0,06 mg/L

Fonte: Cedran *et al.* (2022, p. 105).

Figura 10 – Parâmetros do CONAMA para lançamento de efluentes

PARÂMETROS ESPECIFICADOS PELO CONAMA
Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis: I – Condições de lançamento de efluentes: • pH entre 5 e 9; • Temperatura: inferior a 40ºC, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC no limite da zona de mistura; • Materiais sedimentáveis: até 1mL/L; • Ausência de materiais flutuantes. II – Padrões de lançamento de efluentes: • Arsênio (As) total 0,5 mg/L • Chumbo (Pb) total 0,5 mg/L • Cianeto (CN) total 1,0 mg/L CN • Clorofórmio 1,0 mg • Tolueno 1,2 mg/L

Fonte: Adaptado de Brasil (2011).

Esses materiais de apoio foram utilizados pelos alunos para responderem às perguntas que auxiliaram na interpretação do problema — *Questões Auxiliares (QA)* —, as quais foram disponibilizadas para registro individual no *Google Forms*, sendo dispostas no Quadro 8. Além disso, vale relembrar a discussão inicial por intermédio de um vídeo de curta duração instruindo como acessar as informações disponibilizadas na internet a respeito do CONAMA, o qual possibilitou a dinamização das discussões realizadas sobre as atribuições deste conselho.

Quadro 8 – Questões auxiliares para interpretação do problema

QUESTÕES AUXILIARES
QA1 – *Vimos que o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) apresenta a resolução para o lançamento de efluentes. Nesse sentido, qual a importância de se estabelecer condições e padrões para o lançamento de efluentes?* **Objetivo:** Tornar explícitas ideias sobre que critérios podem ser adotados na análise de pontos do rio e que auxiliam na investigação da situação simulada pelos alunos. ***QA2 –*** *Considerando os parâmetros medidos na água, nos três pontos do Rio Água Doce, o que pôde ser considerado diferente do esperado?* **Objetivo:** Comparar os dados pela identificação de semelhanças e diferenças com os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA na tentativa de os alunos perceberem que a temperatura é o principal indicador do responsável pelas mortes dos peixes e assim prossigam investigando os efeitos da temperatura no controle da qualidade da água.

Fonte: Adaptado de Cedran *et al.* (2022, p. 122).

No segundo encontro, durante a problematização inicial, cada aluno respondeu às perguntas de um questionário, intitulado *Questionário Exploratório (QE)*. Este foi disponibilizado no *Google Forms*, sendo seu registro de forma individual. As questões, que tinham como finalidade explorar as concepções prévias dos alunos e estabelecer relações com a questão problema, estão descritas no Quadro 9.

Quadro 9 – Questionário utilizado para a exploração do tema

QUESTIONÁRIO EXPLORATÓRIO
QE1 – *Com base no que você sabe, o que é preciso considerar para que a água de um rio esteja poluída? Dê exemplos do que poderiam ter poluído o Rio Água Doce.* **Objetivo:** Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conceito de poluição, que resulte na alteração de relações ecológicas, considerando aspectos macroscópicos e microscópicos que possam ser exemplificados.
QE2 – *As plantas realizam um processo denominado fotossíntese, que pode ser definido como a forma na qual a energia solar é capturada e convertida em energia para elas. O que ocorre é que na presença de luz e clorofila, o gás carbônico (CO_2) e a água (H_2O) capturados pela planta são convertidos em glicose, havendo também a liberação de oxigênio (O_2) no ar. Logo, a fotossíntese é considerada um recurso fundamental para a manutenção da vida no planeta. Por outro lado, o processo de respiração dos animais ocorre de modo diferente, pois não é uma fotossíntese. Assim, como você explicaria e representaria por desenhos:* ***a)*** *A respiração dos peixes submersos em água?* ***b)*** *A fotossíntese das plantas aquáticas?* **Objetivo:** Expressar ideias sobre a necessidade da presença de gases dissolvidos em água envolvidos no processo de respiração dos peixes e a fotossíntese das plantas aquáticas.
QE3 – *Você considera que a poluição das águas poderia afetar o processo de respiração dos peixes e a fotossíntese das plantas no Rio Água Doce? Quais seus argumentos para justificar essa resposta?* **Objetivo:** Mobilizar ideias sobre como a poluição das águas afetaria os peixes e as plantas aquáticas estabelecendo relações com as explicações anteriores.

Fonte: Adaptado de Cedran *et al.* (2022, p. 120).

As atividades para esse momento foram elaboradas com o propósito de levar os alunos a pensar seu papel enquanto fiscais do meio ambiente e manifestar suas concepções acerca da temática em discussão.

3.2.2 Organização do conhecimento (2º momento pedagógico)

No terceiro encontro, foram abordados os conhecimentos necessários para a resolução do caso. Antes, foi disponibilizado um questionário para que os alunos realizassem o levantamento de hipóteses sobre a problemática, intitulado *Pré-Experimento (PE)*, respondido no *Google Forms* de forma individual. As perguntas que compõem esse questionário são apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10 – Questionário utilizado para o levantamento de hipóteses sobre a problemática

QUESTIONÁRIO PRÉ-EXPERIMENTO
PE1 – *Quando a elevação da temperatura de um corpo d'água for significativa, devido ao lançamento de efluentes, a mesma pode ser caracterizada como poluição? Justifique.* **Objetivo:** Estimular a elaboração de hipóteses sobre como a elevação da temperatura afetaria a qualidade da água, culminando em alterações ecológicas, de modo a utilizar conjecturas de base experimental para discussão da problemática.
PE2 – *O que pode acontecer com a água dos rios ao lhes serem lançados efluentes com temperatura acima do estipulado pela resolução?* **Objetivo:** Expressar hipóteses com base nas explicações relacionadas à poluição térmica das águas, as quais necessitem de ser verificadas experimentalmente.

Fonte: Adaptado de Cedran *et al.* (2022, p. 106).

Ao final dessa atividade, foi recomendado que os alunos realizassem um experimento em casa para verificar o comportamento de gases dissolvidos em água. Tratou-se de um experimento simples, inspirado em atividades divulgadas na literatura (GEPEQ, 1995; FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2008; ANTLER; ZUCOLOTTO; NICHELE, 2012). Para o procedimento, foi preparado, primeiramente, o indicador de repolho roxo utilizado em duas soluções-padrão. Na solução padrão 1, foram adicionados indicador e água gaseificada em um recipiente de vidro transparente; depois, repetiu-se o mesmo procedimento para o segundo recipiente, contendo água da torneira, identificado como padrão 2.

Nos próximos passos desse experimento, foram preparadas soluções idênticas aos padrões e investigado como a agitação e a temperatura influenciam na solubilidade dos gases em água. Assim, nos passos 1 e 2, cada uma das soluções (contendo indicador) foram agitadas por cinco minutos, enquanto nos passos 3 e 4 as soluções foram aquecidas por cerca de cinco minutos. Por fim, no passo 5, uma solução de água da torneira foi aquecida, com controle de indicador até a ebulição; após, foi resfriada a uma temperatura segura e, com um canudinho plástico, foi assoprada continuamente por aproximadamente cinco minutos.

No quarto encontro, foi disponibilizado outro questionário (Quadro 11), para que os alunos explicassem os fenômenos observados por meio de conceitos químicos, intitulado *Pós-Experimento (PO)*, disponível para registro individual no *Google Forms*.

Quadro 11 – Questionário utilizado para o estudo de conceitos químicos

QUESTIONÁRIO PÓS-EXPERIMENTO
PO1 – *O que poderia justificar a mudança da coloração verificada nos recipientes?* **Objetivo:** Inferir sobre as mudanças de coloração nos diferentes recipientes durante o processo de desgaseificação da água, seja pela alteração da concentração do soluto, principalmente o gás carbônico, e/ou a mudança no pH da solução. ***PO2 –*** *Represente os momentos indicados abaixo por meio de desenhos, de modo a justificar a mudança da coloração no:* ***a)*** *recipiente contendo água de torneira antes, durante e ao final de seu aquecimento.* ***b)*** *recipiente contendo água gaseificada antes, durante e ao final de seu aquecimento.* ***c)*** *recipiente contendo água de torneira fervida antes, durante e após o seu borbulhamento.* **Objetivo:** Inferir acerca da mudança de cores nas amostras em questão, de forma que sejam representadas as variações nas quantidades de gases, com o aquecimento. ***PO3 –*** *Seria possível, usando métodos experimentais, determinar a quantidade de gás dissolvido em uma garrafinha (510 mL) de água gaseificada e na mesma quantidade de água de torneira? Se sim, como? Se não, justifique.* **Objetivo:** Expressar hipóteses sobre uma possível forma de determinar a quantidade de gases dissolvidos em água a partir de modelos matemáticos e experimentais. ***PO4 –*** *Considerando os experimentos, represente, graficamente, a variação da quantidade de gás dissolvido na água gaseificada em função da temperatura.* **Objetivo:** Expressar graficamente como a temperatura influencia na concentração dos gases, utilizando os conceitos problematizados e elaborados anteriormente.

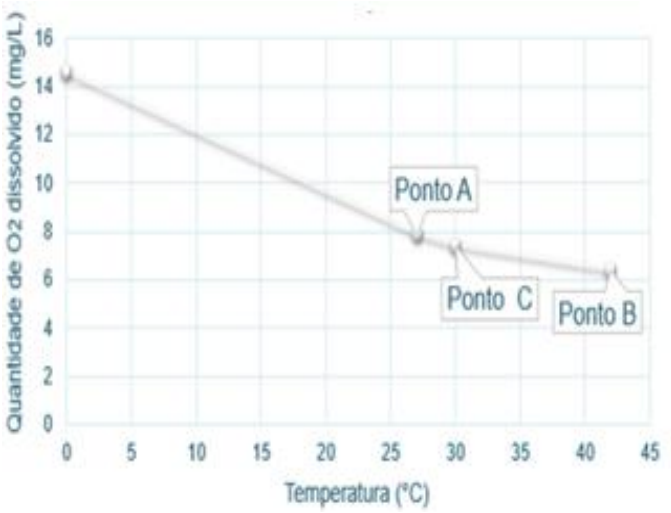
Fonte: Adaptado de Cedran *et al.* (2022, p. 111).

Neste momento, os alunos foram orientados sobre os conhecimentos necessários para a compreensão do caso e da problematização inicial.

3.2.3 Aplicação do conhecimento (3º momento pedagógico)

No quinto encontro, foram elaboradas atividades para que os alunos reinterpretassem as questões-problema, com base nos conhecimentos adquiridos. Para ajudá-los, foi disponibilizado o Mapa do Rio Água Doce (Figura 11), no qual consta a localização das empresas próximas ao rio. O Gráfico 2 apresenta a variação da quantidade de gás oxigênio em função da temperatura.

Gráfico 2 – Quantidade de gás oxigênio em função da temperatura



Fonte: Cedran *et al.* (2022, p. 113).

Figura 11 – Mapa do Rio Água Doce



Fonte: Cedran *et al.* (2022, p. 113).

Esses materiais de apoio foram utilizados pelos alunos para responder às questões da Retomada da Problemática (RT), as quais foram disponibilizadas para registro individual no *Google Forms*, sendo apresentadas no Quadro 12.

Quadro 12 – Retomada da problemática

RETOMADA DA PROBLEMÁTICA
RT1 – a) *O que se pode constatar sobre a quantidade de gás oxigênio dissolvido nos três pontos?* **Objetivo:** Reconhecer que a diminuição na quantidade de gases dissolvidos em função da elevação da temperatura na água do rio provocou o aumento da mortalidade de peixes mediante a compilação dos dados expressos no gráfico.
RT1 – b) *Sabe-se que em dias quentes, é comum alguns peixes subirem à superfície para respirar, aspecto que foi verificado no Rio Doce a partir do Ponto B. Além disso, percebemos que tem ocorrido a morte de peixes a partir do Ponto C, enquanto em outros pontos mais distantes, o mesmo não ocorreu. O que poderia justificar esse fato? Que relações existem entre os experimentos realizados e a morte dos peixes?* **Objetivo:** Tomar decisão a respeito do responsável pela morte dos peixes, relacionando a informação sobre o local onde os peixes foram encontrados e a investigação com base em critérios estabelecidos pela legislação.

Fonte: Adaptado de Cedran *et al.* (2022, p. 114).

Para ajudá-los nesse processo, foi promovido um momento de discussões referente à dissolução de gases em ambientes aquáticos, com o auxílio de uma apresentação de *slides* contendo figuras e gráficos. Por fim, no sexto encontro, os alunos elaboraram um relatório sobre como a empresa responsável pela morte dos peixes deveria ser autuada, considerando todas as informações levantadas, analisadas e a importância dada por eles a esse tipo de infração. Assim,

para a elaboração do referido relatório, foi utilizado um texto instrutivo que abarca a discussão a respeito da qualidade das águas dos rios brasileiros, descrito no Quadro 13.

Quadro 13 – Texto instrutivo sobre as condições de alguns rios brasileiros

CONDIÇÕES DE ALGUNS RIOS BRASILEIROS
Rios, lagos e córregos abastecem regiões inteiras e desempenham um papel fundamental na vida de todos, mas infelizmente a preservação dos cursos d'água está longe de ser a ideal. O Brasil não foge a essa realidade, de acordo com uma pesquisa desenvolvida pela ONG SOS Mata Atlântica, o cenário em 2020 não é nada favorável: apenas 5% dos rios brasileiros analisados foram considerados de boa qualidade, enquanto 15,8% receberam a classificação "ruim" e 0,4% estavam em situação crítica. O restante (78,8%), é considerado pela organização como regular, sendo que nenhum deles foi considerado ótimo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2020). Isso decorre de qualquer tipo de material ou substância que interfira no equilíbrio de um determinado ecossistema. Neste sentido, a degradação dos nossos rios possui várias causas, inclusive o comportamento inadequado ou conivente da população ao fazerem o descarte de seus resíduos de forma irregular. Nesse sentido, a constituição, "prevê como crime causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora, de modo que, se ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos, a pena pode ser de um a cinco anos de prisão (BRASIL, 1998) ". No caso de emissão de efluentes que possam "causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da biodiversidade a multa aplicada pode ser de R$ 5.000,00 (cinco mil reais) a R$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais) (BRASIL, 2008) ".

Fonte: Cedran *et al.* (2022, p. 115).

Assim, sabendo a causa e qual das empresas foi responsável pela elevação das mortes dos peixes, os alunos, em grupos, necessitavam explicar os motivos dos impactos ambientais sofridos, as penalidades aplicadas — baseados na legislação vigente — e, ainda, as sinalizações para mudanças no trabalho da geradora em relação ao problema ambiental (ALVES *et al*., 2020). O Relatório de autuação (RA) foi disponibilizado para o registro dos grupos no *Google Forms*, sendo apresentado no Quadro 14.

Quadro 14 – Relatório de autuação

RELATÓRIO DE AUTUAÇÃO
• Qual foi a empresa? • O que ocasionou a morte? • Quais foram as consequências observadas? • Quais os parâmetros usados para a autuação? • Qual o valor da punição? • Quais as possíveis adequações recomendadas para a empresa?

Fonte: Adaptado de Cedran *et al.* (2022, p. 116).

Finalizando a oficina com reflexões sobre as atitudes dos alunos no caso apresentado, por meio dos seguintes questionamentos: Como você atuou sobre o processo? Se isso ocorresse com você, de perceber alguém poluindo um rio, como agiria? Qual a importância dos cidadãos no processo de fiscalização do ambiente?

Após a aplicação da oficina, foi possível construir um quadro indicativo da participação dos alunos nas atividades (Quadro 15). Do total de dezesseis alunos que fizeram parte da pesquisa, seis participaram de maneira integral (+) em todos os momentos da oficina, ou seja, eles responderam às questões no Google Forms, enviaram fotos dos desenhos ou explicaram por escrito. Os demais alunos participaram de forma parcial (+/-) ou não participaram (-) de algumas atividades, pois responderam às questões de forma incompleta ou faltaram aos encontros.

Quadro 15 – Participação dos alunos nas atividades

ATIVIDADE / ALUNO	1º MOMENTO				2º MOMENTO		3º MOMENTO	
	QI	QP	QA	QE	PE	PO	RT	RA
01	+	+	+	+	+	+	+	+
02	+	+	+	+	+	+/-	+	+
03	+	+	+	+	+	+	+	+
04	+	+	+	+	-	-	+	+
05	+	+	+	-	-	+/-	+	+
06	+	+	+	+	+	+	+	+
07	+	+	+	-	-	-	-	+
08	+	+	+	+	+	+/-	-	+
09	+	+	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+	+	+
11	+	+	+/-	+/-	-	+/-	+	+
12	+	-	+	-	-	-	+	+
13	+	+	+	+	+	+	+/-	+
14	+	+	+	+	+	+	+	+
15	+	+	+	+	+	+/-	-	+
16	+	+	+	+	+	+/-	+	+

Fonte: Autoria própria (2022).

Conforme já foi sinalizado, a aplicação das atividades foi realizada em seis encontros com carga horária de 10h, que equivalem a duas aulas de 1h 40 min por semana em cada turma. A expansão no tempo de aplicação ocorreu devido à solicitação do professor, que aceitou realizar a pesquisa em suas aulas e sugeriu que as discussões fossem aprofundadas, por se tratar de alunos da graduação. Sendo assim, foi possível problematizar e explorar os conhecimentos dos alunos, identificados ao longo das aulas em um processo contínuo.

Com base nas atividades propostas e seguindo os princípios da pesquisa qualitativa (MINAYO, 2009), buscamos reconhecer as potencialidades e desafios que emergem do processo de aplicação remota da oficina temática para alunos do Curso de Licenciatura em Química da UEM. Para tal, utilizamos a análise de conteúdo, proposta por Bardin (2016)[29].

3.3 EMPREGANDO A ANÁLISE DE CONTEÚDO NA PESQUISA

O conjunto de questões que compõem a oficina constituiu-se como fonte de informações empíricas, considerando que, por meio de sua análise, podemos identificar e compreender quais as concepções dos participantes sobre o tema, o conhecimento químico e as contribuições da oficina investigada. As questões foram respondidas de forma individual e discutidas coletivamente, com exceção do relatório de autuação, que foi elaborado em grupo. Estas foram analisadas de acordo com os pressupostos da análise de conteúdo, de Bardin (2016), com o intuito de caracterizar e dar mais significados às respostas dos alunos e seus desdobramentos. A modalidade de análise será a temática, que na análise de conteúdo ocorre em três fases:

1) Pré-análise, diz respeito ao processo de organização do material a ser analisado, de modo a proceder à sistematização das ideias iniciais que dele emergem, além do estabelecimento das hipóteses e dos objetivos, bem como da preparação cuidadosa dos indicadores que irão fundamentar a etapa de inferência e interpretação final dos dados obtidos (BARDIN, 2016). Nessa etapa, as questões com as respostas dos alunos foram organizadas mediante a leitura flutuante, a partir da qual foi verificada a necessidade de analisarmos as questões em diferentes momentos, o que implica considerar todo o contexto investigado.

2) Exploração do material, na qual procedemos à codificação e categorização das informações contidas nas respostas das questões. A partir do processo de codificação, obtemos as unidades de análise, também chamadas de unidades de registro, as quais surgem de determinadas unidades de contexto (BARDIN, 2016), que, em nosso estudo, correspondem às respostas dos alunos.

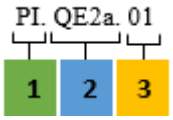
As unidades de contexto encontradas nas respostas dos alunos serão identificadas por códigos contendo um par de letras, que indicam o momento pedagógico; seguido por um par de letras, que indica a questão; mais o número acompanhado das letras [a, b, c], se houver; e o último par de número indica o aluno. Dessa forma, a atividade do primeiro momento do

[29] Obra originalmente publicada em 1977.

questionário exploratório — questão 2, letra a, respondida pelo aluno 1 — será identificada pelo código PI.QE2a.01, como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Exemplo de código para citação das respostas analisadas

Código



1 – O primeiro par de letras indica o momento pedagógico.

PI = Problematização Inicial;
OC = Organização do Conhecimento;
AC = Aplicação do Conhecimento.

2 – O segundo par de letras indica a questão + o nº acompanhado das letras [a, b, c], se houver.

QI = Questão Introdutória; QP = Questão Problema; QA = Questões Auxiliares;
QE = Questionário Exploratório; PE = Pré-Experimento; PO = Pós-Experimento;
RT = Retomada da problemática; RA = Relatório de Autuação.

3 – O último par de nº indica o aluno.

Fonte: Autoria própria (2022).

Assim, após a codificação das unidades de contexto, organizamos as categorias de análise, processo denominado de categorização (BARDIN, 2016). No primeiro momento da categorização, foram selecionadas as unidades de registro que representassem o significado expresso nas respostas dos alunos. Por um processo de comparação e constatação, foi possível perceber discussões semelhantes nas respostas dos alunos de ambas as turmas, nas quais, apesar de serem variadas, é possível notar algumas tendências, uma vez que os alunos estavam no primeiro ano do curso e não haviam se aprofundado na temática. E nesse movimento de aproximação das respostas, foram emergindo as categorias iniciais da pesquisa.

As categorias iniciais que apresentavam alguma semelhança, foram reagrupadas em categorias intermediárias, de maior abrangência em relação ao tema. Por sua vez, as categorias intermediárias, que apresentavam certa similaridade, foram reagrupadas em categorias finais, buscando uma aproximação com os momentos pedagógicos, para facilitar o movimento de interpretação dos dados. Da análise das categorias finais, emergiram três focos temáticos:

I) Refletindo sobre formas de solucionar o caso do Rio Água Doce;
II) Conhecimentos necessários para a compreensão das situações problematizadas;
III) Análise e interpretação das situações problematizadas.

Tais focos de interesse foram fundamentais para a sistematização dos resultados e a discussão do tema abordado na oficina.

3) *Tratamento dos resultados*, inferência e interpretação dos dados brutos obtidos, em que foi realizada a interpretação das informações obtidas durante a análise em articulação com os objetivos da pesquisa.

Nesse sentido, utilizamo-nos da análise de conteúdo para a sistematização dos resultados e a discussão de temas abordados como preceito interpretativo, como apresentado no Capítulo 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

"Uma oficina pode ser, também, desencadeadora de conteúdos quando o professor pretende explorar mais o tema"
(MARCONDES, 2008, p. 35)

Estrutura do capítulo:
4.1 – Contextualizando o caso do Rio Água Doce
4.2 – Refletindo sobre formas de solucionar o caso do Rio Água Doce
4.2.1 – Um olhar voltado para questões operativas relacionadas a órgãos ambientais envolvidos
4.2.2 – Propostas para investigar a mortandade dos peixes no Rio Água Doce
4.3 – Conhecimentos necessários para compreensão das situações problematizadas
4.3.1 – Conceitos e indicadores de poluição da água
4.3.2 – A influência da temperatura da água
4.3.3 – A importância dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos
4.4 – Análise e interpretação das situações problematizadas
4.4.1 – O que aconteceu com os peixes?
4.4.2 – Como a empresa responsável deve ser autuada?

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos na aplicação remota da oficina temática *O caso do Rio Água Doce*, com o objetivo de reconhecer as potencialidades da oficina para a abordagem do tema e dos conceitos químicos. A análise dos dados foi dividida em três focos fundamentais, para a sistematização dos resultados e a discussão do tema contextualizado na oficina.

4.1 CONTEXTUALIZANDO O CASO DO RIO ÁGUA DOCE

Na introdução da oficina, apresentamos a problemática referente à mortandade de peixes no Rio Água Doce. Concordamos com Guzmán (2016, p. 178) quando afirma que esse tipo de situação, "[...] embora seja um fato extraordinário e terrível não é um acontecimento isolado, já que ocorre no mundo todo e tende a repetir-se nos mesmos locais em decorrência dos fatores permanentes que a provocam". A quantidade de peixes mortos pode variar entre algumas centenas a vários milhões, dependendo da dimensão do corpo d'água e do fator desencadeante do evento (GUZMÁN, 2016).

Considerando que a maioria dos casos de mortandade de peixes é observada após a ocorrência do fator desencadeante do evento, geralmente é necessário conduzir uma investigação. Meyer e Barclay (1990) destacam que averiguar a causa da morte de peixes pode

ser semelhante à investigação de Sherlock Holmes. Ao comparar o caso com as investigações desse personagem de ficção, os autores insinuam que:

> Investigar uma mortandade de peixes é como fazer um trabalho de detetive, o que requer a mesma perspicácia, observações e uma mente inquisitiva. E ainda, familiaridade com a literatura de investigações de mortandade de peixes, e o conhecimento dos procedimentos envolvidos. Além disso, deve-se estar por dentro das questões operativas e administrativas ligadas a órgãos ambientais envolvidos (MEYER; BARCLAY, 1990, p. 4).

Nesse sentido, quando pensamos na abordagem desse tipo de problemática no contexto de ensino, como proposto na oficina remota desenvolvida na presente pesquisa, "[...] ao levarmos algum tipo de investigação problematizada para sala de aula estaremos ofertando aos estudantes a oportunidade de desenvolver habilidades e competências do fazer e pensar científico" (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 26). Assim, em contato com esse tipo de situação, o aluno é instigado a pensar em etapas importantes para a resolução do problema da mortandade de peixes, o que será apresentado e discutido na sequência.

4.2 REFLETINDO SOBRE FORMAS DE SOLUCIONAR O CASO DO RIO ÁGUA DOCE

O primeiro foco de análise deste estudo parte da problematização inicial referente à mortandade de peixes, cujos direcionamentos requerem investigações articuladas com conhecimentos procedimentais e questões operativas relacionadas a órgãos ambientais envolvidos. Em consideração a isso, cabe mencionarmos que a oficina desenvolvida na presente pesquisa oportuniza aos alunos, em um primeiro momento, justamente refletir se conhecem ou não algum órgão ambiental. Assim, destacamos que no contexto brasileiro há diversos órgãos que compõem o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, sendo um deles o CONAMA. Deste modo, consideramos relevante o debate sobre esse órgão ambiental.

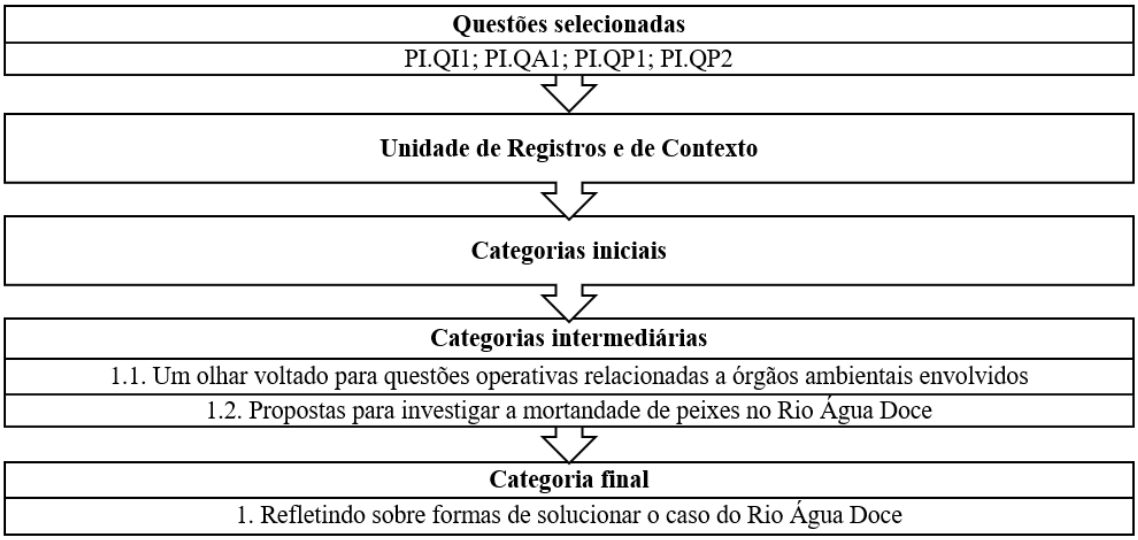
Nesse contexto, pontuamos que no início da oficina os alunos foram questionados se conheciam o CONAMA e sua finalidade[30], com o objetivo de provocar a especulação de ideias e o estabelecimento de relações a respeito do Conselho ou órgãos dessa natureza. No entanto, considerando que a referida oficina é formada por um conjunto de atividades, procuramos

[30] O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA –, tendo sido instituído pela Lei Nº 6.938/81 e integrando o Poder Executivo, sendo presidido pelo Secretário Nacional do Meio Ambiente. Essa lei foi regulamentada pelo Decreto Nº 99.274/1990, com alterações posteriores pelo Decreto Nº 3.942/2001, disciplinando as competências do Conselho (BRASIL, 2012).

verificar em que outras situações e questionamentos era necessário o conhecimento sobre órgãos ambientais. Tendo em vista as concepções prévias dos alunos acerca do CONAMA, buscamos relacioná-las à problemática discutida na oficina, apresentada no formato de um caso simulado, podendo exemplificá-la da seguinte maneira: um aluno é contratado para ser fiscal do meio ambiente e, tendo percebido a morte de vários peixes em um rio importante de sua cidade — o Rio Água Doce — e a proximidade desse rio a três tipos de empresa — indústria têxtil, siderúrgica, usina de açúcar e etanol —, deverá indicar algumas soluções para detectar o responsável e a causa do problema. Ele poderá analisar amostras de água, verificar o descarte produzido pela empresa, compará-lo com a legislação, entre tantos outros procedimentos para chegar a uma resolução.

Isso posto, buscamos, nas respostas dos alunos para o problema, a identificação das unidades de registro, as quais entendemos representar os significados que deram origem às categorias iniciais, intermediárias e final referentes a formas de solucionar o problema, seguindo os pressupostos da análise de conteúdo (BARDIN, 2016). Assim, o processo de análise das concepções prévias e das compreensões apresentadas pelos alunos sobre o problema pode ser sintetizado na Figura 13.

Figura 13 – Sistematização do processo de análise dos resultados sobre formas de solucionar o problema



Fonte: Autoria própria (2022).

Com a significação das categorias, realizamos o estabelecimento de relações referentes às respostas dos alunos, a fim de solucionar o problema da mortandade de peixes, e

conseguimos também verificar a ocorrência quanto à frequência desses registros nas respostas dos alunos, o que será discutido na próxima seção.

4.2.1 Um olhar voltado para questões operativas relacionadas a órgãos ambientais envolvidos

Dos aspectos identificados inicialmente nas respostas dos alunos acerca de órgãos ambientais, destacamos as ideias relacionadas à proteção do meio ambiente, a fiscalização e outras questões ambientais. Em seguida, apresentamos o Quadro 16, com alguns fragmentos das respostas analisadas, para exemplificar as categorias iniciais e intermediárias relacionadas a órgãos ambientais e sua relevância para compor a categoria final sobre formas de solucionar o problema.

Quadro 16 – Processo de categorização das respostas prévias dos alunos para questões operativas relacionadas a órgãos ambientais envolvidos

EXEMPLOS DE UNIDADES DE REGISTRO	**CATEGORIAS INICIAIS (1.1)**	**CATEGORIAS INTERMEDIÁRIAS (1.1)**
[(...) *propor algo relacionado ao meio ambiente para que ocorra sua preservação*] PI.QI1.16 [(...) *proteger a fauna e a flora e o meio ambiente*] PI.QA1.10	Proteção ambiental (15)	Um olhar voltado para questões operativas relacionadas a órgãos ambientais envolvidos (32)
[(...) *órgão que toma as decisões necessárias referentes às fiscalizações*] PI.QI1.11 [*É importante ter essa fiscalização*] PI.QA1.08	Fiscalização ambiental (14)	
[*Um conselho que irá discutir sobre as questões burocráticas e legislativas*] PI.QI1.04	Outras questões ambientais (3)	

Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com as respostas dos alunos, apresentadas no Quadro 16, podemos identificar suas compreensões a respeito de órgãos ambientais e a relevância em proteger e fiscalizar o meio ambiente, entre outras questões ambientais. Salientamos que discussões sobre questões ambientais ganharam destaque no contexto de emergência planetária, e a preocupação com o meio ambiente vem aumentando nos últimos anos. Uma pesquisa realizada pelo Ipsos[31], em 2020, revelou que para a maioria dos brasileiros a proteção do meio ambiente deve ser uma das

[31] Instituto Ipsos – Especialista em Pesquisa de Mercado e Opinião Pública. Disponível em: https://www.ipsos.com/pt-br/para-85-dos-brasileiros-protecao-do-meio-ambiente-deve-ser-prioridade-na-retomada-pos-pandemia. Acesso em: 30 maio 2022.

prioridades do governo na retomada do pós-pandemia. Um dos motivos pelos quais os entrevistados enxergam a relevância da proteção do meio ambiente no contexto atual pode estar relacionado a problemas como degradação ambiental, poluição, desmatamento e mudanças climáticas, que representam uma séria ameaça à saúde e ao bem-estar.

Os problemas descritos acima nos permitem perceber a gravidade da situação em que nos encontramos com relação ao meio ambiente. Assim, não é surpreendente que, diante do quadro alarmante da pandemia, tenha ocorrido uma preocupação da sociedade nesse aspecto. Em virtude dessa situação, é importante que tanto o poder público como a sociedade possam agir para tentar revertê-la, assegurando o principal objetivo, que é proteger o meio ambiente.

Entre os órgãos que tiveram mais representatividade da sociedade na tomada de decisões que envolvem matéria ambiental está o CONAMA (BRASIL, 2012). Entretanto, nos últimos anos, está ocorrendo um processo de desconstrução desse arcabouço legal de proteção ambiental. Em 28 de maio de 2019, houve uma reestruturação do CONAMA (SANTOS; FURLAN, 2021), que reduziu drasticamente o número de conselheiros — de 96 para 23 representantes — e afetou principalmente a participação da sociedade civil no Conselho[32].

Considerando a relevância desse órgão, realizamos o seguinte questionamento aos alunos por meio do *Google Forms*: **PI.QI1 – Vocês já ouviram falar do CONAMA? Qual seria, sob o seu ponto de vista, a função desse conselho?** Cabe lembrar que não havíamos explicado nada sobre o assunto, nem feita qualquer intervenção na oficina, pois optamos por captar as ideias iniciais dos alunos sobre esse órgão nesse momento inicial. Observamos, assim, tentativas de explicações dos alunos sobre as atribuições desse órgão, mesmo sem conhecê-lo: apenas um aluno, dos dezesseis participantes, não soube explicar; e três alunos disseram que já tinham ouvido falar sobre o Conselho. Apesar de ser uma temática relativamente nova para a maioria dos alunos, visto que não haviam estudado especificamente esse assunto, eles demonstraram interesse em participar da discussão, sendo algo importante nesse primeiro contato e que pode ter despertado a vontade e a curiosidade de saber mais sobre o tema.

Ao avaliar as respostas, as quais estão presentes na categoria "proteção ambiental", podemos destacar a compreensão dos alunos de que o Conselho teria por função proteger, cuidar e preservar o meio ambiente. A fim de se ilustrar as respostas identificadas nessa subcategoria, nós as exemplificamos a partir dos seguintes excertos: *Penso que o CONAMA é algum órgão que trabalha com o intuito de preservar o meio ambiente* (PI.QI1.02); *Como se trata sobre meio ambiente, acredito que terá alguma coisa com relação a cuidados com o meio*

[32] A redução de conselheiros do CONAMA ocorreu por meio do Decreto N°9.806/2019, do Ministro do Meio Ambiente que preside o Conselho (SANTOS; FURLAN, 2021).

ambiente, sobre coisas que devemos ou não fazer, atualmente, essa questão ambiental é bem comentada então creio que seja sobre essas preocupações mesmo (PI.QI1.05); *Regulamentar as ações envolvendo o meio ambiente com o objetivo de proteger as áreas de risco* (PI.QI1.12); *Estabelecer normas relacionadas ao cuidado com o meio ambiente* (PI.QI1.11); *Criar leis para proteger o meio ambiente* (PI.QI1.08).

Essas respostas demonstram, de maneira generalizada, as possibilidades de atuação do Conselho em preservar e cuidar do ambiente, justificadas pelos alunos por meio de suas concepções prévias (MARCONDES, 2008; SOUZA *et al.*, 2013). As concepções prévias dos alunos constituíram-se de elementos fundamentais para o direcionamento da aplicação da oficina; estas, quando adequadamente exploradas, se apresentam como ponto de partida para a reelaboração dos conhecimentos já existentes, para que novos conhecimentos possam ser estruturados (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002), além de se mostrarem como uma possibilidade de despertar a motivação dos alunos na oficina.

Nela, discutimos a atuação do Conselho em proteger o meio ambiente e enfatizamos a sua função normativa, produzindo resoluções de detalhamento técnico da legislação vigente (IPEA, 2011). Corrobora esse entendimento a justificativa apresentada em PI.QI1.11, quando o aluno sinaliza que já conhecia o CONAMA e lhe atribui o caráter normativo do âmbito de proteção. Outro aluno que também conhecia o CONAMA destaca que, no seu ponto de vista, a função do Conselho *[...] estaria associada a propor políticas públicas para o meio ambiente, em diferentes situações, a fim de garantir a preservação do mesmo* (PI.QI1.14). Nesse caso, a função propositiva indicada pelo aluno é exercida quando o Conselho emite opiniões e sugestões para a formação de políticas públicas.

Como pode ser verificado, alguns alunos já tinham ouvido falar do CONAMA, assim, quando eles expõem o que sabem, isto é, o que eles já ouviram sobre o tema, compartilham seus conhecimentos com os demais; e mesmo os alunos que não conheciam o órgão apresentam ideias sobre o que consideram ser a função do Conselho e também compartilham sua visão sobre o assunto. Tudo isso contribui de forma marcante para o protagonismo dos alunos e sua participação (MARCONDES, 2008), sendo que eles foram incentivados a interagir, de forma remota, com a pesquisadora/professora e os colegas por meio do *chat* ou por voz. Com isso, podemos dizer que a introdução da questão, em conjunto com a abordagem contextualizada desenvolvida na oficina, potencializou a participação dos alunos na mobilização de conhecimentos fundamentais para a introdução da situação-problema proposta.

Percebemos que, para uma mobilização maior de conhecimentos, a oficina poderia dispor questões para auxiliar na interpretação do problema. Dessa forma, para analisar a

compreensão sobre órgãos ambientais, selecionamos a primeira questão auxiliar disponível para registro no *Google Forms*: **PI.QA1 – Vimos que o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) apresenta a resolução para o lançamento de efluentes. Nesse sentido, qual a importância de se estabelecer condições e padrões para o lançamento de efluentes?** Ao verificarmos as respostas dos alunos para essa questão, comprovamos o que foi afirmado por eles anteriormente: que as ações do Conselho visam à proteção do meio ambiente.

Para ilustrar essa compreensão, apresentamos o seguinte excerto: *É importante para manter o equilíbrio dos rios, preservando as vidas neles existentes* (PI.QA1.12); *É importante para manter a preservação do meio ambiente* (PI.QA1.16); *A importância de se estabelecer condições e padrões para o lançamento de efluentes é ter a preservação de fontes potáveis de água* (PI.QA1.02). Algumas dessas concepções mostram que propor discussões sobre esses órgãos fomenta a reflexão dos alunos a respeito da relevância da preservação, do equilíbrio ambiental, dos padrões de uso dos recursos e da manutenção da vida, mesmo que não tenham muita percepção sobre como funcionam alguns órgãos ambientais.

Na categoria "fiscalização ambiental", treze, dos dezesseis alunos, mencionaram que os critérios estabelecidos são importantes para a fiscalização e controle de atividades capazes de provocar a degradação[33] do meio ambiente, como pode ser verificado nos seguintes excertos: *É importante tanto para a fiscalização quanto para as empresas seguirem uma regra para o descarte adequado, que haja um padrão que não acarrete maleficamente ao meio ambiente* (PI.QA1.01); *Para ter um controle sobre o que é descartado e não prejudicar os rios, animais e o meio ambiente* (PI.QA1.03); *Para que as indústrias tratem os seus dejetos para não acabarem com toda a fauna e flora nesse caso do Rio Água Doce, e para que se tenha um controle geral* (PI.QA1.04). Dentre os aspectos apontados por alguns dos alunos, destacamos a ideia de que os critérios servem para fiscalizar e controlar o lançamento de efluentes, para proteger a fauna, a flora e o meio ambiente, cabendo à indústria realizar o tratamento dos resíduos antes de despejá-los, em níveis aceitáveis, conforme as legislações específicas.

Segundo Tiburtius, Zamora e Leal (2004), o desenvolvimento de instrumentos legais, cada vez mais restritivos, está relacionado ao agravamento dos problemas ambientais, principalmente no que diz respeito à poluição das águas, provocados pelo aumento das atividades industriais. Por outro lado, alguns alunos mencionam que *[...] se não houver*

[33] "Degradação ambiental consiste em alterações e desequilíbrios provocados no meio ambiente que prejudicam os seres vivos ou impedem os processos vitais existentes. Embora possa ser causada por efeitos naturais, a forma de degradação que mais preocupa governos e sociedades é aquela causada pela ação antrópica, que pode e deve ser regulamentada" (BRASIL, 2001, p. 238-239).

condições e padrões as usinas e indústrias não terão as medidas necessárias para evitar esse problema (PI.QA1.16) e, ainda, que tais padrões precisam ser seguidos, uma vez que *[...] qualquer mudança nesse padrão poderá provocar problemas* (PI.QA.06). Corroborando esse pensamento, outro aluno justifica que, sem critérios, *[...] qualquer um despejaria a quantidade que quisesse e pouco a pouco acabaria com nosso meio ambiente* (PI.QA1.05). A contextualização dessas questões faz-se necessária para a formação de cidadãos capazes de "[...] compreender criticamente as situações sociais e ambientais complexas que os envolvem; e, num segundo momento, a partir de uma preparação crítica, construir, coletivamente, ações sociopolíticas que contribuam para a solução destes problemas" (SANTOS; CONRADO; NUNES-NETO, 2018, p. 193).

Voltando à questão introdutória, percebemos que a "fiscalização" também representa a função do Conselho, na percepção de alguns alunos, como evidenciado nos excertos: *Não sei dizer muito bem mas parece ser algo sobre fiscalização da qualidade da água ou algo assim, para ver se tem poluição, ou alguma irregularidade* (PI.QI1.06); *Sem muita explicação e introdução prévia, eu acredito que a função seja fiscalizar* (PI.QI1.07). Ainda nesse contexto, um dos alunos apresenta uma explicação sobre a capacidade do Conselho de fiscalizar, vista a seguir: *[...] como se fosse um órgão que toma as decisões necessárias referentes às fiscalizações ambientais, ou alguma irregularidade* (PI.QI1.11). Apesar de todas essas respostas, o âmbito de atuação do CONAMA não é fiscalizar o cumprimento das normas, pois estas são de competência exclusiva dos órgãos executores, seccionais e locais. A exemplo disso, na oficina, citamos o Instituto Água e Terra – IAT, que tem como missão proteger, preservar, conservar, controlar e recuperar o patrimônio ambiental no Estado do Paraná, com a finalidade de melhorar a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável com a participação da sociedade[34].

Tecidas essas considerações, mencionamos, ainda, que alguns alunos relacionaram o Conselho a outras questões ambientais, como apresentado no seguinte excerto: *Por ser um Conselho sobre o meio ambiente, acredito que haja discussões nele acerca de poluição, desmatamento, incêndios florestais, entre outros* (PI.QI1.13). Logo, acreditamos que a preocupação desse aluno com relação a questões ambientais nada mais é que o reflexo das que estamos enfrentando atualmente. Conhecer a legislação, nesse caso, é o primeiro passo para identificar os efeitos ambientais que podem ser controlados e minimizar os riscos ao meio ambiente.

[34] IAT – Instituto Água e Terra. Página inicial. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Apresentacao. Acesso: 06 de jun. de 2022.

Com isso, podemos dizer que a introdução do tema, consoante a abordagem contextualizada na oficina, nos fornece indícios de ter potencializado a compreensão da dinâmica de funcionamento do CONAMA ou órgão dessa natureza, dos princípios da legislação, sensibilizando-os para questões ambientais. O aluno, enquanto conhecedor da legislação, por exemplo, pode refletir sobre a falta de cumprimento da legislação e as consequências para o meio ambiente. Assim, a oficina pode ter contribuído para despertar o interesse dos alunos sobre questões notórias do nosso cotidiano, como o cuidado com o meio ambiente. Nesse sentido, a proposta de investigação das concepções prévias dos alunos participantes da pesquisa se mostrou satisfatória para estimular a participação dos alunos na mobilização de conhecimentos necessários à resolução de problemas do cotidiano, como a mortandade de peixes, a dissolução de gases em líquidos e a poluição térmica em ambientes aquáticos, trabalhados na continuidade da oficina temática.

4.2.2 Propostas para investigar a mortandade de peixes no rio água doce

Essa categoria comporta as tentativas dos alunos de oferecer soluções para o problema proposto, de modo a averiguar a coerência no raciocínio envolvido para identificar o provável responsável e indicar o que pode ter provocado a mortandade de peixes verificada no Rio Água Doce. Para isso, foram disponibilizados dois materiais de apoio, contendo informações sobre três pontos de amostragem do rio[35], e alguns parâmetros estabelecidos pelo CONAMA, por meio de sua Resolução N° 430/2011 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, fixando valores como pH entre 5 e 9; temperatura inferior a 40ºC; materiais sedimentáveis até 1mL/L; arsênio total, 0,5 mg/L; chumbo total, 0,5 mg/L; cianeto total, 1,0 mg/L; clorofórmio, 1,0 mg; tolueno, 1,2 mg/L e a ausência de materiais flutuantes.

Desse modo, consideramos que os alunos teriam condições de discutir, ao menos inicialmente, algumas questões associadas à legislação vigente. Em seguida, apresentamos um quadro (Quadro 17) com exemplos de unidades de significado, número de citações

[35] Ponto 01 – Km 27, referia-se à indústria têxtil e apresentava parâmetros como: pH (6,3), temperatura (27ºC), Materiais sedimentares (0,05mL/L), Matérias flutuantes (ausentes), Ar (0,02mg/L), Pb (0,01mg/L), CN (0,08mg/L) e Tolueno (1,0mg/L) abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA e somente o Clorofórmio (1,0 mg/L) no limite. O Ponto 02 – Km 50 referia-se à siderúrgica e apresentava parâmetros como: pH (6,7), Materiais sedimentares (0,1 mL/L), Matérias flutuantes (ausentes), Tolueno (0,8mg/L), Clorofórmio (0,09mg/L) abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA, Ar (0,5mg/L), Pb (0,5mg/L), CN (1,0 mg/L) no limite e a temperatura (42ºC) acima do limite. E o Ponto 03 – Km 83 referia-se à usina de açúcar e etanol e apresentava parâmetros como: pH (6,4), temperatura (30ºC), Materiais sedimentares (0,09 mL/L), Matérias flutuantes (ausentes), Ar (0,45mg/L), Pb (0,3mg/L), CN (0,09mg/L), Clorofórmio (0,07 mg/L) e Tolueno (0,6mg/L) abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA.

(ocorrências) das categorias iniciais e intermediárias que surgiram a partir das hipóteses indicadas pelos alunos para identificar a causa e o provável responsável pela morte dos peixes, que contribuíram para compor a categorial final, referente a formas de solucionar o problema.

Quadro 17 – Processo de categorização das propostas indicadas pelos alunos para investigar a mortandade de peixes no Rio Água Doce

EXEMPLOS DE UNIDADES DE REGISTRO	**CATEGORIAS INICIAIS (1.2)**	**CATEGORIAS INTERMEDIÁRIAS (1.2)**
[*Coletaria uma quantidade da água para analisar*] PI.QP1.03 [*Análise da água descartada no rio*] PI.QI1.04 [(...) *analisar os resultados obtidos através de amostras de pontos diferentes do rio*] PI.QI1.16	Propostas e procedimentos para identificar o responsável pela morte dos peixes (16)	Propostas para investigar a mortandade de peixes no Rio Água Doce (30)
[*(...) o aumento da temperatura*] PI.QP2.04 [*O aquecimento da água*] PI.QP2.07 [*(...) chumbo ou o cianeto"*] PI.QP2.10 [*(...) chumbo, arsênio e cianeto*] PI.QP2.05	Possíveis indicações da causa da morte dos peixes (14)	

Fonte: Autoria própria (2022).

Com base nas análises dos resultados, evidenciamos que quase todos os alunos optaram por soluções de ordem prática e/ou técnica para responder à primeira questão-problema disponível para registro no *Google Forms*: **PI.QP1 – O que pode ser feito para identificar a empresa responsável pelas mortes?** Em consonância com o exposto, na categoria *Propostas para investigar o responsável pela morte dos peixes*, evidenciamos que dezesseis alunos mencionam como proceder diante do caso, ao sinalizar o seguinte: *Pode ser feito uma investigação. Uma amostra da água pode ser observada e depois de alguns processos descobrir através dela, de onde vem os dejetos* (PI.QP1.02). Outros destacam as seguintes possibilidades: *Coletaria uma quantidade da água para analisar e a partir dos resultados verificaria qual empresa produz/descarta os materiais encontrados na água* (PI.QP1.03); *Coletar amostras d'água e realizar análises e com base nos resultados visitar as indústrias para comparar os resultados com os dejetos* (PI.QP1.04).

Como pode ser observado nas respostas, os alunos não explicitaram, em seus argumentos, que tipo de análise fariam ao indicarem soluções técnicas para o problema da mortandade de peixes. Sendo assim, torna-se importante entender as colocações que os alunos trazem às questões, uma vez que "[...] muitas das informações trazidas por eles precisam ser exploradas, seja colocando-as em evidência, seja confrontando a ideia exposta, ou mesmo solicitando o aprofundamento do que já foi dito" (CARVALHO, 2020, p. 44).

Nesse momento, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre a situação, sendo que, de início, a descrição feita prevalece, assim o professor pode ir conhecendo o que eles pensam (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018). Para isso, é importante que o professor não tenha "[...] pressa para se chegar logo a resposta mais adequada, deixando que as ideias de um sejam complementadas pelas dos outros, mesmo que nesse momento haja depoimentos repetitivos" (CARVALHO, 2013, p. 48), como observado nas respostas de outros alunos, ao indicarem que analisariam amostras de água para saber sua composição, o que se encontra expresso nos seguintes excertos: *Uma análise da composição da água naquela região. Com base nisso, comparar com o tipo de resíduo gerado por cada uma das indústrias* (PI.QP1.14); *Uma análise da água, dependendo do composto que tenha na água, se for um composto que tem em apenas uma das indústrias fica fácil a identificação* (PI.QP1.08).

Dentre os aspectos apresentados nas referidas respostas, destacamos a ideia de que a água pode ter em sua composição diversos tipos de resíduos originados do processo industrial. Nesse sentido, no excerto de PI.QP1.08, o aluno menciona que, se uma indústria apresentasse um composto diferente, seria fácil sua identificação, algo que precisou ser problematizado, uma vez que as informações contidas no material de apoio sobre as análises de três pontos do rio apresentavam os mesmos resíduos; nesse caso seria necessário analisar as concentrações de cada uma e compará-las aos padrões de lançamento de efluente estabelecidos pelo CONAMA (BRASIL, 2011).

Logo, percebemos indícios de que foram mobilizadas reflexões relacionadas à ciência (composição da água) e à tecnologia (processo industrial) no tocante à problemática ambiental em questão, indicando relações CTS sobre o tema que poderiam ser exploradas. Alguns desses aspectos foram reiterados em respostas apresentadas por outros alunos, conforme pode ser conferido nos seguintes excertos: *Acredito, que analisar os produtos que estão sendo descartados junto com essa água, nos rios* (PI.QP1.15); *Verificar os dejetos e lixos de cada empresa para saber o que cada uma produz para o descarte, e depois comparar com a análise da água para ver qual produz um descarte que pode ser responsável pelo problema verificado na água* (PI.QP1.06); *Fiscalizar as indústrias e usinas responsáveis para averiguar como são tratadas as águas e como são despejadas, encontrando assim o responsável pelas mortes* (PI.QP1.16). Em consideração a isso, para solucionar o problema, seria importante observar o que foi descartado no rio pelas empresas, mas também recorrer a critérios estabelecidos para o lançamento de efluentes, cabendo à indústria realizar o tratamento adequado dos resíduos antes de despejá-los, em níveis aceitáveis, de acordo com as legislações específicas.

Outro aspecto interessante de se observar nas respostas apresentadas nessa categoria foi quanto ao fato de os alunos, em suas justificativas, mencionarem, além de dejetos, também resíduos e lixos. Segundo Calderoni (1998, p. 49), na linguagem cotidiana, "[...] o termo resíduo é tido praticamente como sinônimo de lixo". Para o autor, o lixo é todo material descartado como objeto ou substância, que se considera inútil ou cuja permanência em dado meio é tida como nociva (CALDERONI, 1998). Assim, ao observarmos nas respostas trazidas pelos alunos palavras como lixo, resíduos e dejetos, é preciso questioná-los a respeito do que entendem sobre cada uma delas, pois, ao se referirem a essas palavras, podem atribuir a elas características que as diferenciam ou as assemelham. Disso, consideramos que:

> As palavras cotidianas dos alunos aparecem sempre quando eles são inquiridos, porém mais fortemente quando eles falam sobre o contexto que lhes são familiares. Assim, quando no início de algum tema o professor faz questões de sondagem, ou na discussão de um problema, é bem possível que surjam palavras cotidianas. Nesses casos é preciso que o professor intervenha, mostrando ou perguntando o significado da palavra (CARVALHO, 2013, p. 55).

Daí a importância de o professor oportunizar ao aluno falar sobre o que sabe acerca de um assunto e, em contrapartida, explorar esse saber. Nesse sentido, concordamos com Carvalho (2013) quando destaca que para um ensino por investigação é importante a habilidade do professor de ouvir os alunos. "Quando se propõe um ensino em que os alunos devem se envolver com as respostas, pensando em encontrar soluções para problemas e construir relações entre as ideias discutidas, é preciso dar voz aos alunos e, portanto, é preciso escutá-los" (CARVALHO, 2013, p. 47).

Em consonância com o exposto, Marcondes *et al.* (2007) enfatizam que esse processo de escuta oportuniza ao aluno a comunicação de suas ideias, bem como o conhecimento das ideias expressas por seus colegas. Assim, o fato de o aluno reconhecer suas ideias e confrontá-las com outras pode significar um passo importante para o avanço de seu conhecimento, de modo a "[...] gerar a necessidade de outras informações — conhecimento científico — para o entendimento do tema em estudo" (MARCONDES *et al.*, 2007, p. 16-17). Reiteramos, com isso, que "Essa maior dialogicidade é importante no processo de ensino-aprendizagem, pois os alunos manifestam suas ideias, suas dificuldades conceituais e seus entendimentos" (MARCONDES, 2008, p. 73). Isso oportuniza ao professor realizar o acompanhamento do "[...] desenvolvimento de seus alunos, podendo, nesse processo, redirecionar ou refazer percursos que facilitem a aprendizagem" (MARCONDES, 2008, p. 73).

No diálogo com os alunos, percebemos as sugestões de analisar os resíduos, que são despejados na água e em menor proporção; e apenas dois alunos citaram que realizariam a análise dos peixes, como pode ser verificado nos seguintes excertos: *Acionar um biólogo, especializado em animais aquáticos e recolher um dos peixes para que seja feita análise. O biólogo informará a causa da morte e com isso, nos direcionar a indústria que se enquadra* (PI.QP1.07); *Analisar se há vestígios nos peixes e na água para ter uma resposta mais precisa* (PI.QP1.09). Dessa forma, destacamos a justificativa apresentada no excerto PI.QP1.07, quando o aluno sinaliza que acionaria um biólogo com conhecimento voltado para animais aquáticos, o que nos permite inferir que a função do biólogo seria investigar vestígios de resíduos que indiquem a causa da morte dos peixes, indo ao encontro do mencionado no excerto PI.QP1.09, para quem os peixes poderiam conter vestígios sobre a causa de sua morte.

Ademais, evidenciamos, por meio do fragmento PI.QP1.01, uma compreensão de que a empresa responsável poderia estar localizada próximo ao Km 50 (Ponto 2), após a comparação dos dados com os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA presentes no material de apoio. Para ilustrar, o referido aluno mencionou: *De acordo com os dados, apenas o km50 do rio que está com parâmetros que excedem as condições impostas pela CONAMA, portanto identificaria a empresa mais próxima do local e analisaria o seu descarte* (PI.QP1.01).

Enquanto isso, outro aluno, ao consultar e comparar os parâmetros do CONAMA com os resultados referentes aos três pontos de amostragem, indicou que as informações obtidas da análise realizada em um dos pontos estariam próximas do limite permitido, conforme podemos verificar: *Observando as análises feitas, o ponto 02 no Km 50, é o que mais prejudicaria o meio ambiente, já que a maioria dos resultados estão muito próximos dos parâmetros do CONAMA* (PI.QP1.05). Nesse sentido, verificamos que esses alunos utilizaram as informações dispostas no material de apoio, como os parâmetros do CONAMA, para sustentar seus argumentos, ou seja, realizaram um processo de análise de dados e evidências, o que, segundo Carvalho (2020, p. 43), "[...] possibilita o reconhecimento de variáveis e o estabelecimento daquelas que são relevantes para o problema em questão".

A respeito da argumentação, Carvalho *et al.* (2020, p. 42-43) a concebe "[...] como todo e qualquer processo por meio do qual a análise de dados, evidências e variáveis permite o estabelecimento de uma afirmação que relaciona uma alegação e uma conclusão, ou seja, um argumento". No mais, os mesmos autores mencionam que "Tal relação pode estar associada a justificativas e refutações que garantam ser a afirmação mais ou menos forte" (2020, p. 43). Para além disso, tal "[...] análise também permite estudar hipóteses e conjecturar sobre

condições favorecendo a avaliação do que se investiga e, portanto, consolidando justificativas e refutações para a conclusão do problema" (CARVALHO, 2020, p. 43).

Seguindo o mesmo raciocínio, PI.QP1.10 também aponta que a empresa situada no Ponto 2 seria a responsável pelo problema socioambiental da morte dos peixes, porém as informações estavam dentro dos padrões do CONAMA, apresentando como justificativa o fato de a amostra analisada apresentar *[...] um alto nível de depredação contra os peixes e comparando com as demais é o que tem maior temperatura.* Dessa forma, destacamos a justificativa apresentada em PI.QP1.14, ao sinalizar uma *[...] mudança significativa na concentração de Arsênio*, sendo que ele já tinha o conhecimento prévio de que esse metal era utilizado em ligas de chumbo, o que o levou a pensar na indústria siderúrgica. Logo, percebemos alguns aspectos que vão sendo incorporados aos argumentos expressos pelos alunos ao longo da oficina, algo oportunizado pelo processo iterativo, em que, num primeiro momento, os alunos apresentam seus conhecimentos prévios acerca do problema em questão e levantam hipóteses do que pode ter acarretado essa situação, em direção ao provável responsável e à causa da morte dos peixes.

Também observamos que os alunos utilizaram o material de apoio para responder à segunda questão-problema disponível para registro no *Google Forms*: **PI.QP2 – O que pode ter provocado o aumento da mortandade de peixes?** Destacamos, por exemplo, o fato de PI.QP2.08 ter sinalizado *[...] o aumento da temperatura para acima de uma temperatura que os peixes suportam*, o que também foi contemplado na resposta de PI.QP2.01, ao observar que *[...] houve uma elevação na temperatura do rio, o que pode ter feito mal aos peixes, levando assim a este aumento da mortalidade.* Dentre os aspectos aludidos pelos alunos a respeito da causa da morte dos peixes, evidenciamos outras respostas referentes à temperatura, como expresso em alguns dos seguintes excertos: *A única irregularidade que notei é a temperatura da água que não pode exceder a 40°C e em uma amostra, ela está com 42°C, e ainda a variação da temperatura não pode passar de 3°C, e a da amostra com certeza passa. Então creio que a mortalidade dos peixes aconteceu devido a esse problema com a temperatura (PI.QP2.06); A temperatura maior do que a permitida (PI.QP2.03); A temperatura acima do recomendado* (PI.QP2.05); *Provavelmente o aumento da mortalidade dos peixes se deu por conta da elevada temperatura presente na água* (PI.QP2.02).

Nesse primeiro momento, "[...] caracterizado pela apreensão e compreensão das respostas dos alunos ante as questões em pauta, a função coordenadora do professor concentra-se mais em questionar posicionamentos — até mesmo fomentando a discussão de distintas respostas dos alunos" (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 156). Além da

temperatura, dez alunos citaram outros parâmetros, como apresentado nos seguintes excertos: *às quantidades muito próximas do parâmetro de materiais sedimentares, chumbo, arsênio e cianeto (PI.QP2.05); [...] elevada concentração de chumbo, arsênio, cianeto e clorofórmio* (PI.QP2.04); *[...] materiais sedimentares, substâncias químicas, entre outros (PI.QP2.16); Provavelmente, o chumbo ou o cianeto (PI.QP2.10); A mudança da composição da água afetando o bioma do rio (PI.QP2.12).* Esses parâmetros possibilitam saber a situação do rio em questão, sendo parâmetros relevantes para identificar a causa da mortandade de peixes, levando em consideração os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 430/2011 (BRASIL, 2011). Isso, porque os peixes refletem as modificações ocorridas no ambiente aquático, por exemplo, quando as indústrias despejam água aquecida em rios.

Nos excertos de *PI.QP2.05* e *PI.QP2.16,* os alunos mencionam que chumbo, cianeto e outros compostos podem ter provocado a morte dos peixes, no entanto, não citam a temperatura, contemplada nas respostas de outros alunos, dentre os quais PI.QP2.04. O PI.QP2.09 foi outro aluno cuja resposta apresentou outro padrão e, na justificativa, mencionou que o arsênio aparece além da quantidade permitida, sem, no entanto, considerar a temperatura. Como podemos evidenciar, diferentes pontos de vista foram encontrados nas respostas dos alunos sobre o que poderia ter provocado a morte dos peixes, aspecto consonante à característica desse momento, mencionada anteriormente.

Isso requer que o professor propicie um espaço em que haja conflito de ideias e esteja mais preocupado em "[...] lançar dúvidas sobre o assunto do que em responder ou fornecer explicações" (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 156). Assim, cabe a ele, ainda, por meio de sua orientação, "[...] aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações e lacunas do conhecimento que vem sendo expresso, quando este é cotejado implicitamente pelo professor com o conhecimento científico que já foi selecionado para ser abordado" (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 156). Após essas discussões sobre a situação-problema, buscamos explorar as ideias dos alunos sobre o tema, sendo ponto de partida para a construção dos conceitos, conforme será apresentado no próximo tópico.

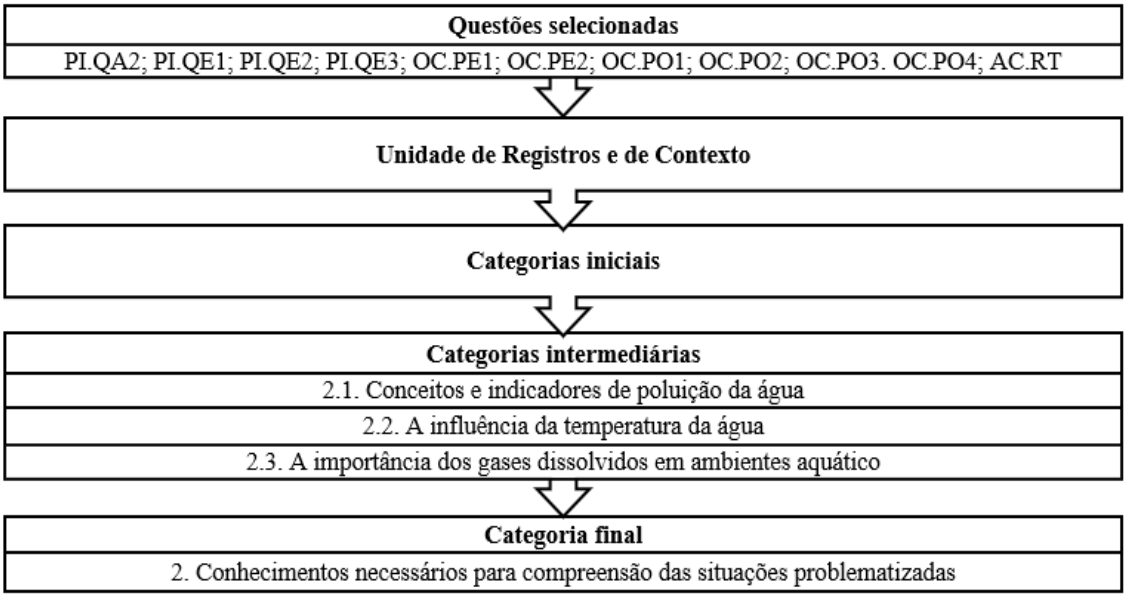
4.3 CONHECIMENTOS NECESSÁRIOS PARA A COMPREENSÃO DAS SITUAÇÕES PROBLEMATIZADAS

Nesta investigação, além do foco discorrido anteriormente, também buscamos analisar os conhecimentos mobilizados pelos alunos participantes da pesquisa nas situações em que se

possa desenvolver a conceituação necessária para uma compreensão das situações problematizadas (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018). Nesse sentido, percorremos todas as situações que apresentavam esse foco explícita ou implicitamente, como em questões específicas na problematização inicial, em que foi possível explorar conceitos que fazem parte das concepções prévias dos alunos. Além dessa situação, também procuramos avaliar os outros momentos, o que perfez a análise dos questionários pré e pós-experimento (OC.PE e OC.PO), justamente com a retomada da problemática (AC.RT). Para analisar os conhecimentos mobilizados nessas situações, utilizamos como referenciais as seguintes literaturas: Carapeto (1999); Quadros (2004); Percebon, Bittencourt e Rosa Filho (2005) Pedrozo; Kapusta (2010); Carmo; Freitas; Quadros (2013); Amaral (2016), entre outros.

Por conseguinte, mediante as respostas dos alunos às situações problematizadas, procuramos identificar as unidades de registro, orientados pela análise de conteúdo (BARDIN, 2016) e, posteriormente, compreender os significados e organizar as categorias de análise, no caso, os conhecimentos mobilizados pelos alunos para solucionar o caso do Rio Água Doce. Isso posto, o processo de análise está sintetizado na Figura 14.

Figura 14 – Sistematização do processo de análise dos resultados sobre os conhecimentos mobilizados para solucionar o caso do Rio Água Doce



Fonte: Autoria própria (2022).

Por meio da significação dos conhecimentos mobilizados pelos alunos, verificamos, também, sua ocorrência e apresentaremos na sequência essas informações, bem como as discussões pertinentes.

4.3.1 Conceitos e indicadores de poluição da água

Nessa categoria, foram contemplados aspectos importantes de serem investigados no que tange à poluição das águas, tanto em relação à sua conceituação quanto às suas características, como cor, odor, pH, temperatura, substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água, que são considerados para caracterizar um ambiente como poluído ou não poluído. O Quadro 18 apresenta exemplos de unidades de registro e número de citações nas categorias iniciais e intermediárias sobre poluição da água que contribuíram para a categoria final, referente aos conhecimentos mobilizados pelos alunos para solucionar o caso do Rio Água Doce, tendo como base a análise das respostas dos alunos para o conjunto de situações.

Quadro 18 – Processo de categorização das respostas dos alunos sobre conceitos e indicadores de poluição da água

EXEMPLOS DE UNIDADES DE REGISTRO	**CATEGORIAS INICIAIS (2.1)**	**CATEGORIAS INTERMEDIÁRIAS (2.1)**
[*(...) a água pode ser poluída pelos dejetos que são jogados por nós, pelas indústrias*] PI.QE1.15 [*(...) para que um rio esteja poluída é preciso que a mesma esteja com uma composição fora dos parâmetro*] PI.QE1.14	Conceitos associados à poluição da água (17)	Conceitos e indicadores de poluição da água (39)
[*(...) A água quando está poluída, ela apresenta um mal cheiro, certa coloração*] PI.QE1.15 [*A temperatura estar desregulada*] PI.QE1.03	Indicadores de poluição da água (22)	

Fonte: Autoria própria (2022).

Conforme as informações dispostas no Quadro 18, podemos verificar que nas respostas registradas pelos alunos, referentes a conceitos associados à poluição das águas, destacam-se diferentes compreensões. Assim, em um primeiro momento os alunos buscam justificar a primeira questão exploratória disponível para registro no *Google Forms*: **PI.QE1 – Com base no que você sabe, o que é preciso considerar para que a água de um rio esteja poluída? Dê exemplos do que poderiam ter poluído o Rio Água Doce**, sobressaindo-se menções quanto à disposição inadequada de dejetos. A exemplo disso, podemos mencionar os seguintes excertos: *Creio que para que se esteja num estado de poluição você tenha que ter uma situação de descarte impróprio de dejetos, nenhum controle do que será descartado, nenhum ou tratamento não específico para o que será descartado* (PI.QE1.04); *Para que a água de um rio esteja poluída consideramos que haja alguns descartes incorretos nela, assim fazendo que a*

água seja imprópria para consumo (PI.QE1.02). Sendo assim, os conceitos atribuídos pelos alunos no primeiro momento estavam relacionados ao descarte de efluente ou qualquer tipo de descarte irregular, cujos significados foram problematizados ao longo da oficina.

Também observamos que outros alunos apontam que, para saber se a água de um rio está poluída, devem ser considerados os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA. Com a finalidade de ilustrar as respostas a respeito do conceito de poluição relacionadas aos parâmetros do CONAMA, trazemos os seguintes excertos: *Para que a água de um rio esteja poluída é preciso que a mesma esteja com uma composição fora dos parâmetros estabelecidos, por exemplo, pelo CONAMA* (PI.QE1.14); *É preciso considerar, o padrão estabelecido para as águas de um rio e comparar com os dados das amostras da água do rio que está sendo analisado* (PI.QE1.06); *[...] devemos considerar os parâmetros especificados pelo CONAMA, como seu pH, temperatura e efluentes* (PI.QE1.15).

Nas respostas mencionadas, há indícios da necessidade de a água apresentar valores adequados de pH, temperatura, composição, entre outros. Assim, quando abrimos espaço e oportunizamos aos alunos se manifestarem a respeito do que sabem e/ou pensam sobre um assunto, por meio de seus conhecimentos, procuramos "[...] criar as condições para o desencadeamento de aprendizagem significativa, uma vez que, nesse processo, as ideias explicitadas podem servir de ancoragem para os conceitos que se pretende que os alunos construam" (MARCONDES *et al.*, 2007, p. 37-38).

Outro aluno sinaliza que na situação problema *[...] os dados fornecidos e seguindo os parâmetros do CONAMA, os níveis de dejetos estão dentro do aceitável, então não sei se seria possível dizer que a água está poluída* (*PI.QE1.14).* No entanto, uma das amostras apresentava a temperatura acima do limite estabelecido pelo CONAMA; assim, podemos inferir que PI.QE1.14 ainda apresenta dúvida se a temperatura pode ter poluído o Rio Água Doce.

Dessa forma, ao serem questionados a respeito da poluição térmica na primeira pergunta do questionário pré-experimento disponível para registro no *Google Forms* — **OC.PE1 – Quando a elevação da temperatura de um corpo d'água for significativa, devido ao lançamento de efluentes, a mesma pode ser caracterizada como poluição? Justifique —**, apenas dois alunos responderam que não se caracteriza como poluição, como apresentado nos seguintes excertos: *Penso que não, pois somente esse corpo está com a temperatura elevada então não irá atingir os demais* (OC.PE1.02); *Acredito que não, acho que o aumento da temperatura é uma consequência da poluição* (OC.PE1.03). Enquanto isso, o restante dos alunos afirmou que a elevação da temperatura se caracteriza como poluição, pois qualquer tipo de alteração ou mudança na água pode ser considerada como tal, conforme podemos verificar

nas seguintes respostas: *Sim, a água sofreu uma mudança propositadamente* (OC.PE1.09); *Sim, pois esta ocasião força uma mudança brusca de temperatura, elevando a temperatura do rio de forma desnecessária e artificial (OC.PE1.13); Sim, principalmente se esse fenômeno ocorre de forma artificial, visto que a elevação na temperatura traz alteração nas condições do meio* (OC.PE1.14).

Algo interessante de se destacar nas respostas de alguns dos alunos que consideram a elevação significativa da temperatura de um corpo d'água como poluição é o fato de mencionarem que esta ocorre de forma artificial, como podemos verificar em OC.PE1.13 e OC.PE1.14. A respeito disso, é importante mencionarmos que, ao utilizar o termo 'principalmente', o fragmento de OC.PE1.14 nos leva a inferir que o aluno talvez conheça outra forma de elevação da temperatura de corpos d'água sem ser a artificial. Assim, cabe ressaltar a necessidade de se explorar tais respostas, de modo a problematizar esse aumento da temperatura provocada tanto artificial (decorrente da ação antrópica) como naturalmente (resultante de entrada natural) nos corpos d'água.

Essa discussão se faz necessária porque, como mencionam Percebon, Bittencourt e Rosa Filho (2005, p. 8), o fenômeno de "[...] aquecimento das águas dos rios pode ter origem em processos naturais, como os geotérmicos, variações sazonais da temperatura ambiente e da insolação, e da redução de vazão". Além da origem natural, os referidos autores mencionam também outro tipo de origem, os "[...] processos antrópicos diretos, como a descarga de efluentes com temperatura diferente do corpo receptor, pelo calor liberado na oxidação de carga poluente lançada; ou indiretamente, pelo represamento das águas e desmatamentos na área de drenagem" (PERCEBON; BITTENCOURT; ROSA FILHO, 2005, p. 8). Assim, algumas "[...] substâncias encontradas nos ecossistemas aquáticos são produto de actividades humanas e não aparecem espontaneamente na natureza" (CARAPETO, 1999, p. 15).

Já em relação aos alunos que não consideram o aumento da temperatura de corpos d'água poluição, chamamos a atenção para dois aspectos: um em relação ao impacto ocasionado pelo aumento de temperatura e à extensão no corpo d'água, ao argumentar que, estando um ponto com temperatura elevada, não afetaria os demais; e outro, quanto à consideração de a temperatura ser uma consequência da poluição, isto é, poderia ser um indicativo desta. Como podemos verificar, ao exporem seus argumentos, os alunos, ao mesmo tempo em que expressam suas ideias, são levados a ouvir outras diferentes das que apresentam.

Para esta investigação, também nos preocupamos em compreender como os alunos conceituaram a poluição no que diz respeito à qualidade da água; sendo assim, selecionamos outras respostas para a primeira questão exploratória já apresentada. Alguns alunos

relacionaram a poluição aos parâmetros macroscópicos, como cor e odor, conforme apresentado nos seguintes excertos: *A água quando está poluída, ela apresenta um mau cheiro, certa coloração* (PI.QE1.15); *Acredito que a cor, cheiro, entre outros, possam ser fatores que é preciso para considerar a água de um rio poluída* (PI.QE1.16); *As águas dos rios ficam inutilizáveis quando apresentam uma cor e odor diferentes. Isso se dá por conta das empresas que usam o rio como uma grande lata de lixo natural* (PI.QE1.09). A respeito dos aspectos mencionados, podemos compreender a temperatura como "[...] um dos padrões, ou características organolépticas, de qualidade das águas, atrelada à sensibilidade dos organismos vivos, que tornam uma água atraente ou não para o consumo, assim como a transparência, sabor, odor e aparência" (PERCEBON; BITTENCOURT; ROSA FILHO, 2005, p. 8).

Outros parâmetros observáveis, apontados por alguns alunos, foram materiais sedimentares e flutuantes, como verificado nestes excertos: *O que poderia ter poluído o Rio Água Doce são: materiais químicos e materiais sedimentares* (PI.QE1.16); *Efluentes assim como os restos sedimentários das empresas que jogam esses resíduos para o rio, entre eles o tolueno, material considerado tóxico* (PI.QE1.10); *[...] efluentes a mais na água ou por corpos flutuantes (que não sejam do próprio ambiente aquático)* (PI.QE1.08). De acordo com Gomes, Melo e Vale (2005), os materiais flutuantes podem ser objetos presentes na água, e no caso da coloração, uma parcela pode ser incluída, devido à turbidez da água, uma vez que, ao ser removida, obtém-se a verdadeira cor. A turbidez acentuada impede a penetração da luz solar e, consequentemente, prejudica a fotossíntese, causando problemas ecológicos para o meio aquático.

Conforme apresentado nos referidos excertos, podemos verificar que os alunos mencionaram também materiais tóxicos, como PI.QE1.08, ao sinalizar que o tolueno é um tipo de resíduo industrial considerado tóxico, o qual poderia ter poluído o Rio Água Doce. A esse respeito, foi preciso explorar o conhecimento desses alunos quanto ao que poderia ser um material tóxico e por que a poluição acarretada por ele pode ser prejudicial. Desse modo, é importante que os alunos tenham em mente qual o tipo de contaminação e de toxicidade do poluente, considerando que um dos maiores problemas desse tipo de poluição seria a dificuldade de tratamento, pois esse processo tem um alto custo e, na maioria das vezes, é demorado.

Outro ponto interessante aparece na resposta dos alunos quando citam a temperatura em referência à poluição térmica, a qual não é facilmente observável, ou seja, reporta-se a algo que não é visível, aspecto que pode ser verificado no seguinte excerto: *[...] acho que deve ter sido descartado alguma água mais quente em uma das empresas que usam a água para o*

aquecimento de algo (PI.QE1.06). Essa resposta foi compatível com a justificativa apresentada pelo referido aluno a respeito da provável causa da morte dos peixes, ao dizer que a única irregularidade que havia observado era a temperatura da água, que não poderia exceder 40°C e, em uma amostra, ela estava com 42°C. Outros alunos mencionaram também: *[...] água em temperaturas elevadas tudo que pode ter parte na poluição de um rio* (PI.QE1.01*); A temperatura estar desregulada, por exemplo, acima do que é permitido* (PI.QE1.03); *Imagino que possa ser pela temperatura da água* (PI.QE1.08).

Disso, podemos questionar quando esse aumento de temperatura pode ser caracterizado como poluição térmica. Isso acontece, de acordo com Percebon, Bittencourt e Rosa Filho (2005), quando a alteração da temperatura de um corpo água for significativa a ponto de alterar sua qualidade, passando a ser compreendida como poluição térmica.

Tendo em vista os diferentes indicadores de qualidade da água, surgiu a necessidade de relacioná-los à problemática, conduzindo-nos às justificativas a respeito de como esses fatores afetam o comportamento do ecossistema aquático. Sendo assim, realizamos o seguinte questionamento aos alunos por meio do *Google Forms*: **PI.QE3 – Você considera que a poluição das águas poderia afetar o processo de respiração dos peixes e a fotossíntese das plantas no Rio Água Doce? Quais seus argumentos para justificar essa resposta?** Dentre os aspectos apresentados nas respostas, destacamos a ideia de que a poluição poderia afetar o equilíbrio do ecossistema, como nos seguintes excertos: *É preciso ter um equilíbrio para o rio se manter "saudável". Quando esse equilíbrio é quebrado com o aumento de substâncias nocivas ou a elevação da temperatura repentina do rio, esse equilíbrio é quebrado, poluindo então esse ecossistema* (PI.QE1.13). Nesse sentido, observamos que PI.QE1.13 sinaliza que a poluição ocorre quando não se consegue manter o equilíbrio do ecossistema. Coloca-se, então, a questão de saber quando a introdução do poluente é interrompida, se o ecossistema voltará às suas condições originais. Conforme Carapeto (1999, p. 17), "[...] a resposta [a essa questão] não é definitiva uma vez que nem sempre isso acontece. O facto de um sistema estar em equilíbrio não garante que esse sistema volte ao seu estado natural após uma perturbação".

No caso da poluição térmica, um dos alunos destaca que "*[...] a temperatura influencia no processo de reprodução dos peixes e como também em grandes temperaturas pode matar os peixes*" (OC.PE1.10). Além disso, a poluição, de modo geral, pode afetar o processo de respiração dos peixes, reduzindo a quantidade de oxigênio dissolvido na água, aspecto evidenciado nos seguintes excertos: *Sim, pois esses dejetos jogados, dificultam a passagem de luz, e a quantidade de oxigênio afetando a respiração aquática, e a fotossíntese das plantas* (PI.QE3.15); *Sim, pois a poluição pode ocasionar na morte dos peixes e pode atrapalhar a*

realização da fotossíntese, causando a menor produção de oxigênio (PI.QE3.16); *Provavelmente sim, pois com a poluição pode ser que teria menos gás oxigênio e gás carbônico na água, dificultando a respiração deles* (PI.QE3.06). Nesse caso, a poluição pode afetar o processo de fotossíntese das plantas e, consequentemente, reduzir a quantidade de gás oxigênio na água, uma vez que as principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005).

Além disso, verificamos que essas respostas são compatíveis com as justificativas de que a poluição pode impedir a passagem de luz, conforme podemos conferir: *[...] em casos mais aparentes, não deixar a luz passar pela água e fazer alguma alteração no ambiente que seja prejudicial às plantas* (PI.QE3.01); *Sim, dependendo da poluição presente nos rios poderiam obstruir a passagem dos raios solares, dificultando o processo de fotossíntese, por exemplo* (PI.QE3.03); *Sim, pois imagino que dificultaria a absorção da luz solar e a poluição atrapalharia a hematose dos peixes* (PI.QE3.04). Como podemos observar, PI.QE3.04 atribuiu ao processo de troca gasosa a palavra "hematose", logo a diminuição de luz solar interferiria na passagem do oxigênio na água para as brânquias, e o gás carbônico, das brânquias para a água.

Ao ter em vista a temperatura em ambientes aquáticos, Pedrozo e Kapusta (2010, p. 52) mencionam que, quando de origem natural, “[...] este parâmetro pode ser afetado pela incidência de luz solar, sombreamento das árvores, profundidade da coluna d´água, além da transferência de calor por radiação, condução e convecção”. Em contrapartida, as alterações no tocante à temperatura, quando “de origem antropogênicas são decorrentes da entrada de efluentes aquecidos, através das águas de resfriamento e de efluentes industriais” (PEDROZO; KAPUSTA, 2010, p. 52).

Outro ponto interessante apareceu na resposta de PI.QE3.13, ao reiterar que a poluição altera a composição do rio com algumas substâncias ou agentes contaminantes, que poderiam interagir com o oxigênio e afetar o comportamento do ecossistema aquático, como expresso a seguir:

> Acredito que, por alterar a composição dos rios, a interação entre esses contaminantes e o O_2 possa ser diferente, diminuindo assim a quantidade do mesmo disponível para a respiração dos peixes e realização da fotossíntese. Além disso, a exemplo dos peixes que fazem a passagem dessa água pelo organismo, se a mesma estiver contaminada, tais poluentes podem ficar no organismo do animal (PI.QE3.13).

Foi verificado que, além de interferir no processo de fotossíntese, contaminantes poderiam ficar retidos no peixe, o que vai ao encontro do que foi mencionado por PI.QP1.07 na problematização inicial, ao versar que os peixes podem conter vestígios de resíduos

industriais. Por meio dos aspectos expressos nessas respostas, podemos explorar, por exemplo, se existe diferença entre contaminação e poluição. Segundo Carapeto (1999), a contaminação pode ser um sinal de alerta, mas não constitui poluição, a menos que seja causada pela atividade humana e tenha efeitos nocivos.

Nesse sentido, PI.QE3.01 destacou que, assim como *[...] eles absorvem a água para sua respiração, também podem absorver as outras substâncias poluentes da água o que os faria mal*. Esse aspecto também é contemplado no excerto de PI.QE3.09, ao referir que *[...] é muito importante para as plantas e os animais terem seu habitat limpo e livre de qualquer substância tóxica que pode se tornar prejudicial à saúde do animal*. Ainda nesse contexto, o aluno PI.QE3.13 apresentou uma justificativa parecida, e optamos por expressá-la a seguir:

> Sim, substâncias não comuns ou que estejam presentes de forma elevada no rio podem prejudicar a respiração dos peixes, bem como causar morte a eles. Da mesma forma que o aumento ou a presença de determinadas substâncias podem matar algumas algas e plantas subaquáticas. Isso porque a presença de algumas substâncias podem ser tóxicas demais para tais organismos, ou então o aumento quantitativo dessas podem causar problemas nesses corpos que não conseguem ou não podem digerir (PI.QE3.13)

Por meio dos aspectos presentes nessas respostas, podemos explorar, por exemplo, quais substâncias podem ser consideradas tóxicas, pois muitas "[...] substâncias com potencial tóxico, ou pelo menos prejudicial, existem naturalmente nos oceanos, rios, estuários, etc. Coloca-se então a questão de saber se todos materiais, naturais e derivados da atividade humana, devem ser considerados como poluentes" (CARAPETO, 1999, p. 15). Outra questão importante "[...] é saber se deve considerar poluição a entrada de produtos derivados da actividade humana mesmo quando a entrada natural desses mesmos produtos pode até ser em maior quantidade" (CARAPETO, 1999, p. 16), e, ainda, se podem ser descartados na água caso estiverem nos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA.

Ademais, PI.QE3.08 comentou que *[...] além de dejetos e efluentes intoxicarem os organismos, o alto teor de CO_2 pode alterar o pH da água afetando mais ainda esses seres vivos*. Tal aspecto também foi explorado na oficina, por meio da realização de um experimento sobre o comportamento dos gases em água. O propósito da atividade foi realizar discussões que levassem os alunos a relacionar a solubilidade de gases com as oscilações na temperatura, prejudicando a vida dos seres aquáticos.

Mediante essas discussões, alcançamos o objetivo de tornar explícitas as ideias dos alunos sobre poluição e impactos causados com o lançamento de efluentes. Além disso, é importante destacar que no decorrer da oficina, ao exporem suas ideias, os alunos foram levados

a confrontar seus argumentos com os de seus colegas, propiciando um espaço oportuno para o conflito de ideias. Também, nesse processo, verificamos que, ao avançar da oficina, outros conhecimentos foram sendo requeridos dos alunos, como evidenciamos na articulação de conhecimentos químicos e biológicos, ao considerarem a presença de gases em ambientes aquáticos, especificamente oxigênio e gás carbônico, e os processos de respiração de plantas e animais, possibilitando também a reflexão e a mobilização de conhecimentos a respeito de conceitos e indicadores de poluição das águas, como a temperatura.

4.3.2 A influência da temperatura da água

Nesta categoria, a análise das respostas dos alunos tem por objetivo agrupar um grande número de informações a fim de possibilitar a interpretação sobre a influência da temperatura da água para a compreensão do tema e da problematização inicial. O Quadro 19 apresenta exemplos de unidades de registro e número de citações nas categorias iniciais e intermediárias, a respeito da temperatura, que contribuíram para compor a categorial final, referente aos conhecimentos mobilizados pelos alunos para solucionar o caso do Rio Água Doce, tendo como base a análise de suas respostas para o conjunto de situações.

Quadro 19 – Processo de categorização das respostas dos alunos sobre a influência da temperatura da água

EXEMPLOS DE UNIDADES DE REGISTRO	CATEGORIAS INICIAIS (2.2)	CATEGORIAS INTERMEDIÁRIAS (2.2)
[*(...)o choque da temperatura pode fazer mal a alguns seres vivos*] OC.PE2.01 [*Podem aumentar à uma temperatura que seja prejudicial ao ecossistema daquele rio*] OC.PE2.08	Os efeitos da variação térmica da água (24)	A influência da temperatura da água (46)
[(...) *quanto menos oxigênio, maior a temperatura da água*] AC.RTa.02 [[*Na medida em que a temperatura aumenta o gás diminui*] AC.RTa.09	Quantidade de gases dissolvidos em função da temperatura (22)	

Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com as respostas dos alunos, apresentadas no Quadro 19, podemos perceber os efeitos deletérios provocados pela variação térmica da água. Para compreender melhor a variação da temperatura da água, realizamos o seguinte questionamento aos alunos por meio do *Google Forms*: **PI.QA2 – Considerando os parâmetros medidos na água, nos três pontos do Rio Água Doce, o que pôde ser considerado diferente do esperado?** Como esperávamos,

a maior parte dos alunos mencionou o fato de a temperatura extrapolar as condições estabelecidas pelo CONAMA, como evidenciado nos excertos: *A temperatura da água, pois nos 50km ela ultrapassa o limite de 40°C (PI.QA2.02); A temperatura, pois não deveria passar de 40°C e no ponto 02 do rio está a 42°C (PI.QA2.03); A temperatura em uma das amostras, e a variação da temperatura ao longo do rio* (PI.QA2.06); *Um dos parâmetros considerado diferente tem a ver com a temperatura, tendo como uma das causas não podendo exceder a temperatura de 3 graus* (PI.QA2.14). Entretanto, verifica-se que PI.QA2.14 menciona que uma das causas seria a variação na temperatura, apresentando como justificativa o fato de essa alteração não poder passar de 3ºC, sendo importante problematizar, durante a oficina, que esse valor correspondia à temperatura do corpo receptor no limite da zona de mistura, ou seja, no ponto em que o efluente foi lançado (BRASIL, 2011). Além disso, verificamos que esse entendimento foi compatível com a resposta apresentada por PI.QA2.06, ao justificar a diferença na temperatura de uma das amostras e a variação da temperatura ao longo do rio.

Outro aspecto importante foi mencionado por PI.QA2.04, ao reconhecer que outros padrões estavam no limite, a única coisa fora dos parâmetros era a temperatura, porém o aluno sinalizou que apenas o aumento da temperatura da água não causaria a morte de tantos peixes. Isso é compreensível pelo fato da complexidade do tema, uma vez que era necessário o conhecimento prévio de que a elevação da temperatura reduz a concentração do gás oxigênio (AMARAL, 2016). Tais questões precisam ser consideradas e problematizadas, no intento de que os alunos ampliem e fundamentem seus conhecimentos, pois em um primeiro momento é importante que identifiquem que a morte dos peixes está relacionada à elevação da temperatura no corpo d'água em questão, entretanto saber disso não soluciona o problema, exigindo dos alunos, em um segundo momento, pensar no efeito dessa alteração como causadora da mortandade dos peixes, o que, por sua vez, requer a mobilização de conhecimentos químicos e biológicos.

Embora a questão envolvesse aspectos complexos, como descrito anteriormente, no decorrer da oficina, por meio de alguns questionamentos explorados pela pesquisadora e pela atividade escrita sobre a questão, constatamos que a maioria dos alunos alcançou o objetivo principal, que era perceber a diferença na temperatura da água em um dos pontos do rio, ao compará-lo com os padrões para o lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução N.° 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011).

Apesar disso, outros aspectos foram discutidos, uma vez que os alunos observaram que vários parâmetros estavam no limite, como apresentado nos seguintes excertos: *A temperatura principalmente, vimos que o parâmetro é de 40° e uma amostra mostrou uma elevação de 2°.*

É relativamente baixo essa diferença, mas é uma diferença. Sem falar que neste local os índices de outros elementos estão no limite (PI.QA2.13); A temperatura do ponto 02 é o que ultrapassa o limite, o restante tem coisas que chegam muito perto, mas não ultrapassam (PI.QA2.05); Além da temperatura, alguns efluentes estão bem no limite do considerado padrão, sendo um ponto de alerta (PI.QA2.08). Por meio dessas respostas, podemos questionar qual empresa poderia ter liberado esse tipo de efluente? Será que eles poderiam causar algum problema ambiental? Como faríamos para fiscalizar essas empresas?

Ainda nesse contexto, alguns alunos apresentaram exemplos de padrões que, segundo eles, ultrapassaram os limites estabelecidos pelo CONAMA, como expresso nos seguintes excertos*: A temperatura excede o estabelecido, além do arsênio, chumbo, cianeto, clorofórmio e materiais sedimentares estarem no limite do valor permitido* (PI.QA2.14)*; Nos três pontos as temperaturas sofrem alterações e a quantidade das substâncias também sofrem alterações. O arsênio está acima do limite cobrado pelo Conama* (PI.QA2.091). A esse respeito, foi preciso problematizar alguns dos exemplos apresentados, tendo em vista que todos os dados, com exceção da temperatura, estavam dentro do limite estabelecido pelo CONAMA. Por fim, o aluno PI.QA2.16 mencionou que achava que não havia diferença, apesar de ter indicado a temperatura e outros parâmetros como a causa da morte dos peixes.

Depois de expressarem suas concepções prévias, era muito importante que os alunos começassem a elaborar hipóteses e a pensar conceitualmente sobre o problema proposto. O exposto nos faz reiterar o quão importante é, "[...] do ponto de vista do envolvimento cognitivo do aluno, introduzir inicialmente a situação problematizadora, discutir as idéias principais e dar oportunidades para que os alunos pensem sobre o problema e proponham suas hipóteses" (SOUZA *et al*., 2013, p. 24).

Cabe enfatizar que a segunda questão do questionário pré-experimento tinha como objetivo que alunos expressassem hipóteses relacionadas à poluição e ao aumento da temperatura da água. Dessa forma, realizamos o seguinte questionamento aos alunos por meio do *Google Forms*: **OC.PE2 – Quando a elevação da temperatura de um corpo d'água for significativa, devido ao lançamento de efluentes, a mesma pode ser caracterizada como poluição? Justifique**. Umas das hipóteses levantadas por eles se referia à oscilação térmica da água, como apresentado nos seguintes excertos: *Pode acabar passando calor para o resto da água aumentando a temperatura total da água do rio, e assim provocando alguns riscos para os peixes que não conseguem manter a temperatura ideal para a sua sobrevivência* (OC.PE2.06); *Parte do rio pode ficar com sua temperatura normal, e a outra com temperatura elevada. Essa mudança pode causar morte a alguns animais e plantas do local* (OC.PE2.13);

[...] *o choque da temperatura pode fazer mal a alguns seres vivos e pode acabar alterando algumas propriedades* (OC.PE2.01). De modo geral, os alunos descrevem os efeitos deletérios da temperatura na sobrevivência dos organismos aquáticos, tendo em vista que necessitam de um tempo de adaptação quando há oscilações na temperatura do ambiente.

Nesse caso, o aluno OC.PE2.02 retoma que as águas dos rios podem *[...] ficar poluídas, com pouca vida, atrapalhando o desenvolvimento dos peixes e plantas, principalmente os peixes mais jovens e, portanto, mais sensíveis. Isso também foi contemplado por* OC.PE2.16, quando menciona que *vai ocorrer a poluição dos rios, podendo causar até a morte de peixes.* Outras hipóteses foram associadas à variação na quantidade de gases dissolvidos na água, como pode ser verificado no seguinte excerto:

> Creio que em temperaturas muito elevadas a morte de animais e plantas pode ser causada, além da solubilidade de alguns materiais ser comprometida, seja pelo o aumento ou diminuição da mesma, como dos gases essenciais para o funcionamento do ciclo natural, como CO_2 e O_2 (OC.PE2.14).

Indo ao encontro dessa ideia, OC.PE2.14 mencionou que as águas dos rios *ficam superaquecidas assim diminuindo o oxigênio presente na água e causando a morte dos peixes* (OC.PE2.09). Consideramos que qualquer uma dessas condições apresentadas pelos alunos, de modo geral, pode resultar na morte dos peixes por asfixia. Com as hipóteses levantadas pelos alunos a respeito da mortandade dos peixes, podemos nos direcionar à investigação para a discussão do experimento sobre o comportamento dos gases dissolvidos em água.

Na proposta da atividade, solicitamos que os alunos fotografassem o experimento que foi realizado em um horário diferente da aula e nas suas casas, devido às restrições físicas impostas pela pandemia de COVID-19. A seguir, apresentamos imagens do experimento fotografado pelos alunos, que, excepcionalmente, serão identificadas por códigos contendo um par de letras, que indicam o momento pedagógico, seguido por um par de letras que indica o experimento e o código do aluno (OC.EX.01), com os relatos da atividade.

Conforme os alunos, a coloração rosada foi observada no recipiente contendo indicador de repolho roxo e água gaseificada, enquanto no outro recipiente, com indicador e água da torneira, pôde ser verificada a coloração azul ou roxa. A Figura 15 representa os padrões produzidos no experimento.

Figura 15 – Soluções padrões produzidas no experimento

PADRÕES



(OC.EX.15)

Fonte: Autoria própria (2022).

Na medida em que a água gaseificada era agitada, diferentes colorações eram observadas; isso ocorreu devido ao processo de desgaseificação, o qual altera a concentração de soluto (CO_2) e, consequentemente, modifica o pH da solução. Já na agitação da água da torneira, as mudanças de coloração observadas não foram tão perceptíveis, sendo que a quantidade de soluto era menor quando comparada a outra solução. Na Figura 16, podemos comparar as soluções de água gaseificada (N.º1) e água da torneira (N.º2), após a agitação, com as soluções padrões (P1 e P2) sem a agitação.

Figura 16 – Água gaseificada e da torneira após agitação

AGITAÇÃO



(OC.EX.11)

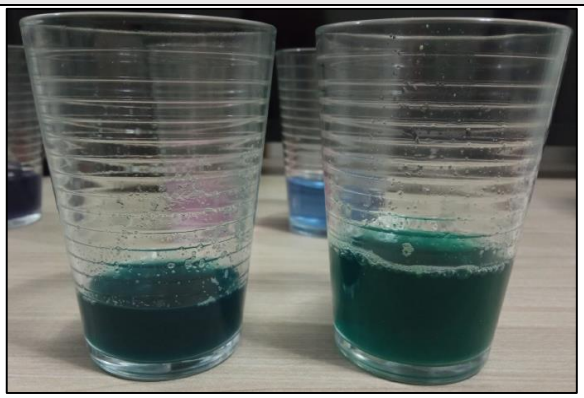
Fonte: Autoria própria (2022).

Os alunos também observaram a coloração azul ou verde na água gaseificada após o aquecimento, e isso ocorreu devido à solubilidade do CO_2 (g), que foi diminuindo com o

aumento da temperatura, o que causa a desgaseificação da água e, consequentemente, modifica o pH e a cor da solução. A variação da temperatura no recipiente contendo água da torneira também foi monitorada por eles. Na Figura 17, podemos comparar as soluções de água gaseificada (esquerda) com a água da torneira (direita) após o aquecimento.

Figura 17 – Água gaseificada e da torneira após aquecimento

AQUECIMENTO



(OC.EX.07)

Fonte: Autoria própria (2022).

Por fim, os alunos utilizaram um canudinho plástico para assoprar a solução de água da torneira que havia sido aquecida até o ponto de ebulição e resfriada a uma temperatura segura. O borbulhamento da água ocorreu devido ao processo de gaseificação, que aumenta a concentração de soluto (CO_2) e, consequentemente, modifica o pH e a cor da solução, que se aproximou da tonalidade observada na solução padrão contendo água gaseificada (Figura 18).

Figura 18 – Recipiente contendo água da torneira após o seu borbulhamento

BORBULHAMENTO



(OC.EX.06)

Fonte: Autoria própria (2022).

Consoante os resultados apresentados pelos alunos, podemos considerar viável a utilização desse experimento remotamente. Porém, quando se trata de atividade prática, há um certo receio de como instigar os alunos a realizar o experimento sem a presença do professor para orientá-los. Outro ponto relevante é o fato de os alunos terem os materiais necessários para a execução do experimento em suas casas, no entanto, devemos considerar que a escolha do experimento deve ser pautada em materiais simples e de fácil manuseio, que não ofereçam riscos aos alunos.

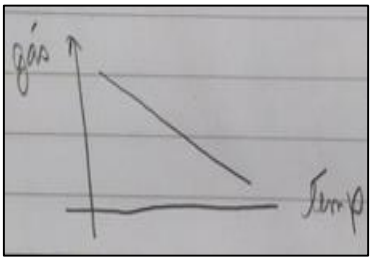
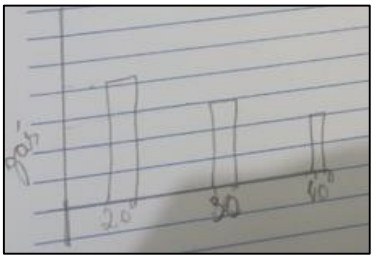
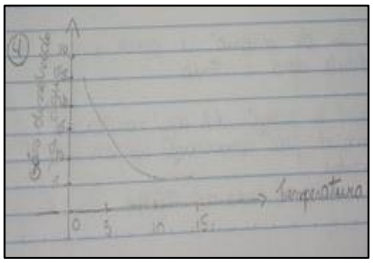
O interessante é que, por meio do que observam na experimentação e, posteriormente, com as socializações e discussões quanto aos resultados obtidos, os alunos são oportunizados a manifestar suas percepções sobre o que pode ter ocorrido com as águas ao serem submetidas ao aquecimento e às agitações, o que pode influenciá-los ao tomar a decisão envolvida na problemática apresentada inicialmente. A ideia é que os alunos pensem na quantidade de gases, em ambas as águas. Essas relações foram evidenciadas na construção de um gráfico relacionado à variação da quantidade de gás dissolvido na água gaseificada em função da temperatura. Dessa forma, realizamos o seguinte questionamento aos alunos por meio do *Google Forms*: **OC.PO4 – Considerando os experimentos, represente, graficamente, a variação da quantidade de gás dissolvido na água gaseificada em função da temperatura.** Alguns alunos se recusaram a representar o gráfico, mesmo com a orientação de que se tratava de um desenho representativo dos entendimentos acerca das observações registradas.

Concordamos com Carvalho (2020, p. 44) quando afirma que os registros gráficos seriam importantes por diversos aspectos:

> Aos alunos, a elaboração de um registro gráfico pode servir para organizar dados, sintetizar informações ou apresentar aos demais colegas o que foi realizado. Ao professor, as funções anteriores ajudam no encaminhamento das discussões e avaliação delas. Deste modo, os registros podem ser uma forma de o professor acompanhar o progresso dos alunos ao longo da abordagem do tema.

Consideramos, desse modo, que os registros gráficos, pelos alunos, podem demonstrar como eles percebem a inversão de proporcionalidade entre as quantidades de gases e o aumento da temperatura, o que também favorece a premissa teórica sobre o aumento da temperatura e sua relação com a solubilidade. Podemos dizer, contudo, que geralmente ocorre uma diminuição da solubilidade dos gases em água quando a temperatura aumenta, que os gráficos construídos pelos alunos parecem querer mostrar. Nesse sentido, para uma melhor visualização dos registros, optamos por agrupá-los no Quadro 20.

Quadro 20 – Modelos de gráficos construídos pelos alunos

VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DE GÁS DISSOLVIDO NA ÁGUA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA		
		
(OC.PO4.03)	(OC.PO4.09)	(OC.PO4.11)

Fonte: Autoria própria (2022).

Examinamos as representações gráficas contidas no Quadro 20, construídas pelos alunos. Em OC.PO4.09 e OC.PO4.11, tendemos a pensar numa queda na solubilidade dos gases conforme a temperatura aumenta. Nesse sentido, observamos a coerência entre os diversos modelos de gráficos construídos por eles, utilizando os conceitos problematizados e elaborados anteriormente. Considerando que nove alunos não cumpriram a tarefa de representar graficamente os registros, a retomada dos conceitos envolvidos foi de fundamental importância durante a aplicação do conhecimento. Assim, na retomada da problemática foi apresentado um gráfico demonstrando a quantidade de oxigênio em relação às temperaturas em cada ponto do Rio Água Doce. O objetivo, com a interpretação desse gráfico, era reconhecer que a diminuição da quantidade de gases dissolvidos em função da elevação da temperatura na água do rio provocou o aumento da mortalidade de peixes, mediante a compilação dos dados expressos nos gráficos.

Para ilustrar essas constatações também selecionamos algumas respostas dos alunos para a primeira questão da retomada da problemática disponível para registro no *Google Forms*: **AC.RT1 – a) O que se pode constatar sobre a quantidade de gás oxigênio dissolvido nos três pontos?** Destacamos os seguintes excertos: *Através do gráfico, podemos constatar que quanto menos oxigênio, maior a temperatura da água* (AC.RTa.02); *Que quanto maior a temperatura, menos oxigênio está dissolvido na água* (AC.RTa.06); *Com o aumento da temperatura a quantidade de oxigênio diminui, ou seja, diminui a sua solubilidade a medida que a temperatura vai subindo* (AC.RTb.01). Outros alunos também mencionam que:

> No ponto A a temperatura é menor em relação aos outros pontos e a quantidade de O_2 é maior, já no ponto B a temperatura é bem maior e a quantidade de O_2 teve uma diminuição significativa (tem menos O_2 do que nos outros pontos). Já no ponto C o aumento de temperatura e a diminuição da quantidade de O_2 foi bem pouca em relação ao ponto A (AC.RTa.03)

Considerando esse contexto, durante a aplicação dos conhecimentos foi discutido, com os alunos, que, se a temperatura da água subir, acarretará o aumento da velocidade de respiração dos peixes (CARAPETO, 1999). Além disso, foram motivados a refletir sobre as consequências da poluição térmica (PERCEBON; BITTENCOURT; ROSA FILHO, 2005). Assim, nesse processo, os alunos são oportunizados a relacionar as variáveis em questão (temperatura vs. quantidade de oxigênio dissolvido em ambientes aquáticos), sem, no entanto, se distanciar do caso a ser resolvido. A seguir, discutiremos os conhecimentos relacionados à quantidade de oxigênio dissolvido em ambientes aquáticos.

4.3.3 A importância dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos

Nesta categoria, encontram-se as respostas dos alunos sobre os conceitos explorados na oficina, a respeito da dissolução de gases na água, estabelecendo uma relação com o processo de respiração dos peixes e a fotossíntese das plantas aquáticas. O Quadro 21 apresenta exemplos de unidades de registro e número de citações nas categorias iniciais e intermediárias, sobre gases dissolvidos em ambientes aquáticos, os quais contribuíram para compor a categoria final sobre os conhecimentos mobilizados pelos alunos para solucionar o caso do Rio Água Doce, tendo como base a análise das respostas dos alunos para o conjunto de situações.

Quadro 21 – Processo de categorização das respostas dos alunos sobre a importância dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos

EXEMPLOS DE UNIDADES DE REGISTRO	**CATEGORIAS INICIAIS (2.3)**	**CATEGORIAS INTERMEDIÁRIAS (2.3)**
[*A respiração ocorre por meio das brânquias. Por essas entra o O_2 existente na água*] PI.QE.2a.08 [*Ela absorve os raios solares e juntamente com a água e o gás carbônico*] PI.QE.2b.03	Indícios da presença de gases dissolvidos na água (26)	A importância dos gases dissolvidos em ambientes aquáticos (53)
[*Acho que tem a ver um pouco com a agitação das partículas ou o pH da água*] AC.PO1.09 [*(...) mudança na temperatura, além de alterar a concentração de O_2*] AC.RTb.14	Fatores envolvidos no processo de dissolução de gases em água (27)	

Fonte: Autoria própria (2022).

Conforme as informações dispostas no Quadro 21, podemos verificar nas respostas dos alunos indícios da presença de gases dissolvidos na água. Apresentamos a segunda pergunta do questionário exploratório disponível para registro no Google Forms: **PI.QE2 – As plantas realizam um processo denominado fotossíntese, que pode ser definido como a forma na**

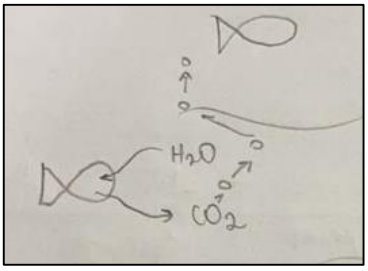
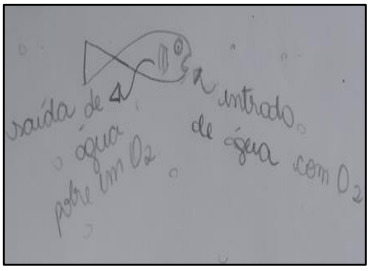
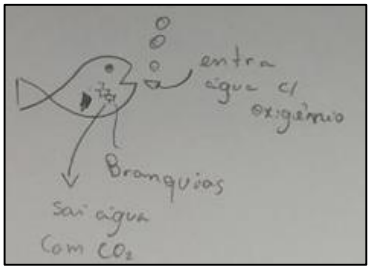
qual a energia solar é capturada e convertida em energia para elas. O que ocorre é que na presença de luz e clorofila, o gás carbônico (CO_2) e a água (H_2O) capturados pela planta são convertidos em glicose, havendo também a liberação de oxigênio (O_2) no ar. Logo, a fotossíntese é considerada um recurso fundamental para a manutenção da vida no planeta. Por outro lado, o processo de respiração dos animais ocorre de modo diferente, pois não é uma fotossíntese. Assim, como você explicaria e representaria por desenhos: a) A respiração dos peixes submersos em água? b) A fotossíntese das plantas aquáticas?

Na maior parte dos casos — em treze respostas —, as explicações para o processo de respiração dos peixes apresentavam indícios da presença de gás oxigênio na água. A fim de ilustrar as respostas identificadas nesta categoria, trazemos os seguintes excertos: *A água com o O_2 entraria pela boca dos peixes e (acho) que a parte de água com O_2 menos rica sairia pelos brônquios* (PI.QE2a.02); *Os peixes retiram o O_2 da própria água. Por isso, sempre os vemos de boca aberta/abrindo a boca. A água com o O_2 entra pela boca e sai, sem o O_2, pelas guelras* (PI.QE2a.14). Os alunos também mencionaram a liberação do gás carbônico, como observamos nos seguintes trechos: *Fazendo tipo uma filtragem, tipo eles respiram O_2 e liberam CO_2 para o meio*" (PI.QE2a.10); *Na respiração dos peixes submersos na água é feita pelas brânquias, onde inspira para o organismo na corrente sanguínea o oxigênio, e expira o dióxido de carbono* (PI.QE2a.15).

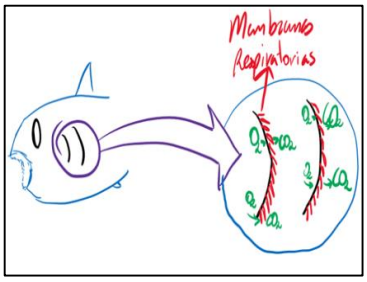
Além da explicação, foi solicitado que eles desenhassem o processo de respiração dos peixes, para uma melhor visualização das representações, e nós as agrupamos no Quadro 22.

Quadro 22 – Representação a respeito do processo de respiração dos peixes

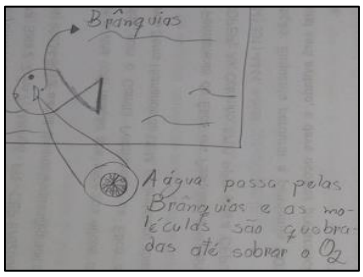
(Continua)

PROCESSO DE RESPIRAÇÃO DOS PEIXES		
		
(PI.QE.2a.01)	(PI.QE.2a.02)	(PI.QE.2a.08)

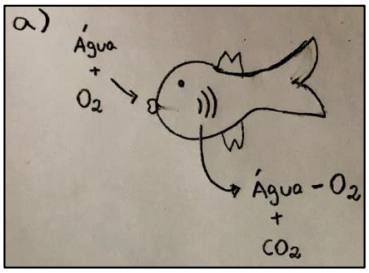
(Conclusão)



(PI.QE.2a.10)



(PI.QE.2a.13)



(PI.QE.2a.14)

Fonte: Autoria própria (2022).

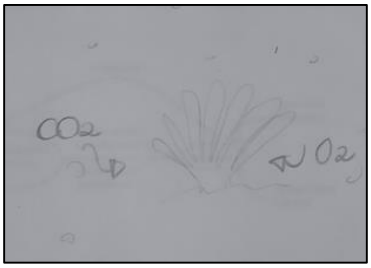
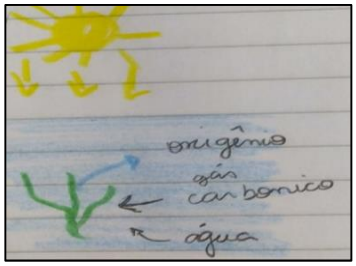
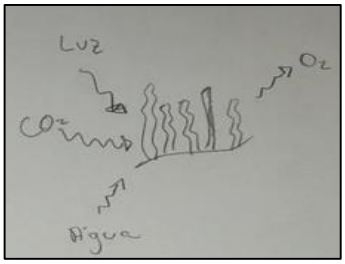
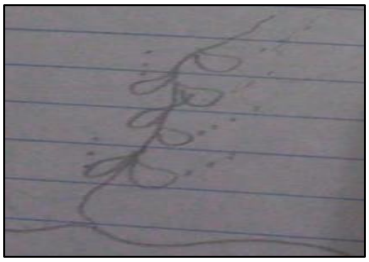
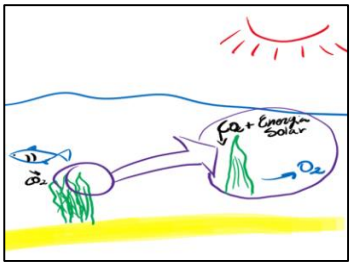
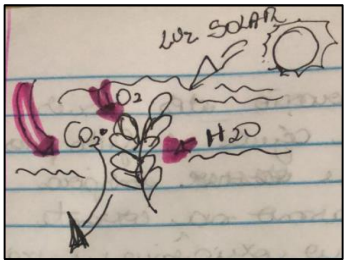
Em geral, as representações dos alunos continham um peixe com bolhas ou setas ao seu redor, indicando a presença de gases na água. Essas ilustrações corroboram as explicações de que ao menos parte dos alunos compreende a presença de gases dissolvidos na água, mesmo que simplificadamente. No entanto, alguns alunos tendem a relacionar equivocadamente esse processo à remoção de oxigênio da molécula de água (CARMO; FREITAS; QUADROS, 2013). Como exemplo disso, podemos citar os seguintes excertos: *Por meio da ingestão do oxigênio que faz parte da molécula da água e libera uma porção de dióxido de carbono* (PI.QE2a.01); *A água passa pelas brânquias dos peixes, onde as moléculas são quebradas e ocorre a troca do O_2 e o CO_2 do peixe* (PI.QE2a.13).

Nesse caso, sugerimos que seja feita a pergunta elaborada por Quadros (2004): Os peixes respiram o oxigênio presente na molécula H_2O ou o oxigênio dissolvido na água? No excerto de PI.QE2a.13, ele menciona que a água passa pelas brânquias, e as moléculas são rompidas até sobrar o oxigênio. Assim, o oxigênio que os peixes respiram não corresponderia ao oxigênio dissolvido na água. Ademais, evidenciamos, por meio do fragmento de PI.QE2a.01, mais uma compressão equivocada desse processo, ao indicar a água entrando no peixe e, depois, o gás carbônico saindo e se "transformando" em oxigênio. Enquanto isso, PI.QE2a.06 usa o termo "diluído" para explicar a presença do oxigênio na água, como verificamos no trecho: *Eles pegam o gás oxigênio diluído na água pelas brânquias e assim conseguem fazer a respiração* (PI.QE2a.06). Nesse sentido, na oficina, ressaltamos a importância de uma abordagem que não seja essencialmente química, mas que contemple os aportes da biologia e da física, para evitar uma compreensão fragmentada do processo.

Em um segundo momento, foi solicitado que os alunos explicassem como as plantas aquáticas realizam a fotossíntese, com a representação desse processo, visto que podem ser observados outros entendimentos não expressados na escrita. Nas respostas, os alunos justificam que o processo é semelhante ao que ocorre com as plantas terrestres, utilizando a luz

solar como fonte de energia. Assim, para uma melhor visualização dos desenhos sobre a fotossíntese das plantas aquáticas, optamos por agrupá-los no Quadro 23.

Quadro 23 – Representação sobre o processo de fotossíntese das plantas aquáticas

PROCESSO DE FOTOSSÍNTESE DAS PLANTAS AQUÁTICAS		
 (PI.QE.2b.02)	 (PI.QE.2b.03)	 (PI.QE.2b.08)
 (PI.QE.2b.09)	 (PI.QE.2b.10)	 (PI.QE.2b.15)

Fonte: Autoria própria (2022).

Em uma das respostas, fica evidente que o aluno concebe a fotossíntese como "respiração" pois libera gás carbônico, ideia incompatível com conhecimentos científicos estabelecidos. Vejamos: *Nas plantas aquáticas a fotossíntese acontece em forma da combinação de água, luz solar e gás carbônico, e nesse processo o gás carbônico é liberado, e o oxigênio será transformado em energia pela glicose* (PI.QE.2b.15). Por fim, há respostas que diferem de concepções aceitas cientificamente, que têm frequências relativamente baixas: por exemplo, o aluno PI.QE.2b.09 usa a palavra "hidrólise" para explicar a ocorrência da fotossíntese, mas dá poucos indícios sobre a compreensão de presença de gases. Para discutir melhor as questões e problemas relacionados à fotossíntese, foi abordada a importância dos gases dissolvidos em ecossistemas aquáticos.

Embora não seja foco da referida oficina, explicar a fotossíntese das plantas aquáticas, consideramos que tal conhecimento foi importante, pois, como verificamos, pode constituir um rico espaço para se explorar aspectos comumente mencionados, porém pouco problematizados ou refletidos, como a presença de gases dissolvidos na água, que, estão diretamente relacionados à luminosidade e à temperatura (ESTEVES, 1998). Assim, podemos dizer que a

quantidade de gases está diretamente associada a essas variáveis, todavia outros fatores, como a agitação da água, podem ter importância eventual (PEDROZO; KAPUSTA, 2010).

Os alunos analisaram algumas dessas variáveis no experimento com indicador de repolho roxo, que assume coloração rosada em meio ácido (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2008). Essa coloração pode ser verificada no recipiente contendo água gaseificada (devido à presença de H_2CO_3), enquanto no outro recipiente, com água da torneira, pode ser observada a coloração azul ou roxa. Entretanto, ao verificarmos as respostas dos alunos após a realização do experimento, percebemos uma certa dificuldade para justificar a primeira pergunta do questionário pós-experimento disponível para registro no *Google Forms*: **OC.PO1 – O que poderia justificar a mudança da coloração verificada nos recipientes?**

Essa questão testava a capacidade de inferir uma resposta sobre a mudança de coloração na água da torneira e gaseificada (contendo indicador de repolho roxo), seja pela variação na quantidade de gases dissolvidos na água, seja pela mudança no pH das soluções. No entanto, poucos alunos consideraram a presença de gases dissolvidos na água, como evidenciado nos excertos: *Incorporação de gás* (OC.PO1.03); *A presença ou não dos gases em solução* (OC.PO1.06); *A repentina saída de CO_2 na água pode ter alterado a cor da solução e com o indicador mostrado que a água teve uma mudança de pH* (OC.PO1.10); *Acredito que a adição de CO_2 nas soluções poderia explicar boa parte desse experimento. Tanto a adição quanto a retirada do CO_2* (OC.PO1.13). Nesse sentido, observamos que OC.PO1.03 sinaliza que a mudança de coloração ocorre devido à incorporação de gás, sendo que, na última etapa do experimento, quando eles assopram uma solução de água da torneira que havia sido fervida e resfriada até uma temperatura segura, ela adquire uma coloração rosada. Isso ocorre porque o gás carbônico eliminado durante o sopro entra em contato com a água, tornando o meio ácido.

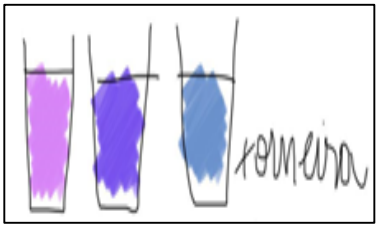
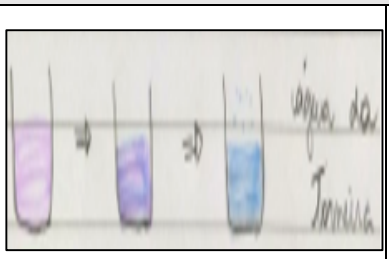
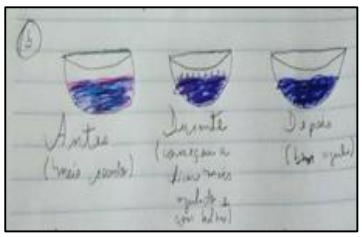
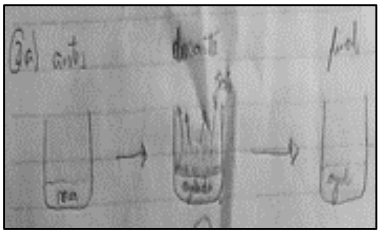
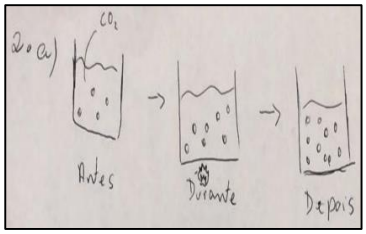
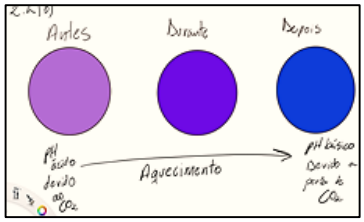
Enquanto isso, no fragmento de OC.PO1.10 se destaca a saída de gás carbônico na água e a mudança de pH, pois, quando eles agitaram a água gaseificada, foi perceptível que ela ficou azul. Devemos considerar que, mesmo o conceito de pH não sendo o foco da atividade, os alunos costumam destacá-lo em suas observações, como evidenciado a seguir: [...] *como o repolho é um indicador de pH, justificaria que houve uma mudança na coloração por conta desta mudança de pH* (OC.PO1.01); *A mudança de coloração pode ser justificada pela agitação ao adicionar o indicador, ou pela mudança de pH e temperatura* (OC.PO1.02); *Acho que tem a ver um pouco com a agitação das partículas ou o pH da água* (OC.PO1.09). Para envolvê-los na discussão, foi comentado que, quando a água é agitada, todas as moléculas, inclusive a dos gases dissolvidos, também são agitadas, assim fica mais fácil para as moléculas dos gases “saírem” da água.

Além das respostas dissertativas, foi solicitado que os alunos justificassem as mudanças de coloração por meio de desenhos. Dessa forma, realizamos o seguinte questionamento a eles por meio do *Google Forms*: **OC.PO2 – Represente os momentos indicados abaixo por meio de desenhos, de modo a justificar a mudança da coloração no: a) recipiente contendo água de torneira antes, durante e ao final de seu aquecimento; b) recipiente contendo água gaseificada antes, durante e ao final de seu aquecimento; c) recipiente contendo água de torneira fervida antes, durante e após o seu borbulhamento.** A questão tinha como objetivo inferir acerca da mudança de cores na água (contendo indicador de repolho roxo), de forma a representar as variações nas quantidades de gases, com aquecimento ou borbulhamento.

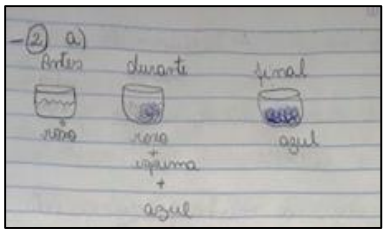
Na maior parte das representações — em oito respostas —, as explicações focaram apenas em aspectos visuais, sem apresentar uma justificativa para a mudança de coloração. Alguns alunos mencionam que a água da torneira: *[...] estava numa cor mais roxa, creio que durante o aquecimento ela deu uma escurecida pois ao final obtive um roxo mais escuro e puxado para o azul* (OC.PO2a.01); *[...] antes estava roxa, durante ficou um roxo azulado e depois azul* (OC.PO2a.03); *Antes ela fica roxa e conforme vai aquecendo, sua coloração vai escurecendo chegando a um tom de azul escuro* (OC.PO2a.016). Para uma melhor visualização das representações sobre as mudanças de coloração na água da torneira antes, durante e ao final de seu aquecimento, optamos por expressá-las no Quadro 24.

Quadro 24 – Representação sobre as mudanças de coloração no recipiente contendo água da torneira antes, durante e ao final de seu aquecimento

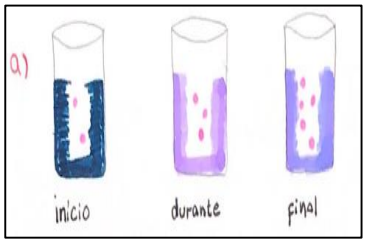
(Continua)

ÁGUA DA TORNEIRA		
 (OC.PO2a.01)	 (OC.PO2a.03)	 (OC.PO2a.05)
 (OC.PO2a.06)	 (OC.PO2a.08)	 (OC.PO2a.10)

(Conclusão)



(OC.PO2a.11)



(OC.PO2a.14)



(OC.PO2a.016)

Fonte: Autoria própria (2022).

Considerando as representações apresentadas na questão OC.PO2a, somente um aluno explicou adequadamente a variação na quantidade de gases dissolvidos na água da torneira. Vejamos: *Com o aquecimento os gases foram "escapando" da solução fazendo ela mudar de cor* (OC.PO2a.06). Por outro lado, dois alunos conseguiram identificar a variação na quantidade de gás carbônico na água por meio de sua coloração, porém apontam que a quantidade está aumentando. Como exemplo disso, podemos citar o seguinte trecho: *[...] a água está roxa, pouco CO_2, e ao final fica mais clara, contendo um pouco mais de CO_2* (OC.PO2a.08). Ainda nesse contexto, o aluno OC.PO2a.14 também apontou a variação na quantidade de gás carbônico, e optamos por expressá-la a seguir:

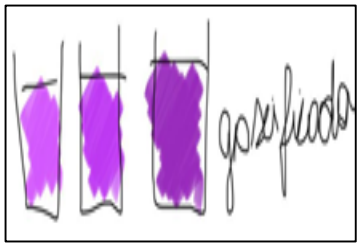
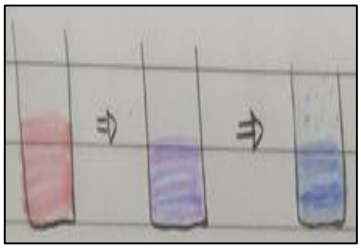
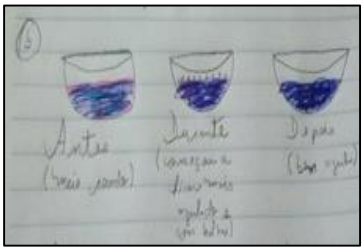
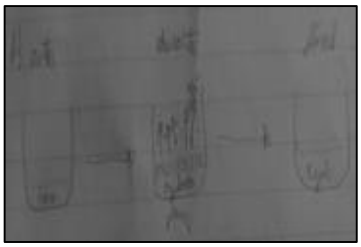
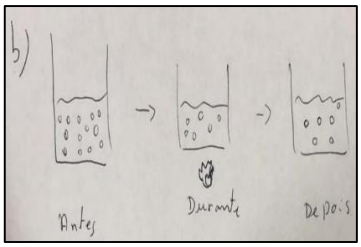
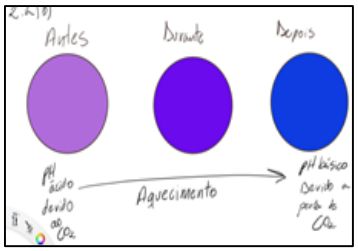
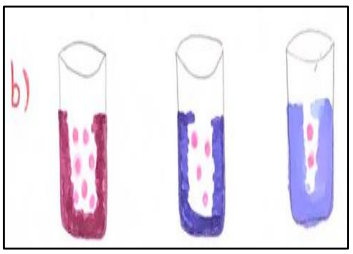
> Como a coloração da água, com o aquecimento, chega em uma coloração bem próxima à da água gaseificada, imagino que a quantidade de CO_2 seja divergente da inicial, alterando o pH, ou algo que provoque uma alteração no pH da mesma, igualando ao pH da água com gás após ser aquecida.

Ao observar o desenho de OC.PO2a.14, podemos notar que a representação da água após seu aquecimento apresenta uma coloração azul. Assim, na resposta dissertativa, o aluno aponta que o pH fica próximo da água gaseificada após ser aquecida, mas, diferentemente do desenho, a quantidade de gás carbônico na água deveria diminuir com a elevação da temperatura. Ele também observou que na água gaseificada houve a *[...] formação de espuma na parte superior do pirex, assim como forma quando abrimos um refrigerante* (OC.PO2b.14). O aluno, nesse caso, já havia percebido a saída de uma grande quantidade de gás ao abrir uma garrafa ou lata de refrigerante mantida em um local com temperatura elevada.

Outros dois alunos demostraram a compreensão de que a quantidade de gases dissolvidos estava diminuindo, como evidenciado nos seguintes excertos: *Com o aquecimento os gases foram "escapando" da solução fazendo ela mudar de cor*, como na água da torneira (OC.PO2b.06); *[...] inicialmente a água está rosa e contém bastante CO_2, durante vai diminuindo então fica em um tom azul e ao final fica roxa* (OC.PO2b.08). Enquanto isso, os

demais alunos — oito respostas — destacam apenas aspectos visuais, sem apresentar uma justificativa para a mudança de coloração. Para uma melhor visualização das representações sobre as mudanças de coloração na água gaseificada antes, durante e ao final de seu aquecimento, optamos por expressá-las no Quadro 25.

Quadro 25 – Representação sobre as mudanças de coloração no recipiente contendo água gaseificada antes, durante e ao final de seu aquecimento

ÁGUA GASEIFICADA		
 (OC.PO2b.01)	 (OC.PO2b.03)	 (OC.PO2b.05)
 (OC.PO2b.06)	 (OC.PO2b.08)	 (OC.PO2b.10)
 (OC.PO2b.11)	 (OC.PO2b.14)	 (OC.PO2b.16)

Fonte: Autoria própria (2022).

Em outro momento, foi solicitado que os alunos explicassem a mudança de coloração no recipiente contendo água de torneira fervida: antes, durante e após seu borbulhamento. Em suas respostas, os alunos mencionam diferentes colorações; por exemplo, no fragmento OC.PO2c.16, o aluno observou que a água estava azul, mas durante e após o borbulhamento, ele não notou nenhuma diferença na coloração, apenas o aumento de bolhas e espuma. O aluno OC.PO2c.03 também percebeu que antes estava azul; durante, estava roxo azulada; e após, roxa. Enquanto isso, o OC.PO2c.01 verificou que ela saiu dessa cor mais azulada e foi tendendo

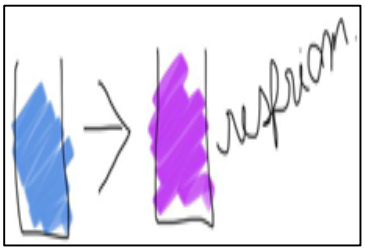
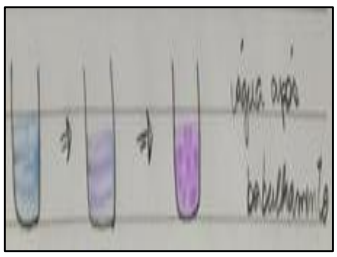
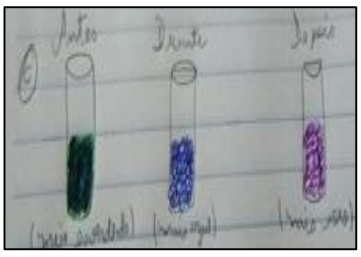
para o rosa, até parar num rosa bem clarinho. Talvez OC.PO2c.01 tenha assoprado a solução por mais tempo que OC.PO2c.03 e OC.PO2c.16. Além disso, OC.PO2c.05 observou que antes a água apresentava uma coloração esverdeada, depois ela ficou azul e, por fim, parecia roxa. É bem provável que esse aluno tenha aquecido a água em uma chama com mais intensidade, até ela ficar praticamente sem gás e com o pH neutro (cor verde).

Alguns alunos também conseguiram identificar, por meio da coloração, que a quantidade de gases na água estava aumentando; assim, nas respostas dissertativas eles explicam que: *O aquecimento fez sair muitos dos gases em solução, fazendo mudar de cor, depois com o assoprar, os gases foram voltando para a solução*, fazendo ela voltar para a coloração inicial (OC.PO2c.06); *Após o borbulhamento e devido a água estar quente (a temperatura favorece a reação) percebe-se que a coloração semelhante a água com gás no início, o que leva a ideia de que inserimos* CO_2 (OC.PO2c.14). O aluno OC.PO2c.06 se refere à coloração inicial da água da torneira antes de ser aquecida e os gases escaparem da solução, enquanto OC.PO2c.14 faz uma comparação com a água gaseificada antes de ser aquecida, quando ela estava rosa. Vale lembrar que o gás carbônico eliminado durante o sopro reage com a água e origina o ácido carbônico (SILVA, 2017), tornando o meio mais ácido. OC.PO2c.14 também destaca que a temperatura favorece a reação, no entanto, a quantidade de gás carbônico que reage com a água diminui com a elevação da temperatura.

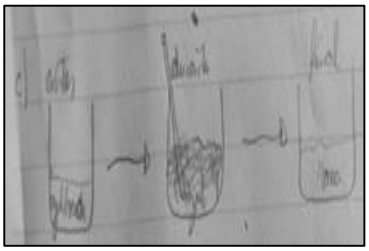
Na retomada do experimento, foram inseridas fotografias em uma apresentação de *slides*, a fim de ampliar as discussões e comparar as constatações dos alunos a respeito da coloração da água. Para uma melhor visualização das representações sobre as mudanças de coloração na água de torneira fervida, optamos por expressá-las no Quadro 26.

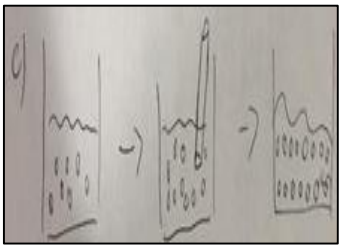
Quadro 26 – Representação sobre as mudanças de coloração no recipiente contendo água da torneira fervida antes, durante e após o seu borbulhamento

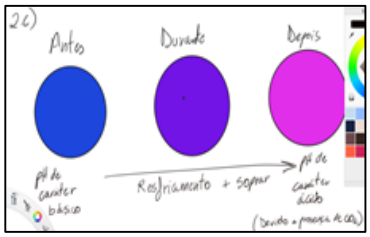
(Continua)

BORBULHAMENTO		
 (OC.PO2c.01)	 (OC.PO2c.03)	 (OC.PO2c.05)

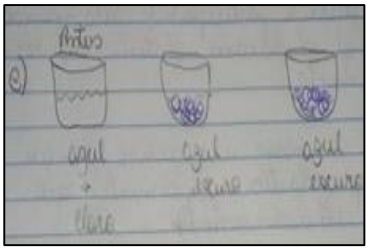
(Conclusão)


(OC.PO2c.06)


(OC.PO2c.08)



(OC.PO2c.10)



(OC.PO2c.11)


(OC.PO2c.14)


(OC.PO2c.16)

Fonte: Autoria própria (2022).

A questão, portanto, possibilitou a abertura para que alguns aspectos quantitativos e qualitativos fossem relevados. Nesse sentido, os alunos foram instigados a pensar numa forma de determinar a quantidade de gases dissolvidos em água a partir de modelos matemáticos e experimentais. Para isso, realizamos o seguinte questionamento: **OC.*PO3* – Seria possível, usando métodos experimentais, determinar a quantidade de gás dissolvido em uma garrafinha (510 mL) de água gaseificada e na mesma quantidade de água de torneira? Se sim, como? Se não, justifique.**

Essa questão testava a capacidade dos alunos de expressar hipóteses sobre uma possível forma de determinar a quantidade de gases dissolvidos em ambas as águas. Dos dezesseis alunos que participaram da pesquisa, nove responderam que seria possível determinar a quantidade de gases a partir de modelos experimentais, porém, ao justificar, tiveram dificuldades para explicar quais métodos experimentais poderiam ser utilizados. Inclusive, um desses alunos não apresentou nenhum método. O aluno OC.PO3.13 respondeu: *[...] Acho que sim, calculando a densidade de repente. Mas eu não sei direito.* Talvez esse aluno já tenha ouvido falar que a densidade da água pode variar com a quantidade de materiais dissolvidos.

Por sua vez, o aluno OC.PO3.09 respondeu que a quantidade de gás pode ser determinada por meio do *volume*, porém não justifica sua resposta. Corroborando esse pensamento, o aluno OC.PO3.14 explica que: *Sabemos o volume da garrafinha, basta descobrir sua massa ainda fechada, sem aquecimento, depois determinar após aquecê-la, pois assim saberemos a variação da massa e, consequentemente a quantidade de gás. O mesmo vale para a água da torneira, basta saber a massa inicial*. Nesse caso, o raciocínio tem coerência,

mas a variação da massa também depende da água que evapora durante o aquecimento, entre outros fatores.

Outros alunos avaliam o pH da água estabelecendo uma relação com o experimento apresentado anteriormente. A exemplo disso, podemos mencionar os seguintes excertos: *Creio que sim, como a mudança de cor ocorre por causa do gás, se anotarmos o tempo e vermos o pH, antes e depois, dá para descobrirmos quanto de gás precisou ter saído para chegar no resultado final* (OC.PO3.06); *Com o indicador, conseguimos conhecer o pH do meio com a água, conhecendo também a determinação de gás presente, e acredito que por meio da concentração da solução pode ser que consiga determinar essa quantidade* (OC.PO3.15).

Apenas dois alunos responderam que não seria possível determinar a quantidade de gases a partir de modelos experimentais. O aluno OC.PO3.02 comentou: *Acho que não, ao utilizar os métodos experimentais, a partir do momento que a água gaseificada fica exposta, ela deve mudar a quantidade de gás*. Indo ao encontro dessa ideia, OC.PO3.01 mencionou: *acho que não, pois com o aquecimento o gás incorporado à água foi saindo, deixando apenas a água e eu não sei se consegue calcular a quantidade em que este gás sai*. A questão foi deixada em branco por outros cinco alunos. Nesse sentido, podemos pensar na reformulação da pergunta, para que os alunos deem exemplos de métodos experimentais e justificar em seus argumentos como fariam para determinar a quantidade de gases dissolvidos na água.

Mediante essas discussões, alcançamos o objetivo de tornar explícito o conhecimento dos alunos sobre o tema. Nesse sentido, é importante destacar que, no decorrer da oficina, ao exporem suas respostas, vinte e sete alunos mencionaram ou explicitaram ideias que se relacionam aos fatores que influenciam a dissolução dos gases, seja pela influência da temperatura, seja pela agitação ou pH da água. Também, nesse processo, verificamos que durante a oficina outros conhecimentos foram requeridos dos alunos, como a articulação de conhecimentos químicos e biológicos, ao apresentarem indícios da presença de gases na água.

4.4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DAS SITUAÇÕES PROBLEMATIZADAS

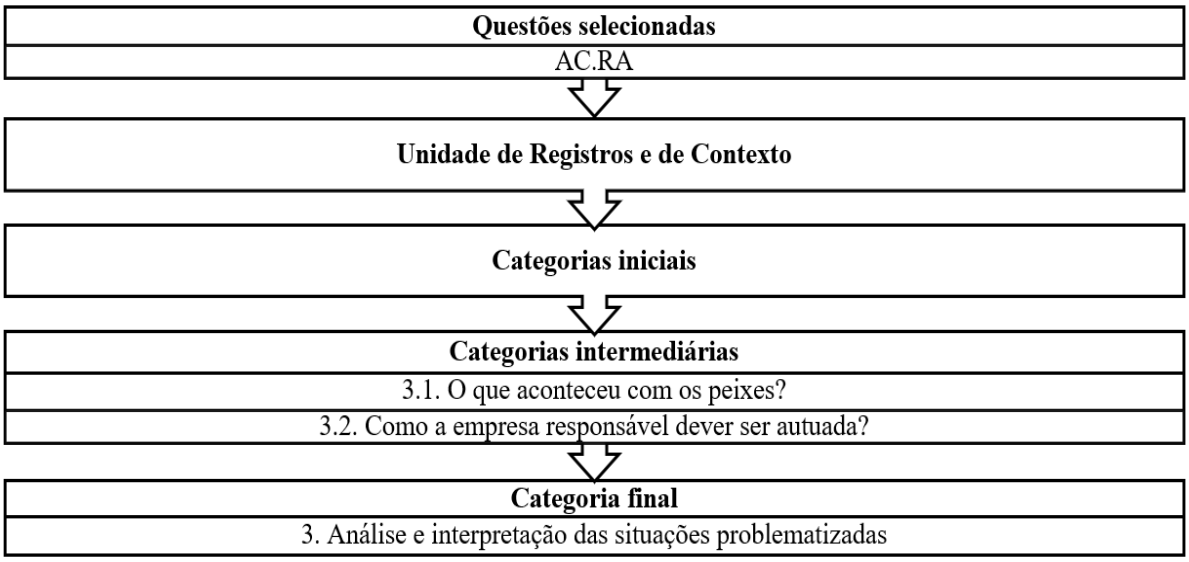
Neste foco, analisamos os conhecimentos incorporados pelos alunos participantes da pesquisa em resposta à problemática, ou seja, os conhecimentos necessários “[...] para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinam o seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 157). Assim,

sabendo a causa e qual das empresas foi a causadora das mortes dos peixes, os alunos se organizaram em seis grupos, dois deles formados com dois alunos, e quatro, com três.

Formados os grupos, foram, então, orientados a elaborar um relatório de autuação, considerando todas as informações levantadas, analisadas e a importância dada por eles a esse tipo de infração. É por meio desse instrumento que os alunos conseguem retomar o que foi trabalhado nos focos 1 e 2 da pesquisa. Para tal, analisamos as seis questões propostas no relatório de autuação disponível para registro no *Google Forms*: **AC.RA – Qual foi a empresa? O que ocasionou a morte? Quais foram as consequências observadas? Quais os parâmetros usados para a autuação? Qual a punição? Quais as possíveis adequações recomendadas para a empresa?**

Dessa forma, utilizando o relatório final para tal análise, estabelecemos o processo de identificação das unidades de registro, por meio da análise de conteúdo (BARDIN, 2016), e, com elas, traçamos as categorias de análise, conforme sintetizado na Figura 19.

Figura 19 – Sistematização do processo de análise dos resultados referentes às interpretações das situações problematizadas



Fonte: Autoria própria (2022).

Após a categorização dos conhecimentos mobilizados pelos alunos, verificamos sua ocorrência quanto ao aparecimento sem suas respostas, o que será apresentado e discutido na sequência.

4.4.1 O que aconteceu com os peixes?

Nesta categoria, analisamos os argumentos construídos nos grupos a respeito da causa da morte dos peixes e das consequências observadas nesse caso. Para isso, os alunos precisavam de questões que os orientassem em suas respostas, dentre as quais selecionamos: *O que ocasionou a morte? Quais foram as consequências observadas?* Salientamos que, nesse momento, para tais reflexões, os alunos precisaram recorrer aos conhecimentos mobilizados, construídos e reconstruídos ao longo da oficina. O Quadro 27 apresenta exemplos de unidades de registro e número de citações nas categorias iniciais e intermediárias que contribuíram para compor a categoria final, referente à solução do caso, tendo como base a análise das respostas dos grupos para as referidas questões do relatório.

Quadro 27 – Processo de categorização das respostas dos grupos sobre o que aconteceu com os peixes[36]

EXEMPLOS DE UNIDADES DE REGISTRO	CATEGORIAS INICIAIS (3.1)	CATEGORIAS INTERMEDIÁRIAS (3.1)
[*A morte dos peixes foi ocasionada pelo aumento da temperatura, pois a quantidade de oxigênio foi diminuindo] AC.RA.02.03* *[Maior temperatura e menor quantidade de Oxigênio] AC.RA.15.16*	Causa da morte dos peixes (6)	O que aconteceu com os peixes? (12)
[*A morte dos peixes, comprometimento da biodiversidade da vida marinha*] AC.RA.05.07.08 [*Morte dos peixes e afeta o ecossistema*] AC.RA.15.16	Consequências (6)	

Fonte: Autoria própria (2022).

O Quadro 27 expõe que todos os grupos de alunos explicitaram, em suas respostas, que o aumento da temperatura da água seria a causa da morte dos peixes. Do mesmo modo que em momentos anteriores, os alunos suspeitavam que a temperatura poderia ter acarretado algum malefício aos peixes. Por exemplo, PI.QP2.08 apontou que a elevação da temperatura do rio poderia ter feito mal aos peixes, levando, assim, a esse aumento da mortandade. No entanto, eles não conseguiam explicar quais efeitos o aumento da temperatura provoca na água que tenha contribuído para o episódio. Além disso, os alunos apontavam outros parâmetros para indicar a causa da morte dos peixes, como a contaminação por materiais sedimentares, substâncias

[36] Código: o primeiro par de letras indica o momento pedagógico, seguido por um par de letras que indica a questão; o número acompanhado das letras [a, b, c], se houver, e o último par de número, indicam o aluno e os grupos.

químicas, entre outros. Nessa resposta, observamos que os alunos percebem a existência de substâncias químicas como poluentes, porém não descrevem quais substâncias seriam. Percebemos, aqui, a visão de que a química é algo prejudicial e que faz mal aos peixes. Cabe mencionar que os referidos alunos, embora mencionem tais termos, não estabelecem nenhuma relação destes com a temperatura.

Nesse primeiro momento (problematização inicial), verificamos que os alunos apresentaram uma postura de indecisão e dúvidas, de levantamento de hipóteses, visto que se encontravam em processo de mobilizar, reconhecer e refletir a respeito de seus conhecimentos prévios perante a problemática. Assim, o ápice dessa situação inicial é justamente "[...] fazer que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um problema que precisa ser enfrentado" (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 156). Esse aspecto é evidenciado na organização do conhecimento, em que foram selecionados e estudados os conhecimentos necessários para a compreensão da problematização inicial envolvendo o caso do Rio Água Doce, como: poluição das águas, influência da temperatura da água e dissolução de gases em ambientes aquáticos. "As mais variadas atividades são então empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações" (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 156).

De forma articulada aos outros momentos, na aplicação dos conhecimentos, em que foi proposta aos alunos a organização em grupos para a elaboração de um relatório de autuação, verificamos que os conhecimentos construídos foram incorporados aos argumentos trazidos por eles. Uma evidência disso é que, além de mencionarem a temperatura, os grupos trouxeram em suas respostas justificativas que contemplaram os efeitos que o aumento da temperatura provoca na água, como os conhecimentos químicos relacionados à concentração e à solubilidade de oxigênio, conforme podemos verificar nos seguintes argumentos: *Elevação na temperatura da água fazendo com que a concentração de O_2 na água fosse menor* (AC.RA.01.04.06); A *variação da temperatura da água, que causa alteração da solubilidade do oxigênio, causando assim a morte dos peixes* (AC.RA.05.07.08); *A temperatura elevada no ponto B, 42ºC, é o principal fator para ocasionar a morte dos peixes. Isso porque, dentro dos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA, a temperatura deve ser inferior a 40ºC. Essa elevação ocasiona uma menor concentração de O_2 no meio* (AC.RA.11.12.14); *O descarte indevido da empresa siderúrgica causou uma elevação indevida na temperatura do Rio Água Doce (AC.RA.09.10.13); Maior temperatura e menor quantidade de Oxigênio* (AC.RA.15.16).

Esses conhecimentos foram sendo incorporados ao longo da oficina, assim como durante as situações apresentadas no foco 2, em que os alunos se apropriaram de conhecimentos específicos necessários para a resolução do caso em questão. Chamamos a atenção para os argumentos apresentados por AC.RA.05.07.08 e AC.RA.02.03, em que, além de mencionarem a alteração da temperatura da água do rio, relacionaram esse indicador à concentração de oxigênio como fato diretamente ligado à mortandade de peixes. Indo além, em AC.RA.02.03 verificamos que o grupo indica ainda uma justificativa para o motivo de os peixes terem aparecido mortos no ponto C e não no ponto de descarga, ou seja, o ponto B.

A partir do ponto de descarga, a concentração de oxigênio disponível diminui, e só algumas espécies se adaptam a essas condições, atingindo um nível mínimo a alguma distância desse ponto (denominada zona séptica), no qual se verifica, em decorrência disso, a ausência de peixes. Tais aspectos foram reiterados nos argumentos, indicando as consequências do fator desencadeante da morte dos peixes, como verificamos em: *A morte dos peixes na chamada zona séptica, sendo no caso o ponto C do rio* (AC.RA.11.12.14); *Foram criadas zonas de difícil adaptação, criando zonas de decomposição e zonas sépticas* (AC.RA.01.04.06); *A morte dos peixes, comprometimento da biodiversidade da vida marinha* (AC.RA.05.07.08); *As consequências observadas foram a morte dos peixes e poluição da água a tornando imprópria para consumo* (AC.RA.02.03).

Cabe sinalizar que em AC.RA.11.12.14 há um equívoco, pois os peixes morreram próximos do ponto de descarga e apareceram mortos, por conta do fluxo de água, no ponto C. Nesse sentido, o grupo pode ter se confundido com as informações disponibilizadas no mapa do rio (Figura 10), em que os peixes apareceram mortos no ponto C, uma vez que a morte dos peixes foi verificada a jusante, ou seja, no sentido da correnteza num curso de água. Averiguamos que AC.RA.02.03, além de mencionar as consequências para o ecossistema aquático, também se refere a outro impacto ambiental, qual seja, o fato de essa água ter se tornado imprópria para consumo. Uma das características que podem ser indicativas da qualidade da água é o aspecto organoléptico indesejável das águas mais quentes, induzindo a um aumento nos custos e dificultando seu tratamento, o que pode ocasionar a redução da quantidade de água para abastecimento público (PERCEBON; BITTENCOURT; ROSA FILHO, 2005).

Do exposto, depreendemos que, inicialmente, os alunos apresentaram argumentos mais pontuais e simples em relação à problemática a ser resolvida. Em contrapartida, no decorrer da oficina, ao serem propostas as atividades, sob orientação da professora/pesquisadora, os alunos foram percebendo a necessidade de se apropriar de outros conhecimentos para resolver o caso

do Rio Água Doce, os quais foram sendo incorporados em seus argumentos. Em complemento à problemática, os alunos argumentaram como a empresa seria autuada, devendo considerar todas as discussões, reflexões e conhecimentos construídos durante a oficina, aspectos apresentados a seguir.

4.4.2 Como a empresa responsável deve ser autuada?

Nesta categoria, analisamos os argumentos construídos nos grupos sobre como a empresa responsável poderia ser autuada. Para tal, os alunos precisavam de questões que os orientassem em suas respostas, dentre as quais elegemos para essa análise: *Qual foi a empresa? Quais os parâmetros usados para a autuação? Qual a punição? Quais as possíveis adequações recomendadas para a empresa?* Para tais reflexões, os alunos precisaram recorrer aos conhecimentos mobilizados ao longo da oficina. O Quadro 28 apresenta exemplos de unidades de registro e número de citações nas categorias iniciais e intermediárias que contribuíram para compor a categoria final, referente à solução do caso, tendo como base a análise das respostas dos grupos para as referidas questões do relatório.

Quadro 28 – Processo de categorização das respostas dos grupos sobre como a empresa responsável deve ser autuada

EXEMPLOS DE UNIDADES DE REGISTRO	**CATEGORIAS INICIAIS (3.2)**	**CATEGORIAS INTERMEDIÁRIAS (3.2)**
[*Empresa "B": Empresa siderúrgica*] AC.RA.09.10.13 [*Empresa B, siderúrgica*] AC.RA.02.03 [*A punição seria uma multa de R$1.000.000,00 e a prisão dos responsáveis por 3 anos*] AC.RA.11.12.14	Autuação (18)	Como a empresa responsável deve ser autuada? (24)
[*Minimizar o descarte de poluentes no rio e encontrar uma segunda forma de descartes de maneira adequada*] AC.RA.02.03 [*Adequação no sistema de descarte de resíduos, seguida de análises periódicas*] AC.RTb.14	Recomendações (6)	

Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com as respostas dos alunos, apresentadas no Quadro 28, podemos identificar que a empresa responsável pela morte dos peixes seria a siderúrgica, confirmando as suspeitas dos alunos, levantadas no primeiro momento da oficina, de que a empresa localizada no ponto 02 (Empresa B) apresentava parâmetros que excedem as condições impostas pelo CONAMA. A fim de ilustrar as respostas dos grupos sobre a empresa responsável, trazemos os seguintes

excertos: *A empresa situada no ponto B* (AC.RA.01.04.06); "[empresa] *b)"* (AC.RA.15.16); *A empresa responsável pela contaminação foi a siderúrgica, no ponto B do rio* (AC.RA.11.12.14).

Após identificar a empresa causadora da morte dos peixes, os alunos procederam no caso, de maneira a autuá-la , sendo que, para justificar os parâmetros utilizados na autuação, eles mencionaram critérios estabelecidos pelo CONAMA, como exemplificado nos seguintes excertos: *Seguindo os parâmetros especificados pelo CONAMA e fazendo análises relativas a cada amostra dos pontos (A, B, C)* (AC.RA.01.04.06); *Os parâmetros especificados pelo CONAMA, foram analisados o pH, a temperatura, materiais sedimentáveis, ausência de materiais flutuantes e também os padrões de lançamento de efluentes* (AC.RA.02.03); *Seguindo as diretrizes do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a temperatura da amostra retirada estava em 42°C sendo que não pode exceder 40°C*"(AC.RA.09.10.13). Indo ao encontro dessa ideia, o grupo AC.RA.15.16 apresenta os seguintes parâmetros:

> Parâmetros especificados pelo CONAMA. pH entre 5 e 9. Temperatura: inferior a 40 graus e não deverá exceder a 3 graus. Materiais sedimentáveis: até 1 ml/ L. Ausências de materiais flutuantes, usamos como parâmetro indicador a temperatura e a condição dos efluentes lançados (AC.RA.15.16).

Nesse sentido, destacamos a importância desse parâmetro para a condução da investigação, dando suporte para que os alunos identificassem o responsável pela causa da morte dos peixes. Outros, além desses exemplos, mencionaram também: *Os parâmetros do CONAMA, gráficos de solubilidade do O_2 e CO_2* (AC.RA.05.07.08); *Todo o material desenvolvido através da pesquisa. Os gráficos criados, as tabelas de análise e o material teórico contendo os limites feitos pelo CONAMA* (AC.RA.11.12.14). Essas respostas sinalizam o potencial dos materiais de apoio em fornecer subsídios para a solução do problema. Por exemplo, o texto (Quadro 13) instrutivo a respeito da qualidade das águas dos rios brasileiros apresenta as multas e demais penalidades aplicadas após a elaboração de um laudo técnico pelo órgão ambiental competente, identificando os danos decorrentes da infração.

Ao serem questionados sobre a penalidades, os grupos destacaram as informações contidas nesse material, como podem ser verificados nos seguintes excertos: *A multa aplicada pode ser de R$ 5.000,00 a R$ 50.000.000,00* (AC.RA.01.04.06); *Multa entre $5000,00 a $50.000.000,00* (AC.RA.05.07.08); *No caso de emissão de efluentes que possam causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da*

biodiversidade a multa aplicada pode ser de R$ 5.000,00 (cinco mil reais) a R$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais) (BRASIL, 2008) (AC.RA.15.16). Apenas dois grupos estipularam um valor para multa, o que demonstra a importância dada por eles a esse tipo de infração, como evidenciado nos excertos: *Visto que os dados obtidos através das amostras apresentaram-se estar no limite imposto pelo CONAMA e que a temperatura de descarte excedeu o limite dos parâmetros recomendados, a punição será uma multa de 100.000,00 (Cem mil reais)* (AC.RA.09.10.13); *A punição seria uma multa de R$1.000.000,00 e a prisão dos responsáveis por 3 anos* (AC.RA.11.12.14).

Observamos, nas referidas respostas, uma discrepância no valor das multas apresentada pelos dois grupos, o que nos permite inferir que o grupo AC.RA.11.12.14 considera o episódio bastante grave e prejudicial, enquanto a equipe AC.RA.09.10.13 estipula um valor inferior e justifica que a empresa excedeu os limites estabelecidos pelo CONAMA. A partir do que foi dito, podemos concluir que, enquanto há dúvidas sobre a gravidade do problema, há dificuldade de indicar o valor quando a quantidade de peixes mortos em um episódio do tipo pode variar entre algumas centenas a milhões (GUZMÁN, 2016). Nesse sentido, podemos pensar na reformulação da pergunta, para que os alunos estipulem uma penalidade e, assim, possam justificar em seus argumentos a gravidade do caso. Isso indica uma limitação da oficina, pois no contexto remoto não era possível acompanhar as discussões em todos os momentos — a pesquisadora precisou criar várias salas no *Google Meet* para que os alunos discutissem nos grupos, e para acompanhar essas discussões era preciso revezar as salas, com isso não foi possível questioná-los sobre o valor da multa. Nesse sentido, destacamos a importância de o aluno, além de se expressar mediante a escrita, que na referida oficina se dá pelas questões e questionários, também fazê-lo pela fala, ao socializar e discutir com a pesquisadora e os demais colegas a respeito do que pensa, aspecto também privilegiado durante toda a oficina.

Após a identificação da empresa causadora da morte dos peixes e a realização da autuação pelos alunos em seus grupos, eles precisaram pensar e indicar, para a finalização do relatório, quais possíveis adequações recomendariam para a referida empresa. Dentre as recomendações, os grupos mencionaram: *Adequação no sistema de descarte de resíduos, seguida de análises periódicas* (AC.RA.01.04.06); *Descarte correto em local adequado, nunca diretamente na natureza* (AC.RA.05.07.08); *Minimizar o descarte de poluentes no rio e encontrar uma segunda forma de descartes de maneira adequada* (AC.RA.02.03); *De acordo com os parâmetros colocado pelo CONAMA a diminuição e o descarte correto dos efluentes pela empresa* (AC.RA.01.04.06); *O uso de torres de resfriamento para tratar a água antes de ser despejada no rio. Além de sempre serem feitas observações para que não haja mais*

irregularidades (AC.RA.11.12.14). Ainda nesse contexto, o aluno AC.RA.09.10.13 também recomenda o resfriamento da água, e optamos por expressá-la a seguir:

> Realizar o resfriamento prévio do material antes de efetuar o descarte, de forma que o resíduo gerado passe por um procedimento prévio de descontaminação para que o impacto ambiental seja menor. O ideal é que a empresa realize um novo planejamento sobre a forma de descarte de seus resíduos.

Nos argumentos elencados, evidenciamos recomendações quanto ao descarte adequado, à realização de análises com certa periodicidade, ao resfriamento prévio do material a ser descartado, à redução de descartes no rio, à busca por maneiras de realizar o descarte adequadamente e ao replanejamento das formas de descarte utilizadas pela empresa. Como verificamos, além da penalidade estabelecida, os alunos sugerem recomendações que envolvem o tratamento, o monitoramento e o planejamento do descarte a ser realizado pela referida empresa. Esses aspectos são importantes, pois o fiscal ambiental, papel assumido pelos alunos desde o início da oficina, além de detectar o problema, precisa identificar e analisar a causa, o responsável pelo ocorrido, o impacto provocado, bem como identificar alternativas e indicar soluções para o problema. Algo a se destacar é que nos argumentos construídos, nesse momento, os grupos, com exceção de AC.RA.01.04.06, apresentam conhecimentos outros que não foram discutidos na oficina, como a questão do resfriamento e de alternativas para o descarte adequado, dando-nos indícios da ampliação dos conhecimentos desses alunos, o que pode ser compreendido como uma das potencialidades da oficina. Além disso, em AC.RA.05.07.08 evidenciamos a recomendação de que o descarte não seja realizado diretamente na natureza, o que poderia apresentar a possibilidade de sua reutilização, dependendo da empresa, para uso em outras finalidades.

Nesse momento, ao oportunizar que os alunos discutissem suas ideias em grupo, possibilitamos que eles refletissem a respeito do problema evidenciado no caso da mortandade de peixes no Rio Água Doce e, ainda, discutissem as possíveis soluções. Ao encontro disso, Carvalho (2020, p. 74) consideram que situações "[...] em que os alunos têm a possibilidade de refletir sobre um problema e discutir sobre as soluções deste problema são proveitosas para todos, até mesmo para os que não participam diretamente dando suas opiniões para o grupo". A exemplo disso, no contexto remoto, em que a presente oficina foi aplicada, verificamos que muitos alunos apresentaram dificuldade para expressar suas ideias e opiniões, de modo que a organização do relatório em grupos favoreceu a interação entre os alunos, ao criar um espaço em que eles se sentissem mais confortáveis para discutir e expor suas ideias. Isso, num primeiro

momento, ocorre individualmente, mas, no grupo, precisa ser negociado, de modo a estabelecer um consenso, que representará a ideia do grupo.

Diante do exposto, a elaboração do relatório de autuação requereu dos alunos a mobilização de conhecimentos apreendidos e reconstruídos durante toda a oficina, a fim de solucionar a problemática do caso do Rio Água Doce, implicando, assim, a tomada de decisão, que é imprescindível para o exercício da cidadania. Esse é um aspecto que vai ao encontro do que sinalizam Santos e Schnetzler (2010, p. 120-121), ao indicarem que

> [...] o ensino para a cidadania caracteriza-se por uma apresentação inicial de um tema social, a partir do qual se introduzem os conceitos científicos que, em seguida, são utilizados para uma melhor compreensão da problemática envolvida. Assim, tal abordagem propicia a contextualização do conteúdo pela associação direta com cotidiano e desenvolve no aluno a capacidade de tomada de decisão, uma vez que ele é estimulado a buscar informações antes de emitir um parecer final a respeito do problema em estudo.

Nesse sentido, a problemática do caso do Rio Água Doce constituiu-se em um tema do cotidiano, ao contemplar a mortandade de peixes e a poluição das águas, estabelecendo uma relação com o ambiente aquático, cuja temática foi aprofundada ao longo da oficina. Tendo como ponto de partida essa problemática, os conceitos científicos trabalhados foram referentes à poluição, temperatura e dissolução de gases em ambientes aquáticos, os quais se fizeram necessários para a compreensão da problemática. Assim, os conceitos trabalhados e todo o processo empreendido durante a oficina foram importantes para a resolução da problemática e para a elaboração do relatório de autuação pelos alunos, de modo a contemplar desde a identificação da empresa causadora das mortes dos peixes, sua causa e penalidade até as recomendações para ela.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse contexto vem favorecer a compreensão do caminho percorrido na pesquisa, explicitado na sequência com a finalidade de responder à questão aqui proposta: “Que potenciais é possível identificar a partir da aplicação de uma oficina temática sobre gases dissolvidos em ambientes aquáticos?”, tendo como objetivo compreender as potencialidades de uma Oficina Temática sobre “Gases dissolvidos em ambientes aquáticos”, aplicada para alunos da graduação em Química Licenciatura da Universidade Estadual de Maringá.

Tendo isso em vista, um dos primeiros aspectos desenvolvidos nesta pesquisa diz respeito à ressignificação de uma atividade inicial sobre gases dissolvidos em ambientes aquáticos, com vistas à construção de uma oficina temática. Desse processo de ressignificação, um dos desafios que se apresentaram foi a adequação da oficina ao contexto remoto, dado o período de pandemia de COVID-19. Assim, em relação à construção da oficina, encontramos como dificuldades a organização metodológica e a adaptação da atividade experimental para esse contexto. Entretanto, ao empregar, no experimento, materiais acessíveis e de fácil manuseio, abriu-se a possibilidade de o aluno realizá-lo em casa.

Além disso, ao que se refere à organização metodológica, a atividade utilizada requereu alterações quanto à sua estruturação, por estar mais focada nas questões conceituais. Assim, para a construção da oficina, ancorada nos Três Momentos Pedagógicos, realizamos a alteração da problematização inicial da atividade — *Por que pela legislação é considerado crime ambiental, lançar a água aquecida em Rios, Lagos e Mares, mesmo quando se trata de água limpa?* — para outra problemática que envolvesse uma simulação (O Caso do Rio Água Doce), o que exigiu a inserção dos alunos no contexto estudado, atuando como fiscais do meio ambiente. Por sua vez, a organização metodológica privilegiou os conhecimentos necessários para a compreensão, a interpretação e a resolução da situação-problema.

Após a ressignificação da atividade inicial para a oficina, realizamos sua aplicação, de modo a compreender as potencialidades da oficina para a abordagem de temas do cotidiano, como mortandade de peixes e poluição das águas. A partir disso, verificamos, em um primeiro momento, as concepções prévias dos alunos participantes da pesquisa sobre a temática “dissolução de gases em ambientes aquáticos”. Nos momentos iniciais, evidenciamos que os alunos responderam de forma mais pontual e simples; em contrapartida, no decorrer da oficina, outros conhecimentos foram se fazendo necessários para a resolução do caso, sendo incorporados aos argumentos dos alunos. A esse respeito, inclusive, na parte final da oficina, averiguamos que alguns alunos trouxeram em suas respostas conhecimentos que não haviam

sido comentados anteriormente, o que pode nos fornecer indícios de que ampliaram seus conhecimentos, sinalizando uma possível potencialidade da oficina.

Assim, identificamos também nos argumentos dos alunos a presença de correlações entre a dissolução de gases e a poluição térmica, de modo que alguns relacionaram esses aspectos à mortandade de peixes e ao ponto em que os peixes apareceram mortos. Nesse sentido, os conhecimentos mobilizados inicialmente para identificar a causa e a empresa causadora da morte dos peixes não foram suficientes para solucionar o caso, requerendo, assim, a problematização e a conceituação necessária para sua compreensão científica e resolução.

Tendo em consideração todo o processo articulado da oficina aplicada, podemos destacar alguns elementos potencializadores que favoreceram a compreensão do caso simulado, como: a utilização de um tema do cotidiano; o levantamento das concepções prévias dos alunos; a elaboração de hipóteses; o conhecimento de órgãos ambientais e da legislação; o protagonismo e a participação dos alunos; o diálogo e o conflito de ideias; a argumentação mais elaborada; os materiais de apoio, que forneceram subsídios para a resolução do problema; os questionamentos; a utilização de diferentes formas de linguagem (gráficos, imagens, desenhos, experimentação, vídeos); o trabalho em equipe; a capacidade de resolução de problemas; o diálogo com outras áreas do conhecimento, etc.

Entretanto, cabe destacar alguns aspectos que se apresentaram como limitações na aplicação da oficina, como: a dificuldade de acompanhar as atividades realizadas em grupo no contexto remoto; a instabilidade na conexão com a internet; a questão da punição, contida no relatório de autuação, no sentido de o aluno estabelecer uma penalidade à empresa causadora da morte dos peixes, visto que não expõe os critérios para diferentes valores de multa, requerendo, assim, sua reformulação/reestruturação.

Todos os elementos aqui apresentados nos possibilitaram responder à questão de pesquisa e, ainda, traçar possibilidades para pesquisas futuras, dentre as quais:

- Investigar as contribuições e os limites da aplicação da oficina na formação dos alunos participantes;
- Investigar a aplicação da oficina temática no contexto presencial em outros níveis de ensino;
- Investigar a potencialidade da oficina para a mobilização do PC e as relações CTS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. C.; CEDRAN, D. P.; CEDRAN, J. C.; CUSTÓDIO, M. D. Os três aspectos do conhecimento químico: desenvolvendo relações sobre o tema soluções. **Kiri-Kerê: Pesquisa em Ensino**, Espírito Santo, n. 5, p. 225-247, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/kirikere/article/view/19621/14545. Acesso em: 20 maio 2022.

ALVES, M. C.; PASCHOALINO, V. T.; PEREIRA, L. F.; OLIVEIRA, R. S.; CEDRAN, D. P.; SILVEIRA, M. P. da; KIOURANIS, N. M. M. Gases em Ambientes Aquáticos como tema para ressignificação de uma oficina temática. IN: ENCONTRO ANUAL DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA UEM, 3., 2020, Maringá. **Anais [...].** Maringá: EAEX, 2020.

AMARAL, L. C. Z. **Sequências didáticas potencialmente significativas com enfoque CTS:** uma proposta para qualificar o ensino de reações químicas. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

ANDER-EGG, E. **El taller una alternativa para la renovacíon pedagógica**. Buenos Aires: Magistério del Río de la Plata, 1991.

ANTLER, M.; ZUCOLOTTO, A. M.; NICHELE, A. G. Solubilidade de gases: uma proposta de abordagem para a atividade experimental. IN: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 6., 2012, Salvador. **Anais [...].** Salvador: UFBA, 2012.

AULER, D.; DALMOLIN, A. M. T.; FENALTI, V. S. Abordagem Temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 2, n.1, p. 67-84, 2009. Disponível em: https://biblat.unam.mx/hevila/AlexandriaFlorianopolis/2009/vol2/no1/4.pdf. Acesso em: 20 maio 2022.

BARDIN. L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BETANCOURT, A. M. **El taller educativo.** Qué es? Fundamentos, cómo organizarlo y dirigirlo, cómo evaluarlo. 2. ed. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio, 2007.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Qualitative Research Education**. Boston: Allyn and Bacon, Inc., 1982.

BORDONI, A. J. **O potencial de uma oficina temática de química para a promoção das capacidades de pensamento crítico**. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental:** o desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S. O ensino de Química através de temáticas: contribuições do LAEQUI para a área. **Ciência e Natura**, v. 36, ed. Especial II, p. 819-816,

2014. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/4675/467546184050.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

BRASIL. **Lei Federal n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, [2008]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 07 de jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais** – Ciências Naturais. Brasília: Ministério da Educação, 1998. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Meio Ambiente e Saúde. 3. ed. Brasília: Secretaria da Educação Fundamental, 2001. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/meioambiente.pdf. Acesso em: 01 fev. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2002. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf. Acesso em: 11 jan. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 6.514, de 22 de julho de 2008.** Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm. Acesso em: 07 de jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2011. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627. Acesso em: 07 de jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resoluções do CONAMA:** Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf. Acesso em: 04 mar. 2022.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo: Humanitas Publicações, 1998.

CANO, A. La metodología de taller en los procesos de educación popular. **ReLMeCS**, La Plata, v. 2, n. 2, p. 22-52, 2012. Disponível em: https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.5653/pr.5653.pdf. Acesso em: 20 nov, 2021.

CARVALHO, A. M. P. **Os estágios nos cursos de licenciatura**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências por investigação:** condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2020.

CARMO, N. H. S.; FREITAS, M. L.; QUADROS, A. L. Analisando a formação docente em atividades desenvolvidas por estudantes de licenciatura em Química. IN: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013.

CARAPETO, C. **Poluição das água**s: causas e efeitos. Lisboa: Universidade Aberta, 1999.

CEDRAN, D. P.; PEREIRA, L. F. ALVES, M. C.; KIOURANIS, N. M. M.; OLIVEIRA, R. S. O caso do Rio Água Doce. *In:* KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P. (Org.). **O Ensino de química por meio de oficinas temáticas**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2022.

CHER, G. G. **Potencialidades de uma unidade temática acerca dos plásticos para mobilizar as capacidades do PC em estudantes do Ensino Médio**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.

CORNWALL, A.; JEWKES, R. What is participatory research? **Social Science & Medicine**, London, v. 41, n. 12, p. 1667-1676, 1995. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/027795369500127S. Acesso em: 12 set. 2021.

CUNHA, A. G. da. **Dicionário Etimológico Nova Fronteira da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira S.A., 1986.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências:** fundamentos e métodos. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

DEWEY, J. **Experiência e educação**. São Paulo: Ed. Nacional, 1971.

ENNIS, R. H. A taxonomy of critical thinking dispositions and habilities. In: BARON, J. B.; STERNBERG, R. J. (Ed.). **Teaching Thinking skills:** Theory and practice. New York: W. H. Freeman and Company, 1987.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Variação de pH em Água Mineral Gaseificada. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 30, p. 70-72, 2008. Disponível em: https://cabecadepapel.com/sites/colecaoaiq2011/QNEsc30/13-EEQ-5807.pdf. Acesso em: 18 fev. 2022.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 22, p. 10-16, 2005. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a02.pdf. Acesso em: 07 abr. 2022.

FORNAZARI, V. B. R.; OBARA, A. T. O uso de oficinas pedagógicas como estratégia de ensino e aprendizagem: a bacia hidrográfica como tema de estudo. **Investigações em Ensino**

de Ciências, v. 22, n. 2, p. 166-185, 2017. Disponível em: https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/326/pdf. Acesso em: 16 abr. 2022.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 71. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2019.

FREITAS, A. V. F.; BLAQUES, D. C.; SILVA, F. C. S.; OLIVEIRA, T. A. L.; CEDRAN, J. C.; SILVEIRA, M. P. "O que tem nesse chá? ": Construção de uma Oficina Temática para o Ensino de Química. IN: ENCONTRO ANUAL DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA UEM**,** 3., 2020, Maringá. **Anais [...].** Maringá: EAEX, 2020.

FREITAS, A. V. F.; SILVA, W. F.; BORDONI, A. J.; SILVA, F. C. S.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, N. M. M. Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico: uma reflexão acerca do projeto. In: ENCONTRO ANUAL DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA UEM, 2., 2019, Maringá. **Anais [...].** Maringá: EAEX, 2019.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Observando os Rios 2020:** O retrato da qualidade da água nas bacias da Mata Atlântica. Relatório Técnico. São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.sosma.org.br/sobre/relatorios-e-balancos/. Acesso em: 07 de jul. 2020.

GAIA, A. M. ZAMBOM, D. M.; AKAHOSHI, L. H.; MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. Aprendizagem de conceitos químicos e desenvolvimento de atitudes cidadãs: O uso de oficinas temáticas para alunos do ensino médio. IN: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., Curitiba, 2008. **Anais [...].** Curitiba: UFPR, 2008.

GEPEQ. Equilíbrio Ácido Base, Extrato de repolho roxo como indicador universal de pH. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, 1995.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 17, n. 32, 2005. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/9169. Acesso em: 12 fev. 2021.

GUZMÁN, R. A. F. O fenômeno da mortandade de peixes noticiado pela imprensa brasileira (1870S–1930S). **Mnemosine**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 177-195, abr./jun. 2016.

HERREID, C.F. What makes a good case? **Journal of College Science Teaching**, *[S. l]*, v. 27, n. 3, p. 163-169, 1998. Disponível em: http://www.ecsb.org/wp-content/uploads/2016/09/What-Makes-a-Good-Case.pdf. Acesso em: 24 maio 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Relatório do Processo político e decisório no âmbito do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama):** o Conama na visão dos seus conselheiros. Brasília: CONAMA, 2011. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/participacao/images/pdfs/relatoriosconselhos/110506_conama.pdf. Acesso em: 02 mar. 2022.

KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P. (Org.). **O Ensino de química por meio de oficinas temáticas**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2022.

KENSING, F.; BLOMBERG, J. Participatory design: issues and concerns. **Computer Supported Cooperative Work**, Netherlands, v. 7, n. 3, p. 167-185, 1998. Disponível em: https://www.ics.uci.edu/~corps/phaseii/KensingBlomberg-PDIssuesConcerns-JCSCW.pdf. Acesso em: 08 fev. 2021.

KRAISIG, A. G. **A temática "cores" no ensino de química**. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, E. D. A. **Pesquisa em Educação:** Abordagem Qualitativa. São Paulo: EPU, 1986.

MARCONDES, M. E. R. (Coord.); SILVA, D. P; TORRALBO, D.; SILVA, E. L; SOUZA, F. L; AKAHOSHI, L. H.; CARMO, M. P.; SUART, R. C.; MARTORANO, S. A. A. **Oficinas temáticas no ensino público:** formação continuada de professores. São Paulo: FDE, 2007.

MARCONDES, M. E. R. Proposições metodológicas para o ensino de química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. **Revista Em Extensão**, Uberlândia, v. 7, p. 67-77, 2008. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/revextensao/article/view/20391/10861. Acesso em: 10 out. 2021.

MEYER, F.; BARCLAY, L. **Field manual for the investigation of fish kills**. N. 177. US Fish and Wildlife Service, 1990. In: COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – GEMIG. Manual de Campo para Investigação de Morte de Peixes. Tradução de Maria Edith Rolla, Carlos Bernardo Mascarenhas Alves e Norma Dulce de Campos Barbosa. Belo Horizonte: Cemig, 2009.

MINAYO, M. C. S. O desafio da pesquisa social. In: MINAYO, M. C. S.; DESLANDES, S. F.; GOMES, R. (Org.). **Pesquisa social:** teoria, método e criatividade. 28. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

MORTIMER, E.; HORTA, A.; MATEUS, A.; MUNFORD, D.; FRANCO, L.; MATOS, S.; PANZERA, A.; GARCIA, E.; PIMENTA, M. **Matéria, energia e vida:** uma abordagem interdisciplinar – O mundo atual: questões sociocientíficas. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2021.

MUENCHEN, C. **A Disseminação dos Três Momentos Pedagógicos:** um Estudo Sobre Práticas Docentes na Região de Santa Maria/RS. 2010. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciência & Educação,** Bauru, n. 20, v. 3, p. 617-638, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ciedu/a/y3QT786pHBdGzxcsRtHTb9c/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 15 nov. 2021.

NEVES, A. P.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Interpretação de rótulos de alimentos no ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 34-38, 2009. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/07-RSA-1007.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

OLIVEIRA, R. D. **Efeitos da temperatura nas respostas cardio-respiratórias e na respiração aérea acessória de JEJU, Hoplerythrinus unitaeniatus (Erytrinidae) aclimatados a 15, 20, 25 e 30° C e submetidos a variações de O_2 ambiental.** 2003. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Coronavirus disease (covid-19) pandemic**. Genebra: OMS, 2020. Disponível em: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019. Acesso em: 25 de out. 2021.

ØRNGREEN R.; LEVINSEN K. Workshops as a Research Methodology. **The Electronic Journal of e-Learning**, Denmark, v. 15, n. 70, p. 70-81, 2017. Disponível em: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1140102.pdf. Acesso em: 15 out. 2021.

PAZINATO, M. S. **Alimentos:** uma Temática Geradora de Conhecimento Químico. 2012. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

PEDROZO, C. da S.; KAPUSTA, S. C. **Indicadores Ambientais em Ecossistemas Aquáticos**. Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2010.

PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. da. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC. **Editora UFPR – Boletim Paranaense de Geociências**, Paraná, n. 56, p. 7-19, 2005.

PEREIRA, L. F.; ALVES, M. C.; OLIVEIRA, R. S.; CEDRAN, D. P.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, N. M. M. Contribuições das Tecnologias Digitais a Informação e Comunicação para a aplicação remota de uma oficina temática de química. In: ENCONTRO ANUAL DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA UEM, 4., 2020, Maringá. Anais [...]. Maringá: EAEX, 2020.

QUADROS, A. L. A água como tema gerador do conhecimento químico. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 20, p. 26-31, 2004. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a05.pdf. Acesso em: 15 set. 2021.

REZENDE, J. M. Oficina. **Revista de Patologia Tropical/Journal of Tropical Pathology**, v. 38, n. 2, p. 135-138, 2009. Disponível em: https://revistas.ufg.br/iptsp/article/view/6628/4875. Acesso em: 12 set. 2021.

RIBEIRO, M. E. M.; VOLPATO, V. C.; BORDONI, A. J.; PACHECO, V.; SCAPIN, A. L.; SILVEIRA, M. P.; SILVA, E. L. O desenvolvimento e validação de uma Oficina Temática de Química no contexto da pandemia do Covid-19. IN: ENCONTRO ANUAL DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA UEM, 3., 2019, Maringá. **Anais [...].** Maringá: EAEX, 2019.

RODRIGUES, C. **Abordagem CTS e Possibilidades de Letramento Científico no Projeto Água em Foco:** Tipos Textuais e Linguagem Científica. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SÁ, L. P. **Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no ensino superior de química**. 2010. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. de S. **Química e sociedade**. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação Química:** compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

SANTOS, J.; CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. Poluição hídrica: uma questão sociocientíficas para abordar ética ambiental no ensino fundamental de ciências. In: CONRADO, D. M., NUNES-NETO, N. **Questões sociocientíficas:** fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas [on-line]. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 191-211.

SANTOS, A. L. G.; FURLAN, S. A. Quem ganha e quem perde com a falta de proteção aos manguezais? Aspectos da Resolução Conama n°303/2002. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 1-16, 2021. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/184973. Acesso em: 30 ago. 2021.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F.; PIETROCOLA, M. **Alfabetização cientifica na prática:** inovando a forma de ensinar física. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

SILVA, L. A.; CARVALHO, L. S.; LOPES, W. A.; PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. Solubilidade e reatividade de gases. **Química Nova**, *[S. l]*, v. 40, n. 7, p. 824-832, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/CpCbkTvtvrxTnJq6WDHBjnv/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 13 ago. 2021.

SILVA, O. B.; OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. SOS Mogi-Guaçu: contribuições de um Estudo de Caso para a educação química no nível médio. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 185-192, 2011. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/outubro2011/quimica_artigos/sos_mogi_art.pdf. Acesso em: 11 ago. 2021.

SILVEIRA, T. A. da. **Oficinas didáticas interdisciplinares:** teoria, prática e reflexão. São Carlos: Pedro & João Editores, 2020.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: EDUSP, 2013.

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil:** sentidos e perspectivas. 2012. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

TIBURTIUS, E. R. L.; ZAMORA, P. P.; LEAL, E. S. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, *[S. l]*, v. 27, n. 3, p. 441-446, 2004. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/qn/a/h7HvjWYzJWXH4BhGkxDw8cf/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 04 jul. 2021.

VANUCHI, V. C. F. **Corantes Naturais da Cultura Indígena no ensino de química.** 2019. Dissertação (Mestrado em Educação Ciências: Química da Vida e Saúde) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

VOLPATO, V. C. **Laboratório de oficinas temáticas como espaço de formação e desenvolvimento de atividades promotoras de Pensamento Crítico no ensino de Ciências**. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2021.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal Of Operations & Production Management**, London, v. 22, n. 2, 2002, p. 195-219. Disponível em: https://www.dep.ufmg.br/old/disciplinas/epd804/artigo4.pdf. Acesso em: 02 jul. 2021.

WARTHA, E. J.; SILVA, E.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

APÊNDICE

APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DOS TRABALHOS PRODUZIDOS PELO PROJETO LABORATÓRIO DE OFICINAS TEMÁTICAS

RESUMOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS
ALVES, M. C.; PEREIRA, L. F.; OLIVEIRA, R. S.; CEDRAN, D. P.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, N. M. M. Aplicações remotas de uma oficina temática de química mediada por tecnologias digitais. In: **III SEC**, Lorena, 2021. **III SEC**, 2021.
PEREIRA, L. F.; BLAQUES, D. C.; ALVES, M. C.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, N. M. M. A importância da reflexão sobre a ação docente atrelada à aplicação remota de oficinas temáticas de química. In: **III SEC**, Lorena, 2021. **III SEC**, 2021.
FREITAS, A. V. F.; BLAQUES, D. C.; SILVA, F. C. S.; OLIVEIRA, T. A. L.; DELABIO, F.; CEDRAN, J. C.; SILVEIRA, M. P. Adaptação de uma oficina temática para o modelo remoto. In: In: **4º Encontro Anual de Extensão Universitária UEM,** 2021, Maringá. 4º EAEX, 2021.
PEREIRA, L. F.; ALVES, M. C.; OLIVEIRA, R. S.; CEDRAN, D. P.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, N. M. M. Contribuições das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação para a aplicação remota de uma Oficina Temática de Química. In: **4º Encontro Anual de Extensão Universitária UEM,** 2021, Maringá. 4º EAEX, 2021.
ALVES, M. C.; PASCHOALINO, V. T.; PEREIRA, L. F.; OLIVEIRA, R. S.; CEDRAN, D. P.; SILVEIRA, M. P. da; KIOURANIS, N. M. M. Gases em Ambientes Aquáticos como tema para ressignificação de uma oficina temática. In: **3º Encontro Anual de Extensão Universitária UEM,** 2020, Maringá. Anais do 3º EAEX (ISSN 1983-6562), 2020.
FREITAS, A. V. F.; BLAQUES, D. C.; SILVA, F. C. S.; OLIVEIRA, T. A. L.; CEDRAN, J. C.; SILVEIRA, M. P. "O que tem nesse chá? ": Construção de uma Oficina Temática para o Ensino de Química. In: **3º Encontro Anual de Extensão Universitária UEM,** 2020, Maringá. Anais do 3º EAEX (ISSN 1983-6562), 2020.
RIBEIRO, M. E. M.; VOLPATO, V. C.; BORDONI, A. J.; PACHECO, V.; SCAPIN, A. L.; SILVEIRA, M. P.; SILVA, E. L. O desenvolvimento e validação de uma Oficina Temática de Química no contexto da pandemia do Covid-19. In: **3º Encontro Anual de Extensão Universitária UEM,** 2020, Maringá. Anais do 3º EAEX (ISSN 1983-6562), 2020.
VOLPATO, V. C.; BORDONI, A. J.; SILVEIRA, M. P. Oficinas Temáticas: compreensão de licenciandos do PIBID Química. In: **I Seminário On-line de Estudos Interdisciplinares,** 2020. I Seminário On-line de Estudos Interdisciplinares, 2020.
FREITAS, A. V. F.; SILVA, W. F.; BORDONI, A. J.; SILVA, F. C. S.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, N. M. M. Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico: uma reflexão acerca do projeto. In: **2º Encontro Anual de Extensão Universitária UEM,** 2019, Maringá. Anais do 2º EAEX (ISSN 1983-6562), 2019.
SILVA, F. C. S.; BUFFOLO, K. M.; ALVES, M. C.; BORDONI, A. J.; SILVEIRA, M. P. Reflexões dos Bolsistas do PIBID Química sobre o Processo de Elaboração de uma Oficina Temática. In: **XXXII Semana de Química**, 2018, Maringá. XXXII Semana de Química, 2018.
SILVA, F. C. S.; BUFFOLO, K. M.; ALVES, M. C.; BORDONI, A. J.; SILVEIRA, M. P. Reflexões dos Bolsistas do PIBID Química sobre o Processo de Elaboração de uma Oficina Temática. In: **V Congresso Paranaense de Educação em Química**, 2017, Maringá. Anais do V Congresso Paranaense de Educação Química, 2017.
VOLPATO, V. C.; SEMENSATE, A. P.; SILVA, M. S.; SILVEIRA, M. P. Contribuições provenientes do processo de reelaboração de uma Oficina Temática para a formação docente. In: **V Congresso Paranaense de Educação Química**, 2017, Maringá. Anais do V Congresso Paranaense de Educação Química, 2017.
SEMENSATE, A. P.; VOLPATO, V. C.; RICARTE, M. N.; SILVA, M. S.; SILVEIRA, M. P. A importância dos estudos teóricos sobre oficinas temáticas e sua relevância para a formação docente. In: III Seminário de Avaliação do Pibid/UEM. Anais… Maringá-PR: UEM, 2016.
OLIVEIRA, D. B.; OLIVEIRA, F. R.; ROCHA, L. S.; KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P. Análise de uma oficina temática sobre o Refrigerante no contexto da formação inicial no PIBID Química/UEM. In**: XVII Encontro Nacional de Ensino de Química**, 2014, Ouro Preto. Anais do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química, 2014.
RIBEIRO, F. A.; GAZZONI, D. A.; KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P. Transformações químicas e energia: uma abordagem investigativa a partir da queima de alimentos. In: **XVII Encontro Nacional de Ensino de Química**, 201fragal4, Ouro Preto. XVII Encontro Nacional de Ensino de Química, 2014.
ARENHARDT, A. C.; DE FRANÇA, B. M.; ANDREOTTI, E. I. S.; RODRIGUES, M. A. Q.; KIOURANIS, N. M. M. Oficinas Temáticas no projeto PIBID/Química: contribuição para a formação docente. In: **36ª**

Reunião Anual Sociedade Brasileira de Química, 2013, Águas de Lindóia. 36ª Reunião Anual Sociedade Brasileira de Química, 2013.
DIAS, E. D.; OLIVEIRA, F. R.; ROCHA, L. S.; KIOURANIS, N. M. M. Explorando a problemática da cárie como uma alternativa para o ensino de equilíbrio químico. In: **III Congresso Paranaense de Educação em Química**, 2013, Ponta Grossa. III Anais do CPEQUI, 2013.
BRITO, V. B.; SANTOS JR, E. P.; KIOURANIS, N. M. M.; RODRIGUES, M. A.; FAVERO, L. O. B. Pilhas e baterias como tema para explorar reações de oxirredução e consumo sustentável no Ensino Médio. In: **XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**, 2012, Salvador. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química. São Paulo: SBQ, 2012.
FRANCA, B. M.; OLIVEIRA, E. Z.; ZOCA, L. K. C.; KIOURANIS, N. M. M. Teor de álcool na gasolina: Uma abordagem contextualizada. In: **XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**, 2012, Salvador. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química. São Paulo: SBQ, 2012.
FRANÇA, B. M.; JUNIOR, E. P.; TOMAZ, A. C. A.; RODRIGUES, M. A.; KIOURANIS, N. M. M. Oficinas Temáticas e confecção de um aquecedor solar com materiais recicláveis para trabalhar a educação ambiental com alunos de Ensino Médio. In: **1º Encontro do PIBID/UEM Licenciatura: Desafios e Perspectivas**, 2012. Maringá. Anais do 1º Encontro do PIBID/UEM Licenciatura: Desafios e Perspectivas, 2012.
REIS, J. M. C.; SILVA, M. S.; BRITO, V. B.; RODRIGUES, M. A.; KIOURANIS, N. M. M. A química do amor como ponto de partida no ensino de funções orgânicas no ensino médio. In: **1º Encontro do PIBID/UEM Licenciatura: Desafios e Perspectivas**, 2012. Maringá. Anais do 1º Encontro do PIBID/UEM Licenciatura: Desafios e Perspectivas, 2012.
CORTEZ, J. M.; RODRIGUES, M. A.; KIOURANIS, N. M. M.; CIRINO, M. M.; SÁ, M. B. Z. Oficinas Temáticas: promovendo a contextualização no Ensino de Química. In: **9º Fórum de Extensão e Cultura da UEM**, 2011, Maringá. 9º Fórum de Extensão e Cultura da UEM, 2011.
SILOCHI, J.; OLIVEIRAS, E. D.; KIOURANIS, N. M. M.; RODRIGUES, M. A. Protetor Solar como um tema social no contexto do ensino médio. In: **II Congresso Paranaense de Educação Química**, 2011, Toledo. Anais do II Congresso Paranaense de Educação Química, 2011.
CIRINO, M. M.; SILVEIRA, M. P.; MAEDA, S. M.; FRAGAL, V. H.; OLIVEIRA, R. F.; Kiouranies, N. M. M. Laboratório de oficinas temáticas de química para o Ensino Básico: tratamento de água numa abordagem interdisciplinar. In: **XVII Encontro de Química da Região Sul - SBQ Sul**, 2009, Rio Grande (RS). Anais do XVII Encontro de Química da Região Sul - SBQ Sul. Rio Grande (RS): Editora da SBQ, 2009.
FRAGAL, E. H.; CIRINO, M. M.; SILVEIRA, M. P.; MAEDA, S. M. Laboratório de Oficinas temáticas de Química para o Ensino Básico: ensinando o tratamento de água de um modo contextualizado e interdisciplinar. In: **I Congresso Paranaense de Educação Química**, 2009, Curitiba. Anais do I Congresso Paranaense de Educação Química, 2009.
FRAGAL, E. H.; CIRINO, M. M.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, Neide M. M.; OLIVEIRA, R. F.; MAEDA, S. M. Uso da Experimentação no ensino do tema soluções com alunos do Ensino Médio. In**: XVII Encontro de Química da Região Sul**, 2009, Rio Grande. Anais do XVII Encontro de Química da Região Sul, 2009.
SILVEIRA, M. P.; RODRIGUES, M. A.; PEREIRA, C. S.; NISHIDA, A. A.; PRADO, A. C. R.; CHARALO, E. P. Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico: um espaço de formação e divulgação do conhecimento químico. In: **XV Encontro de Química da Região Sul -Química e a Interdisciplinaridade**, 2007, Ponta Grossa. XV Encontro de Química da Região Sul -Química e a Interdisciplinaridade, 2007.
TOTAL: 27

TRABALHOS COMPLETOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS
VOLPATO, V. C.; BORDONI, A. J.; SILVEIRA, M. P. Oficinas temáticas e o pensamento crítico: compreensão de licenciandos do PIBID Química. In: 20º Encontro Nacional de Ensino de Química, 2021, Recife, Pernambuco. Anais do 20º Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ Pernambuco), 2021.
ALVES, M. C.; CEDRAN, D. P.; KIOURANIS, N. M. M. Oficinas temáticas de Química: uma revisão acerca de publicações na área de Ensino de Ciências da Natureza. In: VII **Congresso Paranaense de Educação em Química**, 2021, Campo Mourão. VII Congresso Paranaense de Educação em Química, 2021.
ALVES, M. C.; SILVA, C. A. S.; OLIVEIRA, R. S.; BORDONI, A. J.; SILVEIRA, M. P. Experimentação Probletizadora: contribuições para o desenvolvimento de uma Oficina Temática. In: **III Enlicsul - I Encontro das Licenciaturas Região Sul III PIBID/Sul? III Seminário do PIBID da Região Sul I Rp/Sul - I Seminário do Residência Pedagógica da Região Sul**, 2019, Curitiba. III Enlicsul, 2019.
OLIVEIRA, R. S.; ALVES, M. C.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, N. M. M. Alimentos: uma proposta de oficina temática para o ensino de Química. In: **XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XII ENPEC)**, 2019, Natal. Anais do XII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências, 2019.
SILVA, F. C. S.; BORDONI, A. J.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, N. M. M. Oficina Temática sobre Alimentos: uma Análise da Compreensão de Licenciandos de Química. In: **XII Encontro Nacional de**

Pesquisa em Educação em Ciências (XII ENPEC), 2019, Natal. Anais do XII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências, 2019.
GOMES, F. A. R.; GAZZONI, D. A; KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P. Oficina Temática: relato das experiências e contribuições de bolsistas do PIBID/QUÍMICA. In: **VIII Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química**, 2015, Sorocaba. Cadernos de Resumos VIII EPPEQ, 2015.
DIAS, E. D.; OLIVEIRA, F. R.; ROCHA, L. S.; KIOURANIS, N. M. M. Explorando a problemática da cárie como uma alternativa para o ensino de equilíbrio químico. In: **III Congresso Paranaense de Educação em Química**, 2013, Ponta Grossa. III Anais do CPEQUI, 2013.
IAUSEK, C. A.; GAZONI, D. A.; FAVERO, L. O. B.; RODRIGUES, M. A.; KIOURANIS, N. M. M. A Cozinha... Um Laboratório? Química do Pão. In: **II Encontro do PIBID UEM**, 2013. Maringá. II Encontro do PIBID UEM, 2013.
MATOS, F. I.; COSTA, F. R. S.; KIOURANIS, N. M. M. Extração do Sal: Uma Abordagem Contextualizada Para o Ensino de química. In: **II Encontro do PIBID UEM**, 2013. Maringá. II Encontro do PIBID UEM, 2013.
OLIVEIRA, D. B.; DIAS, E. D.; ROCHA, L. S.; OLIVEIRA, F. R.; KIOURANIS, N. M. M. A arte no Ensino de química: Violinos, Violas e Violoncelo. In: **II Encontro do PIBID UEM**, 2013. Maringá. II Encontro do PIBID UEM, 2013.
SILVA, M. S.; XAVIER, E. G.; KIOURANIS, N. M. M.; RODRIGUES, M. A. Experimentação investigativa: Uma proposta para abordar os conceitos de pressão de vapor e ebulioscopia no Ensino Médio. In: **II Encontro do PIBID UEM**, 2013. Maringá. II Encontro do PIBID UEM, 2013.
CORTEZ, J. M.; BRITO, V. B.; KIOURANIS, N. M. M.; RODRIGUES, M. A. A Química do Amor como Ponto de Partida no Ensino de Funções Orgânicas no Ensino Médio. In: **I Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias,** 2012, Barcelona. I Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias. Barcelona: Educación Editora, 2012.
BRITO, V. B.; MATOS, F. I.; RODRIGUES, M. A.; KIOURANIS, N. M. M. Contextualizando transformações físicas e químicas por meio do preparo de um bolo. In: **I Seminário Estadual PIBID do Paraná**, 2012, Ponta Grossa-PR. I Seminário Estadual PIBID do Paraná, 2012.
CORTEZ, J. M.; KIOURANIS, N. M. M.; RODRIGUES, M. A. Contextualizando conhecimentos químicos com a temática refrigerante. In: **V Encontro Regional de Biologia Sul, V EREBIO**, 2011, Londrina. V EREBIO, 2011.
TOTAL: 14

ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS
TAKAHASHI, D. A. G.; BORDONI, A. J.; SILVEIRA, M. P.; KIOURANIS, N. M. M. Oficinas no Ensino de Química: Uma Análise dos Trabalhos Publicados nos Anais do ENEQ (2008-2018). **Revista Valore**. Volta Redonda, v. 6 (Edição Especial), p. 425-437, 2021.
AGUIAR, J. A.; OLIVEIRA, T. A. L.; REIS, J. M. C.; SILVEIRA, M. P. De uma sequência didática a uma oficina temática: desafios do planejamento no âmbito de um subprojeto PIBID de Química. **ACTIO:** Docência em Ciências, v. 4, n. 1, p. 26-45, 2019.
KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P.; Combustíveis: uma abordagem problematizadora para o ensino de química**. Química Nova na Escola**. São Paulo, v.39, n.1, p.68-74, fevereiro, 2017.
SEMENSATE. A. P.; VOLPATO, V. C.; MOCHIZUKI, A. P. J.; SILVA, M. S.; SILVEIRA, M. P. Oficina temática do refrigerante: problematizando os conceitos de ácidos e a visão sobre a química. **ACTIO:** Docência em Ciências, v. 2, n. 3, p. 229-248, 2017.
TOTAL: 4

CAPÍTULO DE LIVRO PUBLICADO
KIOURANIS, N. M. M.; REIS, J. M. C.; BRITO, V. B.; RODRIGUES, M. A. **A química do amor como ponto de partida no ensino de funções orgânicas no ensino médio. Retos y perspectivas em la enseñanza de las ciencias.** 1ed. Ourense: Edita Educación Editora, 2013, v. Unico, p. 531-536.
TOTAL: 1

LIVRO
KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P. **O Ensino de química por meio de oficinas temáticas**. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2022.
TOTAL: 1

ANEXOS

ANEXO A – OFICINA TEMÁTICA: O CASO DO RIO ÁGUA DOCE[37]

Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico

Oficina Temática: O caso do Rio Água Doce

Caderno do professor

Maringá, 2021

[37] Uma versão atualizada da oficina foi publicada no livro "O Ensino de química por meio de oficinas temáticas" (KIOURANIS; SILVAIRA, 2022).

APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a),

esta Oficina Temática (OT) foi elaborada com intuito de proporcionar algumas discussões acerca de questões relativas à poluição térmica em ambientes aquáticos, levando em conta uma situação simulada, em que os alunos atuarão como fiscais do meio ambiente. Nesse sentido, serão apresentados alguns aspectos da legislação ambiental, a dissolução de gases em líquidos e algumas consequências derivadas da poluição térmica.

A oficina foi elaborada com base em pressupostos teóricos de Marcondes *et al.* (2007) e utilizou de estratégias de ensino e aprendizagem promotoras de Pensamento Crítico (TENREIRO-VIEIRA; VIEIRA, 2000). Neste material você encontrará orientações para realização das atividades e um experimento de química com abordagem qualitativa e de fácil execução, mesmo em casa.

Quanto ao desenvolvimento metodológico, nos baseamos em uma sequência que considera os Três Momentos Pedagógicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018), compreendido em Problematização Inicial, a Organização e a Aplicação do Conhecimento. Na *Problematização Inicial*, se investigam os conhecimentos prévios dos alunos sobre poluição e como esta afeta os ecossistemas aquáticos. Na *Organização do Conhecimento* os alunos são convidados a refletir sobre os efeitos da poluição térmica por meio de um experimento que visa a identificação da presença de gases em água, a fim de que eles experienciem, testem, elaborem hipóteses, cheguem a conclusões e (re)organizem seus conhecimentos. Na A*plicação do Conhecimento*, os alunos elaboram um relatório de autuação que retoma a questão problema inicial.

Consideramos que a temática, poluição térmica em ambientes aquáticos, se dirige a todo o âmbito do ensino de química para o Ensino Médio e os enfoques conceituais podem ser considerados de acordo com a série a qual a oficina será aplicada. De qualquer forma, algumas sugestões conceituais são feitas para contribuir com o seu trabalho de planejamento e em sala de aula, como, os conceitos de reações químicas, ácidos e pH para a 1ª série do Ensino Médio e solubilidade, concentração, interações intermoleculares e equilíbrio químico para as 2ª e 3ª série do Ensino Médio.

Com relação a duração da OT "O caso do Rio Água Doce", ela pode ser aplicada em sua integralidade, em um período mínimo de 3 horas. Em todo o caso, isso dependerá da disponibilidade de trabalho com os alunos, da profundidade temática e conceitual abordada e da autonomia propiciada aos alunos na resolução dos problemas apresentados no decorrer da oficina. O interessante é conduzir a aplicação da OT, considerando o referencial dos Três Momentos Pedagógicos.

Bom trabalho!

ATIVIDADE 1: Introdução ao tema.

Objetivos:

- Iniciar discussões acerca da temática poluição térmica.
- Estabelecer diálogo com os alunos.

Metodologia:

Você professor(a) poderá iniciar a Oficina Temática apresentando informações sobre o tema "O caso do Rio Água Doce", no qual serão narrados episódios para a compreensão do caso, que também estará disponível no material do aluno para consulta.

> Olá, turma! Sejam bem-vindos à oficina temática intitulada "O caso do Rio Água Doce", a qual foi elaborada pelos integrantes do Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico, da Universidade Estadual de Maringá (opcional).

Após a apresentação do projeto (opcional), o(a) professor deverá informar que a oficina envolve aspectos da legislação ambiental e o CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE conhecido também como CONAMA. Assim, para iniciar o diálogo, poderá questionar os alunos de modo que eles respondam oralmente:

> *Para você, o que é meio ambiente? Vocês já ouviram falar do CONAMA? Qual seria, sob o seu ponto de vista, a função desse conselho?*
>
> **Objetivo:** Mobilizar concepções sobre os temas voltados à fiscalização ambiental e suas finalidades.
> **Capacidade de pensamento crítico:** Clarificação elementar – Focar uma questão.

Com isso, os alunos poderão responder, diante de conhecimentos já existentes, sobre esse órgão ou a função e importância do conselho. Durante a discussão o(a) professor(a) poderá informar que o CONAMA desempenha a função de aconselhar e de tomar decisões importantes relacionadas ao Meio Ambiente. Atualmente, participam do conselho entidades ambientalistas, representantes de governos municipais, estaduais e federal, além do presidente do CONAMA e o secretário executivo. Também podem ser apresentadas informações sobre órgão de âmbito estadual, como por exemplo o IAT (Instituto Água e Terra) que está vinculado ao Conselho Estadual do Meio Ambiente do Paraná, conhecido por CEMA. A partir desse diálogo espera-se mobilizar concepções sobre os temas voltados à fiscalização ambiental e suas finalidades.

ATIVIDADE 2: Situação-problema e inserção dos alunos para que participem da situação simulada.

Objetivos:

- Inserir os alunos para que participem da situação simulada.
- Apresentar e discutir sobre a situação problema.
- Socializar sobre as principais ideias da oficina.

Metodologia:

Após iniciarem as discussões sobre as ideias gerais dos alunos sobre órgãos de fiscalização do meio ambiente e sua importância, sugere-se trabalhar a problematização do tema por meio de

uma situação simulada, em que os alunos atuarão como fiscais do meio ambiente. Sendo assim, orienta-se que a leitura da narrativa seja retomada, conforme pode ser verificado a seguir:

> Para tornar sua experiência mais interessante e divertida, gostaríamos que vocês se imaginassem como químicos ambientais que foram contratados recentemente pela prefeitura da sua cidade para atuarem como fiscais do meio ambiente. Assim, vocês receberam de seus supervisores o caso a seguir:

Após esse momento, a situação problema deverá ser apresentada para os alunos.

> **Questão problema:** A poluição térmica de um rio pode ser intencional ou acidental. A mais comum é a primeira forma, pois muitas indústrias e usinas despejam águas aquecidas em rios, lagos ou diretamente na rede de esgoto da cidade, sem o devido tratamento. Considerando que você é um fiscal do meio ambiente e tenha percebido a morte de vários peixes em um rio importante de sua cidade, o Rio Água Doce, e que próximo a esse rio existem 3 tipos de empresas: uma indústria têxtil, uma siderúrgica e uma usina de açúcar e etanol***, o que pode ser feito para identificar a empresa responsável pelas mortes? O que pode ter provocado o aumento da mortalidade de peixes?***

É importante que após a leitura da situação problema, se discuta sobre as ideias gerais dos alunos acerca dos questionamentos feitos ao final dessa situação. Algumas perguntas poderão ser feitas a partir da situação-problema, como, *de que forma essas empresas atuam? O que elas produzem? E em termos de resíduos? E eles (resíduos) podem impactar o meio ambiente? Como?*

Também orienta-se que, seja dada visibilidade da situação problema ao longo da oficina e não somente em seu início, pois, ao final, os alunos deverão se posicionar e responder, baseados em suas descobertas e reflexões, a problemática inicial. E na sequência, recomenda-se para que o(a) professor(a) discuta as previsões dos alunos para a situação-problema, com base nas informações conhecidas sobre essas empresas. Mais informações serão fornecidas para que o caso seja resolvido, por exemplo, as análises da água (Figura 01) realizadas em 3 pontos diferentes do rio, além de alguns parâmetros da legislação vigente sobre liberação de efluentes (Figura 02). Para isso, orienta-se a continuidade da leitura do caso:

> Agora, após o levantamento de suas suposições sobre o ocorrido no Rio Água Doce, você está em posse de 3 análises da água (Figura 01), realizadas em 3 pontos diferentes do rio, além de alguns parâmetros da legislação vigente sobre liberação de efluentes (Figura 02) e seu supervisores pediu que analisasse esses dados.

Figura 01: Amostras da água do Rio Doce em diferentes pontos

Análise Ponto 01 Km 27 do Rio Água Doce		**Análise Ponto 02 Km 50 do Rio Água Doce**		**Análise Ponto 03 Km 83 do Rio Água Doce**	
Parâmetros	**Resultados**	**Parâmetros**	**Resultados**	**Parâmetros**	**Resultados**
pH	6,3	pH	6,7	pH	6,4
Temperatura	27°C	Temperatura	42°C	Temperatura	30°C
Materiais sedimentares	0,05 mL/L	Materiais sedimentares	0,1 mL/L	Materiais sedimentares	0,09 mL/L
Materiais flutuantes	Ausentes	Materiais flutuantes	Ausentes	Materiais flutuantes	Ausentes
Arsênio total	0,02 mg/L	Arsênio total	0,5 mg/L	Arsênio total	0,45mg/L
Chumbo total	0,01 mg/L	Chumbo total	0,5 mg/L	Chumbo total	0,3 mg/L
Cianeto	0,08 mg/L	Cianeto	1,0 mg/L	Cianeto	0,09 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L	Clorofórmio	0,09 mg/L	Clorofórmio	0,07 mg/L
Tolueno	1,0 mg/L	Tolueno	0,08 mg/L	Tolueno	0,06 mg/L

Fonte: Os autores.

Figura 02: Parâmetros do CONAMA para lançamento de efluentes

Parâmetros especificados pelo CONAMA

Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

I – Condições de lançamento de efluentes:

- pH entre 5 e 9;
- Temperatura: inferior a 40ºC, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC no limite da zona de mistura;
- Materiais sedimentáveis: até 1mL/L;
- Ausência de materiais flutuantes.

II – Padrões de lançamento de efluentes:

- Arsênio (As) total 0,5 mg/L
- Chumbo (Pb) total 0,5 mg/L
- Cianeto (CN) total 1,0 mg/L CN
- Clorofórmio 1,0 mg

Fonte: Adaptado de Brasil (2011).

Espera-se que os alunos compreendam que os critérios adotados auxiliam na fiscalização da situação que está sendo simulada. Sendo assim, percebam que a temperatura é o principal indicador do responsável pelas mortes dos peixes, pois uma das amostras apresenta uma temperatura diferente das condições estabelecidas pelo CONAMA. Apesar disso, outros aspectos podem ser discutidos, e outros questionamentos também podem ser feitos, como: *E a presença de metais como chumbo? Ele poderia ter causado as mortes dos peixes? Que empresa poderia ter liberado esse metal no Rio Água Doce? E o clorofórmio e o tolueno? Vocês conhecem? Será que eles poderiam causar algum problema ambiental? Como faríamos para fiscalizar essas empresas?*

Após essas questões, poderá relembrar a discussão inicial sobre esse órgão de fiscalização ambiental e apresentar o site do CONAMA[38], em que consta a legislação ambiental, as resoluções e uma descrição sobre o que é o CONAMA. Continuando o(a) professor(a) poderá informar que o CONAMA foi criado em 1982 e que é um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Dessa forma, serve tanto para aconselhar como para tomar decisões importantes relacionadas ao Meio Ambiente, como por exemplo questões relacionadas ao lançamento de efluentes, visando a preservação e conservação das águas.

Ademais, sugere-se ler para os alunos os atos do CONAMA (BRASIL, 2011)**:**

I) Resoluções quando se trata de decisões com base em critérios e padrões relativos à proteção ambiental, como os parâmetros para o lançamento de efluentes que vocês receberam;
II) Moções quando se tratar de manifestação sobre a temática ambiental;
III) Recomendação quando referir-se à implementação de políticas e programas de repercussão ambiental;
IV) Proposições, quando se tratar de matérias encaminhadas ao governo.

[38] Link para o site do CONAMA: http://www2.mma.gov.br/port/conama/.

Para fomentar a discussão, sugere-se fazer a seguinte questão:

> *Vimos que o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) apresenta a resolução para o lançamento de efluentes. Nesse sentido, qual a importância de se estabelecer condições e padrões para o lançamento de efluentes?*
>
> **Objetivo:** Tornar explicitas ideias sobre condições e impactos causados com o lançamento de efluentes.
> **Capacidade de pensamento crítico:** Clarificação elementar – Focar uma questão.

Se houver tempo, mais perguntas poderão ser realizadas, como: S*e não tivéssemos esses critérios como seria? Como faríamos a fiscalização? Se não tivéssemos critérios, as empresas ou as pessoas poderiam fazer do jeito delas? Por que isso pode ser um problema?* Mediante essa discussão, espera-se tornar explícitas ideias sobre condições e impactos causados com o lançamento de efluentes e comparar os dados pela identificação de semelhanças e diferenças com os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA.

Complementando com mais uma questão sobre o caso:

> *Considerando os parâmetros medidos na água, nos três pontos do Rio Água Doce, o que pôde ser considerado diferente do esperado?*
>
> **Objetivo:** Comparar os dados pela identificação de semelhanças e diferenças com os parâmetros estabelecido pelo CONAMA.
> **Capacidade de pensamento crítico:** Clarificação elementar – Analisar argumentos.

Isso, na tentativa de os alunos perceberem que a temperatura é o principal indicador do responsável pelas mortes dos peixes e, assim, prossigam investigando os efeitos da temperatura no controle da qualidade da água.

ATIVIDADE 3: Questionário exploratório.

Objetivo:

- Propor questões para o levantamento de ideias sobre o tema, dissolução de gases em líquidos e sobre a temática da oficina.

Metodologia:

Após discussões sobre a situação problema, recomenda-se realizar uma atividade exploratória para conhecer as ideias dos alunos que serão o ponto de partida para a construção dos conceitos na sequência. Isso se deve ao fato de que, alguns estudos (CARMO; FREITAS; QUADRO, 2013) mostram que os alunos podem apresentar concepções diferenciadas sobre o papel do oxigênio em sistemas aquáticos, ou líquidos, e não reconhecem a presença do gás oxigênio ($O_{2(g)}$) como uma molécula diferente (da água, por exemplo). Além disso, são relatadas várias dificuldades acerca dos conceitos que envolvem os processos de dissolução, como a existência de espaços vazios que justificariam o "encaixe" das moléculas que se dissolvem, o não entendimento do papel do solvente no processo de dissolução, entre outros (ECHEVERRIA, 1996; CARMO; MARCONDES, 2008; SOUZA; CARDOSO, 2009; SILVA; EICHLER; DEL PINO, 2012; ALVES *et al.*, 2018).

Para explorar essas concepções, sugere-se que seja narrado o episódio em que os supervisores informam que ainda têm dúvidas sobre o que aconteceu e gostariam que os fiscais (alunos)

respondessem três questões para a exploração da temática abordada no caso que lhes foi apresentado anteriormente:

> Seus supervisores consideram imprescindível, do ponto de vista do estudo do caso, que vocês respondam um questionário contendo duas questões-base para a exploração da temática abordada no caso que lhes foi apresentado anteriormente. Na sequência, vocês terão que discutir suas respostas junto aos seus colegas. Vamos lá!?

Após a leitura, o(a) professor(a) deverá disponibilizar o questionário, que se encontra no caderno do aluno, para registros das respostas.

Questionário exploratório:
1 - Com base no que você sabe, o que é preciso considerar para que a água de um rio esteja poluída? Dê exemplos do que poderiam ter poluído o Rio Água Doce. **Objetivo:** Mobilizar conhecimentos prévios dos alunos sobre o conceito de poluição, que podem resultar na alteração de relações ecológicas, considerando aspectos macroscópicos e microscópicos que possam ser exemplificados **Capacidade de pensamento crítico:** Clarificação elementar – Fazer e responder a questões de clarificação e ou desafio.
2 - As plantas realizam um processo denominado fotossíntese, que pode ser definido como a forma em que a energia solar é capturada e convertida em energia para elas. O que ocorre é que na presença de luz e clorofila, o gás carbônico (CO_2) e a água (H_2O) capturados pela planta são convertidos em glicose, havendo também a liberação de oxigênio (O_2) no ar. Logo, a fotossíntese é considerada um recurso fundamental para a manutenção da vida no planeta. Por outro lado, o processo de respiração dos animais ocorre de modo diferente, pois não é uma fotossíntese. Assim, como você explicaria e representaria por desenhos: a) A respiração dos peixes submersos em água? b) A fotossíntese das plantas aquáticas? **Objetivo:** Expressar ideias sobre a necessidade da presença de gases dissolvidos em água envolvidos no processo de respiração dos peixes e a fotossíntese das plantas aquáticas. **Capacidade de pensamento crítico:** Clarificação elementar – Fazer e responder a questões de clarificação e ou desafio.
3 - Você considera que a poluição das águas poderia afetar o processo de respiração dos peixes e a fotossíntese das plantas no Rio Água Doce? Quais seus argumentos para justificar essa resposta? **Objetivo:** Mobilizar ideias sobre como a poluição das águas afetaria os peixes e as plantas aquáticas estabelecendo relações com as explicações anteriores. **Capacidade de pensamento crítico:** Clarificação elementar - Analisar argumentos.

Com essa atividade espera-se que os alunos manifestem suas concepções sobre a poluição, estabelecendo uma relação com o ecossistema aquático, e por meio de desenhos possam representar os gases dissolvidos em água, cujo conceito será aprofundado ao longo da oficina. Como maior possibilidade de proveito das perguntas, pode-se explorar também formas de representações simbólicas, questionando: *Como poderíamos expressar, usando símbolos químicos, essas relações entre o gás carbônico, a água e o oxigênio? O que vocês acreditam que ocorre quando o oxigênio está em água?* É importante o papel do(a) professor(a) nessa discussão, na mediação dialógica e no incentivo para expressão e partilha de ideias entre os alunos.

ATIVIDADE 4: Questionário pré-experimento.

Objetivo:

- Convidar os alunos a refletirem sobre o experimento.
- Estimular a elaboração de hipóteses.

Metodologia:

Depois de expressar algumas concepções é muito importante que os alunos comecem a pensar sobre a problemática, elaborando conceitualmente respostas acerca do problema proposto. Nesse sentido, faz-se uso do experimento. Dessa forma, é importante dar continuidade ao episódio em que os supervisores reconhecem que os fiscais (alunos) apresentam um ótimo conhecimento sobre poluição, os critérios de fiscalização ambiental e o processo de respiração dos peixes e das plantas, e autorizam a visita ao Rio Água Doce, mas antes solicitam que os fiscais respondam duas questões:

> Muito bem, turma! Os seus supervisores reconheceram que possuem um ótimo conhecimento teórico sobre a poluição, os critérios de fiscalização ambiental e o processo de respiração dos peixes e das plantas. Porém, antes de permitirem a sua ida até o Rio Água Doce para averiguar a situação, eles solicitaram que cada um de vocês respondesse, rapidamente, as questões a seguir:

Nesse momento será entregue o questionário pré-experimento, que se encontra no caderno do aluno. Assim, para fomentar a discussão o(a) professor(a) poderá retomar os exemplos de poluição mencionados anteriormente e, então, prosseguir com as Questões 1 e 2, do questionário pré-experimento, incentivando os alunos para que expressem suas hipóteses.

Questionário pré-experimento:
1 - Quando a elevação da temperatura de um corpo d'água for significativa, devido ao lançamento de efluentes, a mesma pode ser caracterizada como poluição? Justifique. **Objetivo:** Estimular a elaboração de hipóteses sobre como a elevação da temperatura afetaria a qualidade da água, culminando em alterações ecológicas, de modo a utilizar conjecturas de base experimental para discussão da problemática. **Capacidade de pensamento crítico:** Inferência – Inferir conclusões e hipóteses explicativas.
2 - O que pode acontecer com a água dos rios ao lhes serem lançados efluentes com temperatura acima do estipulado pela resolução? **Objetivo:** Expressar hipóteses com base nas explicações relacionadas à poluição térmica das águas, as quais necessitem de ser verificadas experimentalmente. **Capacidade de pensamento crítico:** Inferência – Inferir conclusões e hipóteses explicativas.

Espera-se que os alunos manifestem algumas de suas percepções sobre o efeito da temperatura na qualidade da água e sua influência na dissolução de gases, mediante organização, reconhecimento e esclarecimento de suas ideias.

ATIVIDADE 5: Experimento.

Objetivo:

- Orientar os alunos para a realização do experimento.

Metodologia:

Na sequência o(a) professor(a) deverá orientar os alunos para a realização da atividade experimental que tem como objetivo identificar a presença e o comportamento de gases em água. Trata-se de um experimento simples, inspirado em atividades divulgadas na literatura (GEPEQ, 1995; FERREIRA *et al.*, 2008; ANTLER *et al.*, 2012), mas com potencial para explorar diversos conceitos como: solubilidade, pH, indicador ácido-base e equilíbrio químico. No caso dessa atividade o conceito principal será a dissolução de gases em líquidos.

Para a continuidade, será retomada a narrativa em que os alunos (fiscais) possam se imaginar dirigindo-se ao Rio Água Doce para acompanhar o problema de perto**.** E, durante essa visita, resolveram coletar novas amostras para analisá-las.

> Parabéns, turma! Seus supervisores finalmente aprovaram seu trabalho para com esse caso. Vocês mostraram que não estão para brincadeira, hein!?
>
> Suponha agora que vocês tenham se dirigido ao Rio Água Doce para acompanhar o problema de perto e, durante essa visita, vocês resolveram coletar uma amostra de água do rio para analisá-la em seu laboratório. Assim que retornaram ao seu local de trabalho, seus supervisores entregaram a vocês um roteiro experimental (Quadro 4 - Material do aluno) para orientá-los na realização das análises com a amostra de água coletada; porém, vocês tiveram a brilhante ideia de aplicar os mesmos testes para uma amostra de água gaseificada, de modo a estabelecer um comparativo entre ambas.
>
> Por não compreenderem o intuito dessa adição ao experimento, seus supervisores solicitaram que vocês registrassem todas as suas observações experimentais em um quadro, o qual, posteriormente, deverá ser entregue a eles visando um acompanhamento dos resultados obtidos.
>
> Além disso, devido à quantidade de equipamentos disponíveis para a realização dos testes, vocês precisarão fazê-los em grupos, ok!? Mãos à obra!

Em continuidade, orienta-se para que os alunos recebam um roteiro experimental, no qual devem ser feitos comparativos entre a água da torneira com a água gaseificada. Considerando estes aspectos, apresentam-se sugestões para execução do experimento que pode ser realizado em casa, bem como em ambiente escolar, desde que certas precauções sejam tomadas:

Atenção!

- Prepare-se para qualquer experiência, lendo as orientações antes de começar.
- Rotule/identifique os reagentes ou soluções preparadas para não esquecer.
- Qualquer aquecimento que envolva recipientes de vidro não deve ser feito diretamente, exceto aqueles do tipo “Pyrex” (DEL PINO; KRÜGER, 1997).

Essas informações e o roteiro experimental estarão disponíveis para consulta no material do aluno.

Experimento: Identificação da presença de gases em água

Objetivo: Identificar a presença e o comportamento de gases em água, utilizando parâmetros de agitação e aquecimento.

Materiais

- Copos de vidro transparente;
- Recipientes do tipo “Pyrex”;
- Água gaseificada;
- Água da torneira;
- Canudinho;
- Repolho roxo;
- Liquidificador;
- Peneira.

Preparação do indicador de repolho roxo

- 3-4 folhas de repolho roxo;
- 1 copo de água (150 mL)

Bata os ingredientes no liquidificador (por cerca de dois minutos) ou macere as folhas até obter uma quantidade razoável de caldo. Coe a mistura com o auxílio de uma peneira ou em um filtro de café descartável. O filtrado roxo será o indicador.

OBS.: Importante não bater muito!

Procedimento

Identificar dois recipientes (podem ser copos) como Padrão (A) e Padrão (B). Para os demais recipientes seguir as orientações apresentadas nos passos 1, 2, 3, 4 e 5.

Padrão (A)

No primeiro recipiente identificado como padrão A, colocar cerca de ¼ de água gaseificada, adicionar à amostra uma colher rasa do indicador de repolho roxo, se a cor da solução ficar fraca adicionar mais um pouco do indicador. Fotografar e anotar suas observações.

OBS.: É importante fechar a garrafa de água com gás para utilizá-la novamente.

Padrão (B)

Repetir o mesmo procedimento do padrão A para o segundo recipiente, que deve ser identificado como padrão B, agora para água da torneira. Fotografar e anotar suas observações (compará-los).

OBS.: Esperar 30s com a torneira aberta antes de coletar a amostra.

Passo 1

Em outro recipiente (pode ser copo também): Colocar cerca de ¼ de água gaseificada, adicionar à amostra uma colher rasa do indicador de repolho roxo, e caso a cor da solução ficar fraca, adicionar mais um pouco do indicador. Em seguida, agitar a amostra com bastante intensidade (até perceber uma mudança na coloração). Lembre-se de comparar a amostra com os padrões, fotografar e registrar suas observações.

OBS.: É importante fechar a garrafa de água com gás para utilizá-la novamente.

Passo 2

Em outro recipiente (pode ser copo também): Repetir o mesmo procedimento do Passo 1, agora para a água da torneira. Lembre-se de comparar a amostra com os padrões, fotografar e registrar suas observações.

OBS.: Esperar 30s com a torneira aberta antes de coletar a amostra.

Passo 3

Em um recipiente do tipo “Pirex”: Colocar cerca de ¼ de água gaseificada, adicionar uma colher rasa (ou mais) do indicador de repolho roxo, proceder o aquecimento do recipiente contendo a amostra e o indicador, por cerca de 5 minutos. Lembre-se de comparar a amostra com os padrões, fotografar e registrar suas observações.

OBS.: O aquecimento deve ser feito lentamente (em fogo baixo).

Passo 4

Em outro recipiente do tipo “Pirex”: Repetir o mesmo procedimento do Passo 3, agora para a água da torneira. Lembre-se de comparar a amostra com os padrões, fotografar e registrar suas observações.

OBS.: Esperar 30s com a torneira aberta antes de coletar a amostra.

Passo 5

Em um recipiente do tipo “Pirex”: Colocar cerca de ¼ de água da torneira. Aqueça a água até ebulição, mantendo o aquecimento por mais cinco minutos. Após o aquecimento, adicione uma colher rasa (ou mais) do indicador de repolho roxo e espere esfriar um pouco. Utilizando-se do canudo assopre continuamente por 5 minutos (ou até perceber alteração) na amostra. Anotar suas observações.

OBS.: Lembre-se de fotografar o recipiente e comparar com os padrões.

Quadro 01: Registros das observações provenientes do experimento.

Passos	Observações
1	
2	
3	
4	
5	

Em suma, no experimento, os alunos observarão as alterações na água contendo indicador de repolho roxo durante o processo de desgaseificação, seja por agitação ou aquecimento, com exceção do passo 5 no qual o processo é inverso. Deve-se considerar que mesmo o conceito de pH não sendo o foco da atividade, provavelmente os alunos vão citá-los em suas observações, portanto, o(a) professor(a) poderá envolvê-lo na discussão. Nesse sentido, seria interessante realizar questionamentos como: *O que tem na água gaseificada e que torna a cor diferente da água da torneira? O que acontece quando a gente assopra na água? O que são essas bolhas? Por que as cores se alteram, durante os experimentos? Por que, ao final do aquecimento, tanto a água da torneira quanto a água gaseificada ficaram com as colorações parecidas?* Estas e outras observações serão aprofundados na discussão após o experimento e durante a retomada da problemática.

ATIVIDADE 6: Questionário pós-experimento.

Objetivos:

- Problematizar o experimento.
- Explorar os conceitos químicos.

Metodologia:

Após a realização da atividade experimental e das discussões acerca dos experimentos, deverá ser entregue o questionário pós-experimento, que se encontra disponível no caderno do aluno. Então, o(a) professor(a) poderá debater com os alunos sobre suas especulações e os fenômenos observados, aprofundando em conceitos químicos e na compreensão da temática.

Na narrativa desse episódio, os supervisores receberam o registro das observações acerca do experimento, mas estão com dificuldade para interpretar os resultados.

> Certo, seus supervisores receberam o registro das observações de cada grupo acerca dos testes com as amostras de água do Rio Água Doce e de água gaseificada, mas ainda estão com dificuldade para interpretar seus resultados. Sendo assim, eles gostariam que cada um de vocês respondesse ao questionário abaixo, com base em suas observações experimentais, e, posteriormente, as discutissem coletivamente.

Sendo assim, solicitaram que os fiscais (alunos) respondessem outro questionário que os ajudassem a explicar suas observações. Essas perguntas podem ser respondidas, por escrito, nos

grupos formados para a realização dos experimentos, considerando a importância do diálogo, da deliberação, negociação e interpretação dos fenômenos e das ideias.

Questões pós-experimento
1 - O que poderia justificar a mudança da coloração verificada nas amostras contidas nos béqueres? **Objetivo:** Inferir sobre as mudanças de coloração nos diferentes recipientes durante o processo de desgaseificação da água, seja pela alteração da concentração do soluto, principalmente o gás carbônico, e/ou a mudança no pH da solução. **Capacidade de pensamento crítico:** Inferência – Deduzir e avaliar deduções.
2 - Represente os momentos indicados abaixo por meio de desenhos, de modo a justificar a mudança da coloração na amostra do a) recipiente contendo água da torneira antes, durante e ao final de seu aquecimento. b) recipiente contendo água gaseificada antes, durante e ao final de seu aquecimento. c) recipiente contendo água da torneira fervida antes, durante e após o seu borbulhamento. **Objetivo:** Inferir acerca da mudança de cores nas amostras em questão, de forma que sejam representadas as variações nas quantidades de gases, com o aquecimento. **Capacidade de pensamento crítico:** Inferência – Inferir conclusões e hipóteses explicativas.
3 - Seria possível, usando métodos experimentais, determinar a quantidade de gás dissolvido em uma garrafinha (510 mL) de água gaseificada e na mesma quantidade de água de torneira? Se sim, como? Se não, justifique. **Objetivo:** Expressar hipóteses sobre uma possível forma de determinar a quantidade de gases dissolvidos em água a partir de modelos matemáticos e experimentais. **Capacidade de pensamento crítico:** Inferência – Fazer e avaliar induções.
4 - Considerando os experimentos, represente, graficamente, a variação da quantidade de gás dissolvido na água gaseificada em função da temperatura. **Objetivo:** Expressar graficamente como a temperatura influencia na concentração dos gases, utilizando os conceitos problematizados e elaborados anteriormente. **Capacidade de pensamento crítico:** Clarificação elaborada – Definir os termos e avaliar e avaliar as definições em três dimensões.

Desta forma, espera-se que os alunos manifestem as suas percepções sobre o experimento, como em relação à mudança na coloração que ocorre devido ao processo de desgaseificação da água, o qual altera a concentração de soluto e, consequentemente, modifica o pH da solução. Também, demonstrar a quantidade de gases variando, com aquecimento ou borbulhamento, presentes em suas representações, de modo a considerar que o desenho desempenha um papel significativo na construção da linguagem química. Nesse sentido, é importante que os professores questionem e discutam, o que pode ter ocorrido com as amostras ao serem submetidas ao aquecimento e à agitação, em nível molecular, principalmente ao problematizarem as questões 01 e 02 respondidas após os experimentos. As questões também dão abertura para que alguns aspectos quantitativos e qualitativos sejam relevados. Assim, se dá início às discussões sobre a determinação de concentrações de soluções, após a indicação de alguns métodos experimentais. A ideia é que os alunos possam pensar em como diferenciar, quantitativamente, as quantidades de gases, em ambas as águas. Nesse sentido, é possível discutir uma forma de determinar a quantidade de gases dissolvidos em água a partir de modelos matemáticos e experimentais. Para isso, o(a) professor(a) poderá perguntar: *Seria possível, usando métodos experimentais, determinar a quantidade de gás dissolvido em uma garrafinha (510 mL) de água gaseificada e na mesma quantidade de água de torneira? Se sim, como? Se não, por quê?*

Essas relações, entre quantidades, também podem ficar evidentes na construção do gráfico, indicando a inversão de proporcionalidade entre as quantidades e o aumento da temperatura, o que também favorece a premissa teórica sobre o aumento da temperatura e sua relação com a solubilidade. Também pode-se questionar: *O que pode ocorrer quando um gás entra em contato com a água? Como podemos representar, por meio de símbolos químicos, esse contato entre água e gases?* Isso pode favorecer a construção de significados para as transformações químicas ocorridas nos experimentos, como as mudanças de pH, as reações químicas ou as situações de equilíbrio químico.

A esse respeito, o(a) professor(a) pode utilizar-se das informações dispostas a seguir, as quais tratam a respeito dos gases dissolvidos na água, especificamente, o oxigênio e o gás carbônico, bem como suas propriedades e solubilidade. Por meio das equações químicas, faz com que pensemos a respeito de o que ocorre com um gás em contato com a água. Nesse ponto são retomados os conceitos explorados no decorrer da oficina, bem como os aspectos ambientais e sociais relacionados à temática. Nesse âmbito, o aprofundamento dos conceitos dependerá da série para qual a oficina será ofertada. Assim, para alunos no 1º ano do Ensino Médio poderá ser explorada a dissolução dos gases em líquidos, a solubilidade, as reações e transformações químicas, bem como as interações, o pH e as propriedades ácidas. Enquanto que, para os alunos dos 2º e 3º anos do Ensino Médio pode-se aprofundar conceitos como equilíbrio químico e concentração de soluções.

ATIVIDADE 7: Retomada da problemática.

Objetivo:

- Problematizar o tema.
- Aprofundar nos conceitos químicos.

Metodologia:

O(a) professor(a) deverá comentar que algumas informações sobre o caso precisam ser analisadas com mais cuidado. Dessa forma, na narrativa do episódio são fornecidos dois materiais diferentes para consulta. O primeiro material consiste em um gráfico (Gráfico 01), construído por colegas de trabalho após a realização das medidas de temperaturas, nas águas do Rio Água Doce. E o segundo, se refere a um pequeno mapa da área (Figura 03). Se possível, nesse momento formar grupos (no máximo 5 alunos) de discussões para que analisem e respondam os últimos questionamentos.

> Essa última discussão foi bastante produtiva, vocês não acharam? Porém, ainda existem alguns pontos que precisam ser analisados com mais cuidado. Para tal, seus supervisores deixaram três materiais diferentes sobre suas mesas, que devem ser analisados e respondidos em conjunto com seus colegas de trabalho.
>
> O primeiro consiste em um gráfico, construído pelo técnico de laboratório da prefeitura, demonstrando a quantidade de oxigênio em relação às temperaturas em cada ponto do Rio Água Doce (Gráfico 01), enquanto o segundo se refere a um mapa da área na qual se deu o problema que vocês estão investigando. Por outro lado, o terceiro material contém dois questionamentos que seus supervisores elaboraram para serem respondidos de modo a aprofundar seus estudos.

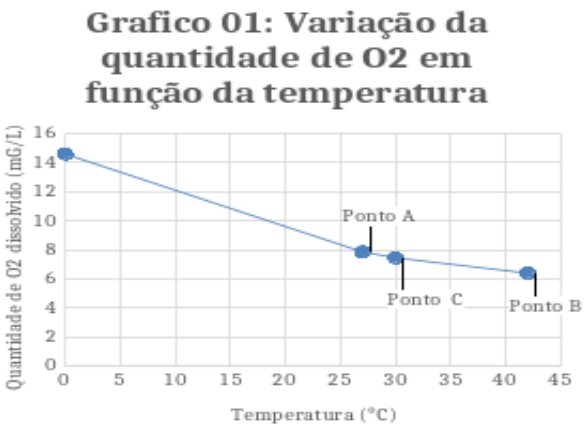
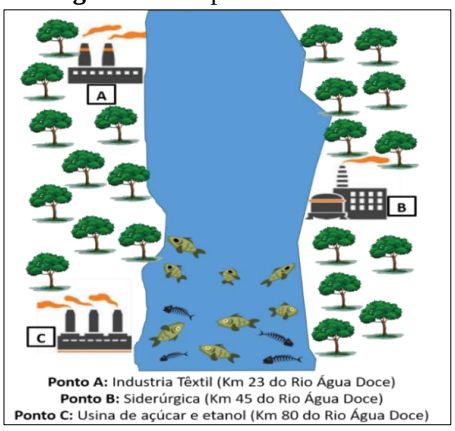


Figura 03: Mapa da área do Rio Doce



Fonte: Autores.

Para aprofundamento dos estudos e aglutinamento das informações e dos conhecimentos contemplados na oficina, algumas questões foram elaboradas e considera-se importante pedir aos alunos que as respondam de forma escrita. Se possível, pedir para que os alunos respondam em grupos as perguntas para finalização das discussões. Dessa forma, a socialização das ideias e a dinâmica se tornam mais evidentes.

Questões para finalização das discussões.
1- O que se pode constatar sobre a quantidade de gás oxigênio dissolvido nos três pontos? **Objetivo:** Reconhecer/concluir que a diminuição na quantidade de gases dissolvidos em função da elevação da temperatura na água do rio provocou o aumento da mortalidade de peixes mediante a compilação dos dados expressos no gráfico. **Capacidade de pensamento crítico:** Clarificação elaborada – Identificar assunções.
2- Sabe-se que em dias quentes, é comum alguns peixes subirem à superfície para respirar, aspecto que foi verificado no Rio Água Doce a partir do Ponto B. Além disso, percebemos que tem ocorrido a morte de peixes a partir do Ponto C, enquanto que em outros pontos mais distantes, o mesmo não ocorreu. O que poderia justificar esse fato? Que relações existem entre os experimentos realizados e a morte dos peixes? **Objetivo:** Tomar decisão a respeito do responsável pela morte dos peixes, relacionando a informação sobre o local onde os peixes foram encontrados e a investigação com base em critérios estabelecidos pela legislação. **Capacidade de pensamento crítico:** Estratégias e táticas - Decidir uma ação.

Se os alunos apresentarem dificuldades para realizar essa análise, o(a) professor(a) poderá fazer outros questionamentos como: *Qual a quantidade de oxigênio no ponto A, B e C? E a temperatura nesses pontos? Que relações existem entre a quantidade de oxigênio e a temperatura, nos diferentes pontos?*

Ademais a informação sobre o local onde os peixes foram encontrados no mapa podem fornecer indícios sobre a morte dos peixes, como destacado na questão 2. Essas duas perguntas foram elaboradas para que os alunos possam reinterpretar a situação-problema inicial com base nos conhecimentos adquiridos. Para ajudá-los nesse processo, o(a) professor(a) promoverá mais um momento de discussões acerca de questões inerentes ao conhecimento científico necessário para o entendimento desse caso. Para isso, considera-se a continuidade da leitura do caso simulado:

> Muito boas as discussões realizadas até aqui! Vocês estão próximos de finalizar o caso do Rio Água Doce. Para ajudá-los nesse processo, seus supervisores convidaram um profissional da área da Química, o qual promoverá um momento de discussões acerca de questões inerentes ao conhecimento científico necessário para um completo entendimento desse caso.

Apresentação da segunda parte referente aos conceitos que podem ser discutidos diante da aplicação da oficina.

A importância dos gases dissolvidos em água

Dos gases dissolvidos na água, vimos que o oxigênio (O_2) e o gás carbônico (CO_2) são bastantes importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. Sendo assim, poderá fazer a seguinte questão à turma: *De quais fontes são provenientes esses gases?*

Então o(a) professor(a) poderá discutir que o oxigênio dissolvido na água é proveniente de duas principais fontes:

a) Atmosfera;
b) fotossíntese das plantas aquáticas.

Por outro lado, as perdas de oxigênio são provenientes:

a) Decomposição da matéria orgânica;
b) Respiração de organismos aquáticos como os peixes e as plantas.

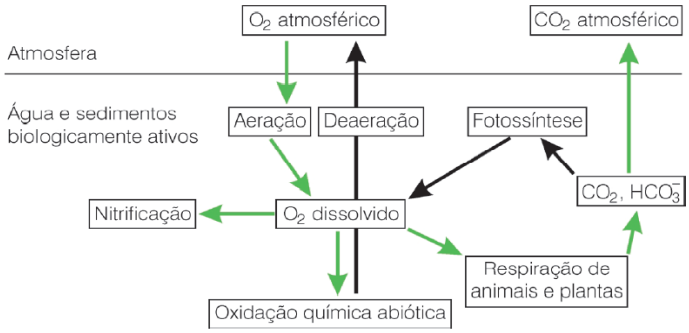
Além da perda para atmosfera por processos mecânicos, como a agitação, que se dá pela ação do vento e correntes d'água (PEDROZO e KAPUSTA, 2016).

Por sua vez, o gás carbônico na água é provenientes diferentes fontes:

a) Processos de respiração dos peixes e das plantas aquáticas;
b) Decomposição de matéria orgânica;

Sendo consumido no processo de fotossíntese das plantas aquáticas (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005). Um esquema do oxigênio (O_2) e o gás carbônico (CO_2) em ecossistemas aquáticos é apresentado na figura 04.

Figura 04: Sistemas aquáticos



Fonte: Fiorucci e Benedetti Filho (2005 adaptado de Connell, 1997).

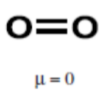
Oxigênio dissolvido: propriedades e solubilidade

Portanto a presença do oxigênio ocorre, em partes, pela dissolução do ar atmosférico para a água, como representado na equação química:

$$O_2\,(g) \rightleftarrows O_2\,(aq) \qquad (1)$$

Por se tratar de uma substancia simples, a molécula de oxigênio é classificada como apolar, ou seja, o momento de dipolo é nulo (Figura 05).

Figura 05: Estrutura molecular do gás oxigênio (O_2) e momento de dipolo (SILVA, 2017)



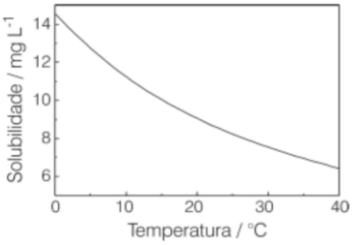
Fonte: Silva (2017)

Assim quando a água se aproxima da molécula de oxigênio, está fica momentaneamente polarizado e passa a interagir com a água. Como a interação intermolecular nesse caso é fraca a solubilidade do oxigênio na água é pequena. Isso faz com que as concentrações do gás na atmosfera e na água sejam diferentes.

É importante compreender que a concentração de oxigênio dissolvido em um corpo d'água é controlada por diversos fatores, como foi citado a solubilidade é um deles. Santos e Mól (2005) definem a solubilidade como a quantidade máxima que uma substância (soluto) pode ser dissolvida em uma quantidade de solvente específico a uma determinada temperatura.

Logo a temperatura é um fator importante no controle da solubilidade do gás oxigênio (O_2) na água. Tendo em vista que a quantidade de gases dissolvidos diminui em função da elevação da temperatura na água (Gráfico 02).

Gráfico 02: Solubilidade do gás oxigênio em água a várias temperaturas



Fonte: Fiorucci e Benedetti Filho (2005).

Naturalmente esse parâmetro pode ser afetado pela incidência de luz solar, sombreamento das árvores e a profundidade da coluna d´água (PEDROZO e KAPUSTA, 2016). Ou pode ser decorrente da atividade humana, como no caso apresentado sobre o Rio Água Doce no qual foi lançado efluentes industriais.

Relembrando que acima dos 35°C a concentração de oxigênio dissolvido aproxima muito do seu ponto crítico, principalmente se consideramos que muitos corpos da água não se encontram saturados de oxigênio (CARAPETO, 1999), por isso a legislação estabelece o lançamento de efluentes próximo a esse valor.

De acordo com Fiorucci e Benedetti Filho (2005) a quantidade de oxigênio que se dissolve a 0 °C é mais do que o dobro da que se dissolve a 35 °C (Tabela 01).

Tabela 01: Oxigênio dissolvido em água em várias temperaturas

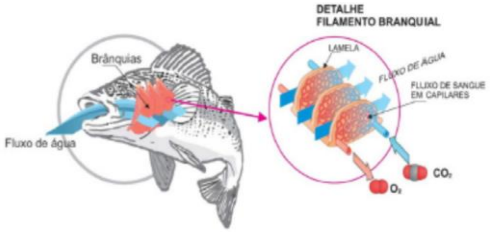
Temp. °C	0	5	10	15	20	25	30	35	40
O_2 dissolvido (mg/l)	14,6	12,8	11,3	10,2	9,1	8,4	7,6	7,1	6,6

Fonte: Carapeto (1999).

A diminuição na quantidade de oxigênio dissolvido tem um efeito dramático para o bem-estar dos peixes. Poia se a temperatura da água subir todos os organismos irá aumentar a sua velocidade de respiração o que requer um alto custo energético (CARAPETO, 1999).

Nos peixes de respiração exclusivamente aquática, as brânquias constituem o órgão principal responsável pela captação de oxigênio do meio (Figura 06). Em algumas espécies a respiração aérea pode ser adotada e o oxigênio pode ser obtido diretamente do ar atmosférico (OLIVEIRA, 2003). Portanto o sucesso das espécies pode depender dessa adaptação.

Figura 06: Sistema respiratório desenvolvido por animais aquáticos

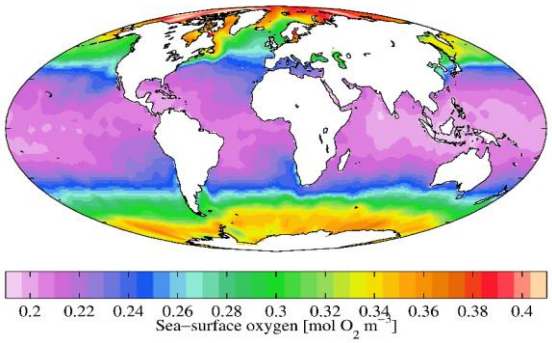


Fonte: Silva (2017).

Essa constatação assume grande importância quando se considera lagos próximos ao Equador a temperatura pode atingir até 38 °C (ESTEVES, 1998), e consequentemente a quantidade de oxigênio é menor. Isto não

significa que os organismos irão ter problemas para sobreviver nesses locais, pois estão adaptados para essas condições (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005).

Figura 07: *World Ocean Atlas*



Fonte: Garcia *et al.* (2010)

Gás carbônico dissolvido: propriedades e solubilidade

Além do oxigênio vimos também o gás carbônico dissolvido. Como mencionado o gás carbônico (CO_2) reage com a água e pode apresentar-se sob diferentes formas químicas. Essas características lhe garantem alta solubilidade em água.

$$CO_2\,(g) \rightleftarrows CO_2\,(aq) \quad (2)$$

$$CO_2\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftarrows H_2CO_3\,(aq) \quad (3)$$

$$H_2CO_3\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftarrows HCO_3^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \quad (4)$$

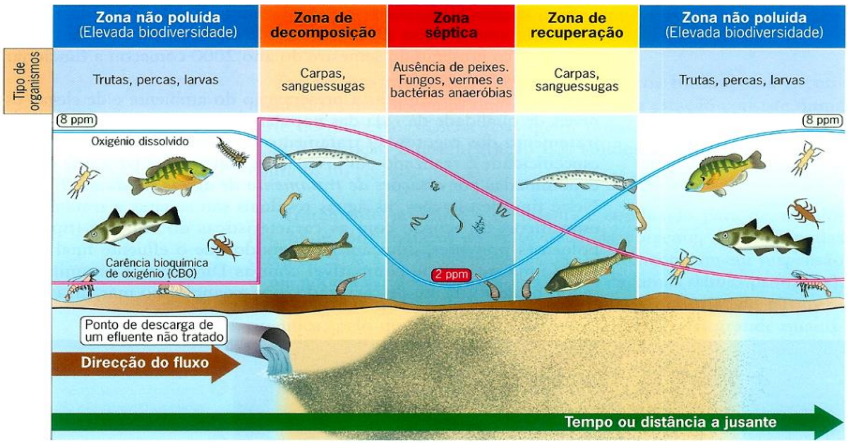
$$HCO_3^-\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftarrows CO_3^{2-}\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \quad (5)$$

Uma parte do ácido carbônico formado (Equação 2) se dissocia e forma bicarbonato e íons hidrônio (Equação 3). E uma terceira reação resulta na liberação de outro próton e formação de carbonatos (Equação 4). A espécie predominante em solução irá depender do pH do meio e das constantes de equilíbrio. Se o pH aumentar o equilíbrio move-se para produção de carbonatos. Por outro lado, em valores mais baixos de pH (resultantes de processos de respiração dos peixes e das plantas) as outras espécies predominam.

Consequências da poluição pelo lançamento de efluentes

A diminuição de oxigênio dissolvido verifica-se a jusante, ou seja, no sentido da correnteza num curso de água (Figura 09).

Figura 08: Lançamento de efluente



Fonte: Adaptado de Braga et al. (2005).

A partir do ponto de descarga, o oxigênio diminuiu e só algumas espécies se adaptam a essas condições. Atingindo um nível mínimo a alguma distância desse ponto (denominada de zona séptica) no qual se verifica a ausência de peixes. E voltando a subir para níveis normais à medida que a distância aumenta. Passando pela zona de recuperação até chega em uma área que não foi poluída e apresenta uma elevada biodiversidade.

Inúmeros são os agravantes físicos, químicos e biológicos advindos dessa alteração térmica imposta a um corpo d'água (PERCEBON, 2005). Dentre eles:

- Redução do teor de oxigênio dissolvido;
- Alteração da solubilidade de diversas substâncias;
- Mudança nas condições das reações químicas e bioquímicas;
- Presença de barreira física para espécies de peixes migratórias;
- Choques térmicos podem induzir à mortalidade de pequenos crustáceos;
- Redução na quantidade de água para abastecimento público, pois, além do aspecto organoléptico indesejável das águas mais quentes, induz a um aumento nos custos e dificulta o seu tratamento;
- Propicia mudanças genéticas, estresse, doenças debilitantes que encurtam a vida ou aumentam a mortalidade de espécies.

Qual a importância de se estabelecer condições e padrões para lançamento de efluentes?

Geralmente as condições e padrões de lançamento estão relacionados ao processo de licenciamento ambiental e de fiscalização de empreendimentos, principalmente de indústrias e usinas termoelétricas (MORAIS, 2017). De modo a garantir a preservação do meio ambiente e punição se necessário para quem infringir a legislação, como previsto na atividade de produção final da oficina. Mas antes o(a) professor(a) poderá retomar a narrativa e parabenizar a turma por concluírem as investigações sobre o caso do Rio Água Doce.

ATIVIDADE 8: Produção final.

Objetivo:

- Orientar os alunos para a elaboração do relatório final.

Metodologia:

Como última tarefa, os alunos deverão elaborar um relatório de autuação, mediante alguns critérios pré-estabelecidos por seus supervisores. Tal produção deverá partir da leitura de um texto adaptado da Fundação SOS Mata Atlântica sobre as condições dos rios no Brasil, ao qual foram acrescidas informações sobre a legislação vigente.

Texto 01: (Adaptado) Fundação SOS Mata Atlântica.

Condições de alguns Rios brasileiros

Rios, lagos e córregos abastecem regiões inteiras e desempenham um papel fundamental na vida de todos, mas infelizmente a preservação dos cursos d'água está longe de ser a ideal.

O Brasil não foge a essa realidade, de acordo com uma pesquisa desenvolvida pela ONG SOS Mata Atlântica, o cenário em 2020 não é nada favorável: apenas 5% dos rios brasileiros analisados foram considerados de boa qualidade, enquanto 15,8% receberam a classificação "ruim" e 0,4% estavam em situação crítica. O restante (78,8%), é considerado pela organização como regular, sendo que nenhum deles foi considerado ótimo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2020). Isso decorre de qualquer tipo de material ou substância que interfira no equilíbrio de um determinado ecossistema. Neste sentido, a degradação dos nossos rios possui várias causas, inclusive o comportamento inadequado ou conivente da população ao fazerem o descarte de seus resíduos de forma irregular.

Nesse sentido, a constituição, "prevê como crime causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora, de modo que, se ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos, a pena pode ser de um a cinco anos de prisão (BRASIL, 1998)".

No caso de emissão de efluentes que possam "causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da biodiversidade a multa aplicada pode ser de R$ 5.000,00 (cinco mil reais) a R$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais) (BRASIL, 2008) ".

Além da leitura do texto, sugerimos apresentar o vídeo intitulado "Mortandade de peixes no Rio Teles Pires[39]" que demonstra uma situação real sobre a mortandade de peixes em um rio brasileiro. Com isso pode-se discutir casos recordados pelos alunos, a recorrência de reportagens sobre tal contexto, em que se torna explícita a realidade dos fatos, para além da simulação do "Caso do Rio Água Doce".

As multas e demais penalidades são aplicadas após a elaboração de um laudo técnico elaborado pelo órgão ambiental competente, identificando os danos decorrentes da infração. Assim, sabendo a causa, e qual das empresas foi a causadora na elevação das mortes dos peixes, o(a) professor(a) deverá orientar os alunos na elaboração de um relatório de autuação (Quadro 02) para ser entregue ao proprietário da empresa.

Quadro 02: Relatório de autuação.

Fiscais:	
Qual foi a empresa?	
O que ocasionou a morte?	
Quais foram as consequências observadas?	
Quais os parâmetros usados para a autuação?	
Qual o valor da punição (estipule somente um valor)?	
Quais as possíveis adequações recomendadas para a empresa?	

Fonte: Autores.

Por fim, o(a) professor(a) poderá provocar reflexões sobre as atitudes dos alunos no caso apresentado por meio dos seguintes questionamentos: *Como você atuou sobre o processo? Se isso ocorresse com você, de perceber alguém poluindo um rio, como agiria? Qual a importância dos cidadãos no processo de fiscalização do ambiente?*

Espera-se que com essa atividade, os alunos necessitem tomar decisões sobre como a empresa, responsável pela morte dos peixes, deve ser autuada, considerando todas as informações levantadas e analisadas e a importância dada por eles, nesse tipo de infração. Também, que discutam sobre a importância das pessoas, não somente enquanto fiscais, mas na qualidade de cidadãos.

[39]Link para o vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=czjviObqGxM&t=4s.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. C.; CEDRAN, D. P.; CEDRAN, J. C.; CUSTÓDIO, M. D. Os três aspectos do conhecimento químico: desenvolvendo relações sobre o tema soluções. **Kiri-Kerê: Pesquisa em Ensino**, n. 5, p.225-247, 2018.

ANTLER, M.; ZUCOLOTTO, A. M.; NICHELE, A. G. Solubilidade de gases: uma proposta de abordagem para a atividade experimental. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 6, 2012, Salvador. **Anais do XVI ENEQ:** O ensino de química: consolidação dos avanços e perspectivas futuras. Salvador: UFBA, 2012.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 13 fev. 1998.

BRASIL. **Decreto n. 6514, de 22 de julho de 2008.** Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 23 jul. 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lança mento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília: Diário Oficial da União, 16 mai. 2011.

CARAPETO, C. **Poluição das águas:** causas e efeitos. Lisboa: Universidade Aberta, 1999.

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. Abordando Soluções em Sala de Aula – uma Experiência de Ensino a partir das Idéias dos Alunos. **Química Nova na Escol**a, v. 28, p. 37-41, 2008.

CARMO, N. H. S.; FREITAS, M. L.; QUADROS, A. L. Analisando a formação docente em atividades desenvolvidas por estudantes de licenciatura em Química. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Anais do IX ENPEC**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013.

DEL PINO, J. C.; KRÜGER, V. Segurança no laboratório. **Centro de Ciências do Rio Grande do Sul**, 1997.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências:** fundamentos e métodos. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 15-18, 1996.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência, 1998.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 22, p. 10-16, 2005

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Variação de pH em Água Mineral Gaseificada. **Química Nova na Escola**, n. 30, p. 70-72, nov. 2008.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Observando os Rios 2020:** O retrato da qualidade da água nas bacias da Mata Atlântica. Relatório Técnico. São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.sosma.org.br/sobre/relatorios-e-balancos/. Acesso em: 07 de julho de 2020.

GEPEQ. Equilíbrio Ácido Base, Extrato de repolho roxo como indicador universal de pH. **Química Nova na Escola**, n.1, p.32-33, 1995.

GARCIA, H. E.; LOCARNINI, R. A.; BOYER, T. P.; ANTONY, J. I.; BARRANOVA, O. K.; ZWERG, M. M.; JOHNSON, D. R. **World ocean atlas 2009:** Dissolved Oxygen, Apparent Oxygen, and Oxygen Saturation. Washington, D. C.: S. Levitus, 2010.

MARCONDES, M. E. R.; SILVA, D. P; TORRALBO, D.; SILVA, E. L; SOUZA, F. L; AKAHOSHI, L. H.; CARMO, M. P; SUART, R. C.; MARTORANO, S. A. A. **Oficinas temáticas no ensino público:** formação continuada de professores. São Paulo: FDE, 2007.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reuso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, v. 67, n. 215, p. 40-55, 2019.

OLIVEIRA, R. D. **Efeitos da temperatura nas respostas cardio-respiratórias e na respiração aérea acessória de JEJU, Hoplerythrinus unitaeniatus (Erytrinidae) aclimatados a 15, 20, 25 e 30° C e submetidos a variações de O_2 ambiental. 2003**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos, 2003.

PEDROZO, C. S.; KAPUSTA, S. C. **Indicadores Ambientais em Ecossistemas Aquáticos**. Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2010.

PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 56, p. 7-19, 2005.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. **Química e sociedade**. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SILVA, L. A.; CARVALHO, L. S.; LOPES, W. A.; PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. Solubilidade e reatividade de gases. **Química Nova**, v. 40, n. 7, p. 824-832, 2017.

SILVA, S. M.; EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. Concepções Alternativas de Calouros de Química para o Fenômeno da Dissolução. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 6, 2012, Salvador. **Anais do XVI ENEQ:** O ensino de química: consolidação dos avanços e perspectivas futuras. Salvador: UFBA, 2012

SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. A formação em Química discutida com base nos modelos proposto por estudantes de pós-graduação para o fenômeno de dissolução. **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 237-243, 2009.

TENREIRO-VIEIRA, C; VIEIRA, R. M. **Promover o pensamento Crítico dos alunos** - Propostas concretas para a sala de aula. Porto: Editora Porto, 2000.

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa intitulada “Oficina temática sobre gases dissolvidos em ambiente aquático: um caso simulado sobre poluição térmica por alunos de Licenciatura em Química”, que faz parte do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática e é orientada pela Profª Drª Neide Maria Michellan Kiouranis da Universidade Estadual de Maringá. O objetivo da pesquisa é compreender as potencialidades e desafios que emergem do processo de aplicação remota de uma Oficina Temática sobre “Gases dissolvidos em ambientes aquáticos. Para isto a sua participação é muito importante, e ela se daria da seguinte forma: realizar as atividades durante aplicação da oficina que ocorrerá de forma remota, nas quais envolve leitura, questionários online, discussões coletivas e um experimento simples com materiais do cotidiano. Assim, as respostas fornecidas a tais atividades serão os dados a serem analisados nessa pesquisa, bem como, a gravações de áudio e vídeo que ocorreram durante aplicação em ambientes virtuais. Informamos que poderão ocorrer os riscos/desconfortos mínimos a seguir: dispor do tempo para participar da oficina; riscos de divulgação de informações e dados coletados dos questionários e das discussões; riscos de constrangimento e divulgação relacionadas as gravações de áudios e vídeo referente a aplicação da oficina em ambientes virtuais. Assim, as medidas para sua minimização e proteção do participante da pesquisa serão: a oficina será agendada com antecedência levará em conta a disponibilidade do participante; serão mantidos confidenciais os dados de identificação relacionados aos questionários online e as discussões coletivas; serão justificados aos participantes da pesquisa a importância de realizar a gravação em áudio e vídeo durante a aplicação da oficina, antes mesmo dela acontecer. Desta forma, asseguramos a confidencialidade e a privacidade, garantindo a não utilização das informações e dados da pesquisa em prejuízo aos participantes. Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa, e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade, sendo que as gravações feitas durante a pesquisa serão transcritas e descartadas após a conclusão da pesquisa. Esta pesquisa espera possibilitar o desenvolvimento de capacidades de pensamento crítico em relação aos participantes da pesquisa, alunos da graduação em Química Licenciatura, no que diz respeito aos conceitos envolvidos e a tomada de decisões frente ao problema posto na oficina temática. Caso você tenha mais dúvidas ou necessite maiores esclarecimentos, pode nos contatar nos endereços abaixo ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da UEM, cujo endereço consta deste documento. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada entregue a você. Além da assinatura nos campos específicos pelo pesquisador e por você, solicitamos que sejam rubricadas todas as folhas deste documento. Isto deve ser feito por ambos (pelo pesquisador e por você, como participante ou responsável pelo participante da pesquisa) de tal forma a garantir o acesso ao documento completo.

Eu,_____ (nome por extenso do participante da pesquisa) declaro que fui devidamente esclarecido e concordo em participar VOLUNTARIAMENTE da pesquisa realizada por Mariana Cavichioli Alves.

_____ Data: 01/06/2021
Assinatura ou impressão datiloscópica

Eu, Mariana Cavichioli Alves, declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de pesquisa supra nominado.

_____ Data: 01/06/2021
Assinatura do pesquisador

Qualquer dúvida com relação à pesquisa poderá ser esclarecida com o pesquisador, conforme o endereço abaixo:

Nome: Mariana Cavichioli Alves
Endereço: Av. Bento Munhoz da Rocha Neto,1034, apto 401 bloco 2, Zona 7, Maringá - PR
(44) 99161-2788 / cavichioli.mari@gmail.com

Qualquer dúvida com relação aos aspectos éticos da pesquisa poderá ser esclarecida com o Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (COPEP) envolvendo Seres Humanos da UEM, no endereço abaixo:

COPEP/UEM
Universidade Estadual de Maringá.
Av. Colombo, 5790. Campus Sede da UEM.
Bloco 35 – PPG, sala 4.
CEP 87020-900. Maringá-Pr. Tel: (44) 3011-4444
E-mail: copep@uem.br