



Oficina Temática “O Caso do Rio Água Doce”: potencialidades para discussões de abordagens temáticas

Mariana Cavichioli Alves¹

Neide Maria Michellan Kiouranis²

Débora Piai Cedran³

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo reconhecer as potencialidades e os desafios que emergem do processo de aplicação de uma oficina temática para alunos do Curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública do Estado do Paraná. Sua fundamentação ancorou-se nos pressupostos teóricos de oficinas temáticas, envolvendo a contextualização, a experimentação e os três momentos pedagógicos como proposta metodológica. As atividades que compõem a oficina são provenientes de fontes de informação empíricas; por meio de sua análise, foi possível identificar concepções dos alunos sobre o tema e conceitos químicos abordados. Tendo em consideração todo o processo articulado e iterativo da oficina, destacaram-se alguns elementos potencializadores, como o levantamento das concepções prévias dos alunos, a elaboração de hipóteses e o conflito de ideias. Cabe destacar alguns desafios enfrentados, como a dificuldade para representar graficamente os fenômenos observados.

Palavras-chave: Oficina temática. Três Momentos Pedagógicos. Mortandade de peixes.


Thematic Workshop “The Case of the Água Doce River”: potentialities for discussions on thematic approaches


Abstract: This work aimed to recognize the potentialities and challenges that emerge from the process of conducting a thematic workshop for students of the undergraduate degree in Chemistry of a public university in the State of Paraná. Its foundation was based on the theoretical assumptions of thematic workshops, which involve the contextualization, the experimentation and the three pedagogical moments as methodological proposal. The workshop activities come from empirical sources of information; through their analysis, it was possible to identify the students' conceptions of the theme and the addressed chemical concepts. When the entire articulated and iterative process of the workshop was taken into account, some potentiating elements, such as the survey of students' previous conceptions, the elaboration of hypotheses and the conflict of ideas, stood out. It is worth highlighting some of the challenges that were faced, such as the difficulty in graphically representing the observed phenomena.


Keywords: Thematic workshop. Three Pedagogical Moments. Fish kill.

Taller Temático “El Caso del Río Água Doce”: potencialidades para discusiones de abordajes temáticos

Resumen: Este trabajo tuvo como objetivo reconocer las potencialidades y desafíos que emergen del proceso de aplicación de un taller temático para estudiantes de la

¹ Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá, Paraná, Brasil. ✉ cavichioli.mari@gmail.com 
<https://orcid.org/0000-0002-1136-047X>.

² Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá, Paraná, Brasil. ✉ nmmkiouranis@gmail.com 
<https://orcid.org/0000-0002-1279-9994>.

³ Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá, Paraná, Brasil. ✉ piaidebora31@gmail.com 
<https://orcid.org/0000-0002-8222-968X>.

Licenciatura em Química em uma universidade pública do Estado de Paraná. Sua fundamentação se basou em os pressupostos teóricos de los talleres temáticos, involucrando la contextualización, la experimentación y los tres momentos pedagógicos como propuesta metodológica. Las actividades que componen el taller provienen de fuentes empíricas de información; a través de su análisis, fue posible identificar las concepciones de los estudiantes sobre el tema y los conceptos químicos abordados. Teniendo en cuenta todo el proceso articulado e iterativo del taller, se destacaron algunos elementos potenciadores, como el levantamiento de las concepciones previas de los estudiantes, la elaboración de hipótesis y el conflicto de ideas. Cabe destacar algunos de los desafíos enfrentados, como la dificultad para representar gráficamente los fenómenos observados.

Palabras clave: Taller temático. Tres Momentos Pedagógicos. Mortandad de peces.

1 Introdução

A promoção de um ensino que privilegie a participação e a construção de conhecimentos pelo próprio aluno é indispensável para uma formação cidadã e tem sido uma preocupação de vários pesquisadores (MARCONDES, 2008; DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2018; CARVALHO, 2020). Desse modo, faz-se importante pensar em propostas metodológicas para o ensino de química que convirjam para esse objetivo, como é o caso das oficinas temáticas. Nesse sentido, destacamos algumas de suas principais características:

- 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 por meio, principalmente, da problematização dos conhecimentos. Metodologicamente, buscam envolver o aluno em um processo ativo de construção do seu próprio conhecimento, objetivando aumentar o interesse pela própria Ciência (MARCONDES, 2008; VANUCHI *et al.*, 2019).

A contextualização e a experimentação podem ser compreendidas sob diferentes perspectivas. Para o desenvolvimento desta pesquisa, ancoramo-nos, principalmente, no referencial teórico de 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 e BEJARANO, 2013). A contextualização como ferramenta, que é menos utilizada, 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.

Nesse sentido, 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). 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, ao 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).

Outro aspecto importante dos pressupostos que norteiam as oficinas temáticas é a organização fundamentada nos três momentos pedagógicos, conforme afirma 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. 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

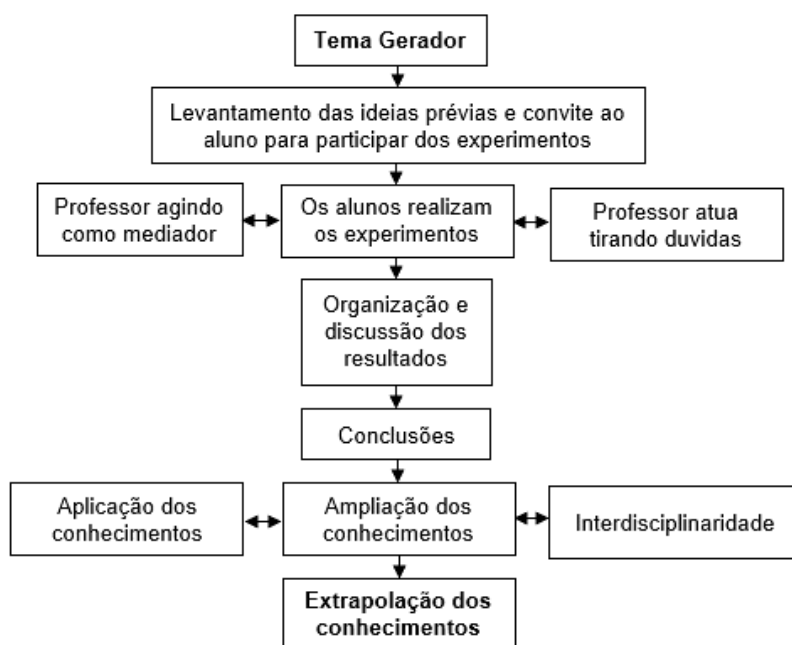
as situações, a fim de que o professor possa ir conhecendo o que eles pensam. Para os autores, a finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de 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 1, encontra-se uma síntese dos três momentos pedagógicos, considerando o espaço de uma oficina temática.

Figura 1: Fundamentos para oficinas temáticas



Fonte: Marcondes (2008, p. 72).

Neste trabalho, apresentamos a oficina temática intitulada “O Caso do Rio Água Doce”, aplicada com alunos do Curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública do Estado do Paraná⁴.

2 A oficina temática “O Caso do Rio Água Doce”

Na introdução da oficina, apresentamos a problemática referente à mortalidade 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

⁴ Este artigo é recorte de uma dissertação de mestrado defendida no Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá, escrita pela primeira autora, orientada pela segunda e coorientada pela terceira.

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 a averiguação da 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 e BARCLAY, 1990, p. 04).

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, levantando hipóteses e estabelecendo uma relação com o ambiente aquático. A temática pode ser mais aprofundada ao longo da oficina, dependendo do contexto educacional. Ademais, o tema é capaz de possibilitar o estudo de uma gama de conceitos, que pode se dar de maneira interdisciplinar e, ainda, despertar a sensibilização, a conscientização e a criticidade dos alunos para diversas questões, como a poluição térmica em ambientes aquáticos.

Inúmeros são os agravantes químicos, físicos e biológicos advindos dessa alteração térmica da água (PERCEBON, BITTENCOURT e ROSA FILHO, 2005), dentre os quais podemos citar a diminuição da quantidade de gases dissolvidos, em função da elevação da temperatura da água. Acima dos 35°C, a concentração de gás oxigênio se aproxima muito de seu ponto crítico, principalmente se considerarmos que muitos corpos d’água não se encontram saturados de oxigênio (CARAPETO, 1999).

Naturalmente, esse parâmetro pode ser afetado pela incidência de luz solar, pelo sombreamento das árvores, pela profundidade da coluna d’água (PEDROZO e KAPUSTA, 2010) ou, ainda, pode ser decorrente da atividade humana, quando do

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 do ponto do incidente (MEYER e BARCLAY, 1990). A partir do ponto de descarga, a quantidade de oxigênio diminui, e apenas algumas espécies se adaptam a essas condições, atingindo um nível mínimo a uma certa distância, que é chamado de zona séptica, na qual se verifica a ausência de peixes.

Levando-se em consideração todos os aspectos levantados até aqui, buscamos, com esta pesquisa, investigar as potencialidades da oficina para a abordagem do tema e dos conceitos químicos.

3 Metodologia

De natureza qualitativa, a pesquisa objetivou investigar aspectos relacionados aos significados e às compreensões emergentes do contexto e dos participantes investigados (MINAYO, 2009). O contexto investigativo se refere à aplicação de uma oficina temática para dezesseis alunos do Curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública do Estado do Paraná. A oficina, denominada “O Caso do Rio Água Doce”, foi elaborada conforme os pressupostos teóricos de Marcondes (2008), 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 a síntese apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Síntese dos três momentos pedagógicos perpassados durante a oficina

Problematização Inicial	Organização do conhecimento	Aplicação do Conhecimento
<p>Apresentação do tema e questões introdutórias sobre órgãos ambientais e suas finalidades.</p> <p>Discussão sobre a situação problema e aplicação de um questionário para o levantamento de concepções prévias dos alunos a respeito do tema.</p>	<p>Convite para os alunos pensarem o experimento sob diferentes aspectos, como a poluição térmica das águas.</p> <p>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.</p>	<p>Discussão da situação problema levantada inicialmente, para uma nova interpretação.</p> <p>Socialização e sistematização de conhecimentos através da elaboração de um relatório final (relatório de autuação), que consiste na tomada de decisão sobre o conteúdo da oficina.</p>

Fonte: Dados da Pesquisa.

A seguir, apresentamos cada um dos momentos pedagógicos aplicados com os alunos participantes desta pesquisa.

3.1 Problematização inicial

Na problematização inicial, os alunos foram apresentados à problemática referente à mortandade de peixes, cujos direcionamentos requereram investigações articuladas com questões operativas relacionadas aos órgãos ambientais envolvidos. Essa discussão teve como ponto de partida as respostas dos alunos para as questões:

- *Vocês já ouviram falar do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente)? Qual seria, sob o seu ponto de vista, a função desse Conselho?*

Tendo em vista as concepções prévias dos alunos sobre órgãos ambientais, buscamos relacioná-las à situação-problema apresentada em formato de um caso, denominado “O Caso do Rio Água Doce”. Salientamos que se tratava de uma situação fictícia, mas que se assemelhava a fatos ocorridos no dia a dia, os quais podem ser promissores ao favorecer o debate, o posicionamento e a tomada de decisão na solução de problemas.

Dessa forma, buscamos problematizar a seguinte situação: *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 – indústria têxtil, siderúrgica, usina de açúcar e etanol. O que pode ser feito para identificar a empresa responsável? O que pode ter provocado a mortandade de peixes?*

Para isso, foi disponibilizada uma tabela (Tabela 1) contendo informações sobre três pontos de amostragem do Rio Água Doce.

Tabela 1: 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

Fonte: Dados da Pesquisa.

Além de parâmetros estabelecidos pelo CONAMA por meio da 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 40°C; materiais sedimentáveis até 1 ml/L; arsênio total 0,5 mg/L; chumbo total 0,5 mg/L; cianeto total 1,0 mg/L; clorofórmio 1,0 mg/L; tolueno 1,2 mg/L e a ausência de materiais flutuantes. A compreensão dos critérios adotados foi importante para auxiliar os alunos na resolução do caso que lhes foi apresentado anteriormente.

Ainda nesse momento, foi disponibilizado um questionário (Quadro 2) para a exploração da temática referente à poluição das águas.

Quadro 2: Questionário para a exploração da temática

Questionário exploratório
<p>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.</p> <p>2 – 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 (CO₂) e a água (H₂O) capturados pela planta são convertidos em glicose, havendo também a liberação de oxigênio (O₂) 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:</p> <p>a) A respiração dos peixes submersos em água?</p> <p>b) A fotossíntese das plantas aquáticas?</p> <p>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?</p> <p>Objetivo: Mobilizar ideias sobre como a poluição das águas afetaria os peixes e as plantas aquáticas estabelecendo relações com as explicações anteriores.</p>

Fonte: Dados da Pesquisa.

As atividades para esse momento foram elaboradas com o propósito de levar os alunos a pensar seu papel enquanto fiscal do meio ambiente.

3.2 Organização do Conhecimento

Na organização do conhecimento, foi realizada uma atividade experimental, sendo abordados os conhecimentos necessários para a resolução do caso. Antes, foram discutidas as seguintes questões, para que os alunos comesçassem a pensar sobre o experimento e realizassem o levantamento de hipóteses em torno da problemática:

- Quando a elevação da temperatura de um corpo d'água for significativa, devido ao lançamento de efluentes, esta pode ser caracterizada como poluição? Justifique.

- *O que pode acontecer com a água dos rios ao serem lançados efluentes com temperatura acima do estipulado pela resolução?*

Partindo dessa premissa, propomos uma atividade experimental 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 e OLIVEIRA, 2008). Para o procedimento, foi preparado, primeiramente, o indicador de repolho roxo utilizado em duas soluções padrão. Na solução padrão A, 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 B.

Nos próximos passos, foram preparadas soluções idênticas aos padrões e foi 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, ela foi resfriada a uma temperatura segura e, com um canudinho plástico, foi assoprada continuamente por aproximadamente cinco minutos.

Ao término da realização do experimento, foi disponibilizado outro questionário (Quadro 3), para que os alunos debatessem os fenômenos observados por meio de conceitos químicos.

Quadro 3: Questionário utilizado para o aprofundamento de conceitos químicos

Questionário pós-experimento
<p>1 – <i>O que poderia justificar a mudança da coloração verificada nos recipientes?</i></p> <p>2 – <i>Represente os momentos indicados abaixo por meio de desenhos, de modo a justificar a mudança da coloração no:</i></p> <p>a) <i>recipiente contendo água de torneira antes, durante e ao final de seu aquecimento.</i></p> <p>b) <i>recipiente contendo água gaseificada antes, durante e ao final de seu aquecimento.</i></p> <p>c) <i>recipiente contendo água de torneira fervida antes, durante e após o seu borbulhamento.</i></p> <p>3 – <i>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.</i></p> <p>4 – <i>Considerando os experimentos, represente, graficamente, a variação da quantidade de gás dissolvido na água gaseificada em função da temperatura.</i></p>

Fonte: Dados da Pesquisa.

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

3.3 Aplicação do Conhecimento

Por fim, na aplicação do conhecimento, foram elaboradas atividades para que os alunos reinterpretassem a situação-problema inicial com base nos conhecimentos adquiridos. Para ajudá-los nesse processo, foi promovido mais um momento de discussões acerca da problemática referente à mortandade de peixes no Rio Água Doce. Como última tarefa, 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 a esse tipo de infração. Assim, para a elaboração do referido relatório, foi utilizado um texto instrutivo (Quadro 4) a respeito da qualidade das águas dos rios brasileiros.

Quadro 4: Texto intitulado “Condições de alguns rios brasileiros”

Condições de alguns rios brasileiros
<p>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) ”.</p> <p>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) ”.</p>

Fonte: Dados da Pesquisa.

Assim, sabendo a causa e qual das empresas foi responsável pela elevação das mortes dos peixes, os alunos, em grupos, deveriam explicar os motivos dos impactos ambientais sofridos e as penalidades aplicadas, baseados na legislação vigente, e, ainda, tecer recomendações para a empresa geradora do problema ambiental. As questões feitas aos alunos para orientar a elaboração do relatório foram as seguintes:

- *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?*

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 da oficina temática para alunos do Curso de Licenciatura em Química da UEM.

4 Análise e discussão dos resultados

O conjunto de questões que compõem a oficina constituiu o material empírico, considerando que, por meio de sua análise, é possível compreender as potencialidades da oficina para a solução do caso referente à mortandade de peixes no Rio Água Doce. As questões foram respondidas de forma individual e discutidas coletivamente, com exceção do relatório de autuação, que foi elaborado em grupo.

Assim, a fim de manter o anonimato dos participantes da pesquisa, nós os identificamos mediante a utilização de códigos que indicam o aluno ou grupo, por exemplo: A1 (Aluno 1) ou G1 (Grupo 1). Após a codificação, procedemos com a categorização dos dados, de acordo com os pressupostos da análise de conteúdo de Bardin (2016), com o intuito de caracterizar as respostas dos alunos em conformidade com as atividades e seus desdobramentos.

No primeiro momento da categorização, foram selecionadas as unidades de registro para representar o significado expresso nas respostas dos alunos. Por um processo de comparação e constatação, foi possível perceber discussões semelhantes nas respostas dos alunos. E nesse movimento de aproximação das respostas, foram emergindo as subcategorias de análise da pesquisa. Aquelas 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:

1. Reflexões sobre formas de solucionar o Caso do Rio Água Doce;
2. Conhecimentos necessários para a compreensão das situações problematizadas;
3. Análise e interpretação das situações problematizadas.

Tais focos de interesse foram fundamentais para a sistematização dos resultados e para a discussão dos temas abordados na oficina.

4.1 Reflexões sobre formas de solucionar o Caso do Rio Água Doce

O primeiro foco de análise parte de uma problemática referente à mortandade de peixes no Rio Água Doce, cujos direcionamentos requerem investigações articuladas com conhecimentos procedimentais e questões operativas relacionadas a órgãos ambientais envolvidos (MEYER e BARCLAY, 1990). Em consideração a isso, cabe mencionarmos que a oficina desenvolvida na presente pesquisa oportuniza aos alunos, em um primeiro momento, refletir se conhecem ou não algum órgão ambiental, já que no contexto brasileiro há diversos órgãos que compõem o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Nesse sentido, um dos principais órgãos ambientais é o CONAMA, por isso consideramos relevante o debate sobre ele.

No início da oficina, os alunos foram questionados sobre o CONAMA e sua finalidade, com o objetivo de provocar o levantamento de ideias e o estabelecimento de relações a respeito do Conselho ou de órgãos dessa natureza. Observamos tentativas de explicação dos alunos sobre as atribuições do órgão, mesmo sem conhecê-lo; e apenas um aluno, entre os dezesseis participantes, não soube explicar; enquanto três disseram que já tinham ouvido falar sobre o Conselho, que teria como finalidade proteger e fiscalizar o meio ambiente.

Tendo em vista os conhecimentos dos alunos acerca do CONAMA, buscamos relacioná-los à problemática discutida na oficina e apresentada em formato de caso, de modo que pudéssemos exemplificar 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, havendo próximo a ele 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.

Isso posto, buscamos, por meio das respostas, a identificação das unidades de registro que deram origem à categoria relacionada às propostas dos alunos para solucionar o problema da mortandade de peixes, seguindo os pressupostos da análise de conteúdo (BARDIN, 2016). Em seguida, apresentamos o Quadro 5 com exemplos de unidades de registro, subcategorias e categorias que surgiram a partir das hipóteses indicadas pelos alunos para identificar o provável responsável e a causa da morte dos peixes.

Quadro 5: Análise das propostas indicadas pelos alunos para solucionar o caso

Exemplos de unidade de registro	Subcategorias	Categoria
[Coletaria uma quantidade da água para analisar] A3 [Análise da água descartada no rio] A4 [Uma análise da composição da água naquela região] A14	Propostas para identificar o responsável pela morte dos peixes (16)	Propostas para solucionar o caso do Rio Água doce (30)
[elevação na temperatura do rio, o que pode ter feito mal aos peixes] A1 [chumbo, arsênio e cianeto] A5 [O aquecimento da água] A7	Possíveis indicações da causa da morte dos peixes (14)	

Fonte: Dados da Pesquisa.

Com base nas análises dos resultados, evidenciamos que os alunos optaram por soluções de ordem prática e/ou técnica para detectar o responsável pela mortandade de peixes no Rio Água Doce. Em consonância com o exposto, na subcategoria “propostas para identificar o responsável pela morte dos peixes”, verificamos que os dezesseis alunos mencionam como proceder diante do caso, ao sinalizarem o seguinte: *Uma análise da composição da água naquela região. Com base nisso, comparar com o tipo de resíduo gerado por cada uma das indústrias (A14); 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 (A8).*

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 dos 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 sentido, no excerto de A8 há menção de que, se uma indústria apresentasse um composto diferente, seria fácil sua identificação, e trata-se de algo que precisou ser explorado, 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 parâmetros estabelecidos pelo CONAMA.

Ademais, evidenciamos, por meio do fragmento da resposta de A1, a compreensão de que a empresa responsável poderia estar localizada próximo ao ponto 2. Para ilustrar, o referido aluno mencionou: *De acordo com os dados, apenas*

o km 50 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 (A1). A10 também aponta que a empresa situada no ponto 2 seria a responsável pelo problema da morte dos peixes, ao sinalizar uma [...] mudança significativa na concentração de Arsênio. O aluno, nesse caso, já tinha o conhecimento prévio de que esse metal era utilizado em ligas de chumbo, o que o levou a pensar na siderúrgica. Logo, percebemos alguns aspectos que vão sendo incorporados aos argumentos expressos pelos alunos sobre o que pode ter acarretado essa situação e quem seria o provável responsável pela morte dos peixes.

Dentre os aspectos aludidos pelos alunos a respeito do caso, evidenciamos respostas referentes à temperatura, como expresso nos seguintes excertos: *A temperatura maior do que a permitida (A3); A temperatura acima do recomendado (A5); Provavelmente o aumento da mortalidade dos peixes se deu por conta da elevada temperatura presente na água (A2).*

Além da temperatura, alguns alunos também citaram outros parâmetros, como [...] elevada concentração de chumbo, arsênio, cianeto e clorofórmio (A4); [...] materiais sedimentares, substâncias químicas, entre outros (A16); [...] o chumbo ou o cianeto (A10). Esses parâmetros possibilitam saber a situação do rio, sendo, portanto, relevantes para identificar a causa da mortandade de peixes, levando em consideração os limites estabelecidos pela Resolução n. 430/2011 (BRASIL, 2011).

Como se pode verificar, 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 pedagógico. 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 e PERNAMBUCO, 2018, p. 156).

Assim, cabe ainda a ele, 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 e 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 de conceitos, conforme será apresentado na próxima seção.

4.2 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 fosse possível desenvolver a conceituação necessária para uma compreensão das situações problematizadas (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2018). Nesse sentido, percorremos todas as situações que apresentavam esse foco explícita ou implicitamente, como é o caso das questões exploratórias. Além dessa situação, também procuramos avaliar os questionários pré e pós-experimento, justamente com a retomada da problemática.

Por conseguinte, mediante as respostas dos alunos às situações problematizadas, procuramos identificar as unidades de registro, por meio da análise de conteúdo (BARDIN, 2016), e, posteriormente, compreender os significados e organizar as categorias de análise. Na primeira categoria, foram contemplados aspectos importantes no que tange à poluição da água, tanto em relação à sua conceituação quanto às suas características, como cor, odor, temperatura e outros indicadores representativos da qualidade da água considerados para classificar um ambiente como poluído ou não. O Quadro 6 apresenta exemplos de unidades de registro sobre conceitos e indicadores de poluição da água, tendo como base a análise das respostas dos alunos para o conjunto de situações.

Quadro 6: Análise das respostas dos alunos sobre conceitos e indicadores de poluição das águas

Exemplos de unidade de registro	Subcategorias	Categoria
[Creio que para que se esteja num estado de poluição você tenha que ter uma situação de descarte impróprio] A4 [é preciso que a mesma esteja com uma composição fora dos parâmetro] A14	Conceitos associados à poluição da água (17)	Conceitos e indicadores de poluição da água (39)
[ela apresenta um mal cheiro, certa coloração] A15 [Acredito que a cor, cheiro, entre outros, possam ser fatores que é preciso para considerar a água de um rio poluída] A16	Indicadores de poluição da água (22)	

Fonte: Dados da Pesquisa.

Conforme as informações dispostas no Quadro 6, podemos verificar que nas respostas registradas pelos alunos referentes a conceitos associados à poluição da água destacam-se diferentes compreensões. Assim, em um primeiro momento os alunos buscam justificar em suas respostas o que deve ser considerado para que a água de um rio esteja poluída, sobressaindo-se cinco 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 (A4); 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 (A2)*. Como podemos perceber, os conceitos atribuídos pelos alunos no primeiro momento estavam relacionados ao descarte de efluente ou a qualquer tipo de descarte irregular, e tais significados foram problematizados ao longo da oficina.

Outros alunos apontam que, para saber se a água de um rio está poluída, deve-se considerar os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA. A fim 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 (A14). 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 (A6); [...] devemos considerar os parâmetros especificados pelo CONAMA, como seu pH, temperatura e efluentes (A15)*.

Nas respostas mencionadas, há indícios da necessidade de a água apresentar valores adequados de pH, temperatura, composição, entre outros. Assim, a abertura de espaços que oportunizam aos alunos se manifestar a respeito do que sabem e/ou pensam sobre um assunto, por meio de seus conhecimentos, cria 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 (A14)*. No entanto, uma das amostras apresentava a temperatura acima do limite estabelecido pelo CONAMA, o que nos leva a pensar que A14 ainda estava com dúvida sobre a temperatura ser ou não o fator desencadeante da morte dos peixes no Rio Água Doce.

Dessa forma, ao serem questionados se a elevação da temperatura de um corpo d'água pode caracterizar poluição, devido ao lançamento de efluentes, apenas

dois alunos responderam que não, enquanto os demais informaram que sim, pois qualquer tipo de alteração ou mudança na água pode ser considerada como tal, conforme podemos verificar nas seguintes respostas: *Sim, pois esta ocasião força uma mudança brusca de temperatura, elevando a temperatura do rio de forma desnecessária e artificial (A13); Sim, principalmente se esse fenômeno ocorre de forma artificial, visto que a elevação na temperatura traz alteração nas condições do meio (A14)*. A respeito disso, é importante mencionarmos que, ao utilizar o termo ‘principalmente’, o fragmento de A14 nos leva a entender que o aluno talvez conheça outra forma de elevação da temperatura de corpos d’água que não seja a artificial.

Assim, cabe mencionar a necessidade de explorar tais respostas, de modo a problematizar o aumento da temperatura tanto de forma artificial (decorrente da ação antrópica) como natural (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 um 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 e ROSA FILHO, 2005, p. 8).

Para esta investigação, também nos preocupamos em compreender como os alunos conceituavam a poluição no que diz respeito à qualidade da água. Nesse aspecto, algumas respostas denotaram a poluição relacionada a parâmetros macroscópicos, como cor e odor. A poluição térmica se reporta a algo que não é visível, como pode ser verificado nos seguintes excertos: *[...] água em temperaturas elevadas tudo que pode ter parte na poluição de um rio (A1); A temperatura estar desregulada, por exemplo acima do que é permitido (A3); Imagino que possa ser pela temperatura da água (A8)*. Tendo em vista os diferentes indicadores de qualidade da água, surgiu a necessidade de relacioná-los à problemática, conduzindo às justificativas a respeito de como afetam o comportamento do ecossistema aquático.

Dentre os aspectos apresentados nas respostas dos alunos, destacamos a

ideia de que a poluição poderia afetar o equilíbrio do ecossistema, como apresentado no seguinte excerto: *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* (A13). Quando a introdução do poluente é interrompida, uma questão importante é 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 destacou que *[...] a temperatura influencia no processo de reprodução dos peixes e como também em grandes temperaturas pode matar os peixes* (A10). 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* (A15); *Sim, pois a poluição pode ocasionar na morte dos peixes e pode atrapalhar a realização da fotossíntese, causando a menor produção de oxigênio* (A16). Nesse caso, a poluição pode afetar o processo de fotossíntese das plantas e, conseqüentemente, 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 e BENEDETTI FILHO, 2005).

Ademais, A8 comentou que, *[...] além de dejetos e efluentes intoxicarem os organismos, o alto teor de CO₂ pode alterar o pH da água afetando mais ainda esses seres vivos* (A8). 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 às oscilações na temperatura, o que pode prejudicar a vida dos seres aquáticos.

Na segunda categoria, a análise das respostas dos alunos tem o objetivo de agrupar um grande número de informações, de forma a possibilitar a interpretação sobre a influência da temperatura da água para a compreensão do tema e da problematização inicial. O Quadro 7 apresenta exemplos de unidades de registro que resultam na influência da temperatura da água, tendo como base a análise das

respostas dos alunos para o conjunto de situações.

Quadro 7: Análise das respostas dos alunos sobre a influência da temperatura da água

Exemplos de unidade de registro	Subcategorias	Categoria
[o choque da temperatura pode fazer mal a alguns seres vivos] A1 [Podem aumentar à uma temperatura que seja prejudicial ao ecossistema] A8	Os efeitos da variação térmica da água (24)	A influência da temperatura da água (46)
[quanto menos oxigênio, maior a temperatura da água] A2 [Na medida em que a temperatura aumenta o gás diminui] A9	Quantidade de gases dissolvidos em função da temperatura (22)	

Fonte: Dados da Pesquisa.

De acordo com as respostas dos alunos, apresentadas no Quadro 7, podemos perceber os efeitos deletérios provocados pela variação térmica da água. Dessa forma, ao serem questionados sobre o que acontece com a água dos rios ao serem lançados efluentes com temperatura acima do estipulado pela resolução (40°C), uma das hipóteses levantadas por eles foi a ocorrência de oscilação térmica na água, como apresentado no seguinte excerto: *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 (A13).*

Do mesmo modo, indo ao encontro dessa ideia, A9 mencionou que as águas dos rios [...] *ficam superaquecidas assim diminuindo o oxigênio presente na água e causando a morte dos peixes (A9).* Com a ideia expressa pelo aluno, é possível direcionar a investigação para a influência da temperatura na solubilidade de gases, o que, por sua vez, foi explorado durante o experimento proposto na oficina.

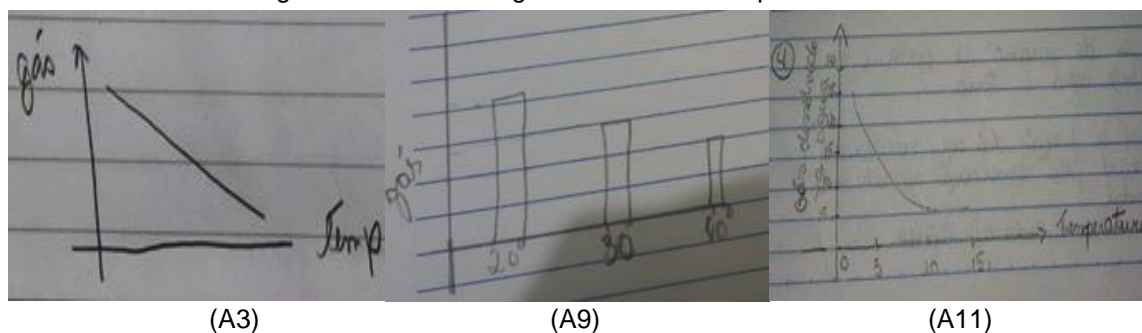
Por meio do que observaram na experimentação e, posteriormente, com as socializações e discussões quanto aos resultados obtidos, os alunos foram oportunizados a manifestarem suas percepções sobre o que pode ter ocorrido com as águas ao serem submetidas ao aquecimento, o que pode influenciá-los a tomar a decisão envolvida na problemática apresentada inicialmente. A ideia é que os alunos pensem na quantidade de gases em ambas as águas. Essas relações também foram evidenciadas na construção de um gráfico, pelos alunos, relacionado à variação da quantidade de gás dissolvido na água gaseificada em função da temperatura. Alguns deles, no entanto, 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 diz 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 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 que geralmente ocorre uma diminuição da solubilidade dos gases em água quando a temperatura aumenta, o que os gráficos construídos pelos alunos parecem mostrar. Nesse sentido, para uma melhor visualização dos registros, optamos por expressá-los na Figura 2.

Figura 2: Modelos de gráficos construídos pelos alunos



Fonte: Acervo da Pesquisa.

Examinando as representações gráficas construídas pelos alunos, tendemos a pensar numa queda na solubilidade dos gases conforme a temperatura aumenta. Nesse sentido, observamos 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.

Nesse sentido, foi discutido que, se a temperatura da água subir, acarretará o aumento da velocidade de respiração dos peixes (CARAPETO, 1999). Além disso, os alunos foram motivados a refletir sobre as consequências da poluição térmica (PERCEBON, BITTENCOURT e ROSA FILHO, 2005). Nesse processo, portanto, puderam relacionar as variáveis em questão (temperatura vs. quantidade de oxigênio

dissolvido) sem se distanciarem do caso a ser resolvido.

4.3 Análise e interpretação das situações problematizadas

Nesse foco, analisamos os conhecimentos demonstrados 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 e PERNAMBUCO, 2018, p. 157). Assim, sabendo a causa e a empresa responsável pelas mortes dos peixes, os alunos, em grupos, foram orientados a elaborar um relatório de autuação considerando todas as informações levantadas, analisadas e a importância dada nesse tipo de infração.

Para a elaboração do relatório, dispusemos algumas questões que pudessem orientar os alunos, dentre as quais selecionamos: *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 análise, estabelecemos o processo de identificação das unidades de registro, por meio da análise de conteúdo (BARDIN, 2016), e traçamos uma categoria acerca de como a empresa responsável deve ser autuada. O Quadro 8 apresenta exemplos de unidades de registro a respeito da autuação, tendo como base a análise das respostas dos grupos para as referidas questões do relatório.

Quadro 8: Análise das respostas dos grupos a respeito do relatório de autuação

Exemplos de unidade de registro	Subcategorias	Categoria
[Empresa "B": Empresa siderúrgica] G4 [A empresa situada no ponto B] G1	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] G2 [Adequação no sistema de descarte de resíduos, seguida de análises periódicas] G5	Recomendações (6)	

Fonte: Dados da Pesquisa.

De acordo com as respostas dos alunos, apresentadas no Quadro 8, podemos identificar que a empresa responsável pela morte dos peixes seria a siderúrgica, confirmando as suspeitas levantadas no primeiro momento da oficina, de que a empresa localizada no ponto 02 (Empresa B) apresentava parâmetros que excediam

as condições impostas pelo CONAMA.

Em complemento à problemática, os alunos argumentaram sobre a causa da morte dos peixes, conforme podemos verificar nos seguintes argumentos: *Elevação na temperatura da água fazendo com que a concentração de O₂ na água fosse menor (G1); A variação da temperatura da água, que causa alteração da solubilidade do oxigênio, causando assim a morte dos peixes (G3)*. Queremos chamar a atenção para os argumentos apresentados pelos alunos, nos quais, 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. Esse dado se mostra importante, pois na problematização inicial, os alunos mencionavam, como fonte de poluição, aspectos macroscópicos, a presença de metais pesados, ou a temperatura, sem indicar a sua influência na concentração de gases.

Após identificarem a empresa e a causa da morte dos peixes, os alunos buscaram a solução do caso, autuando-a. Para justificar os parâmetros utilizados na autuação, mencionaram critérios estabelecidos pelo CONAMA. Além desses exemplos, mencionaram também: *Todo o material desenvolvido através da pesquisa. Os gráficos criados, as tabelas de análise e o material teórico contendo os limites feitos pelo CONAMA (G5)*. Essa resposta sinaliza o potencial dos materiais de apoio em fornecer subsídios para a resolução do problema, como é o caso, por exemplo, do texto instrutivo a respeito das multas e das demais penalidades aplicadas após a elaboração de um laudo técnico elaborado pelo órgão ambiental competente identificando os danos decorrentes da infração.

Ao serem questionados sobre as penalidades, os grupos destacaram as informações contidas nesse material, como podemos verificar nos seguintes 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) (G4); A punição seria uma multa de R\$1.000.000,00 e a prisão dos responsáveis por 3 anos (G5)*.

Observamos, nas referidas respostas, uma discrepância no valor das multas apresentada pelos grupos, o que nos permite inferir que a equipe G5 considerou o episódio bastante grave e prejudicial, enquanto a equipe G4 estipulou um valor inferior, justificando que a empresa excedeu os limites estabelecidos pelo CONAMA.

A respeito do que foi dito, entendemos que, enquanto há dúvidas sobre a gravidade do problema, há dificuldades para indicar o valor, considerando que a quantidade de peixes mortos em um episódio pode variar entre centenas e milhões (GUZMÁN, 2016).

Após a identificação da empresa causadora da morte dos peixes e a realização de autuação pelos alunos em seus grupos, eles indicaram quais adequações recomendariam para a referida empresa. Dentre eles, os grupos mencionaram o descarte adequado, a realização de análises com certa periodicidade, o resfriamento prévio do material a ser descartado, a redução de descartes no rio, o replanejamento das formas de descarte utilizadas pela empresa.

Vale destacar que, nos argumentos construídos, as equipes, com exceção de G1, apresentaram 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 dos alunos, o que pode ser compreendido como uma das potencialidades da oficina.

5 Considerações finais

Tendo em consideração todo o processo articulado e iterativo da oficina aplicada, podemos destacar alguns elementos potencializadores que favoreceram a compreensão do caso referente à mortandade de peixes no Rio Água Doce. Ao que evidenciamos, 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 necessárias para sua compreensão científica e resolução.

Nesse sentido, 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, contemplando a identificação da empresa causadora das mortes dos peixes, sua causa, a penalidade e as recomendações para essa organização. A esse respeito, inclusive, na parte final da oficina, averiguamos que alguns alunos indicaram em suas respostas conhecimentos que não haviam sido comentados inicialmente, o que nos dá indícios de que esses alunos ampliaram seus conhecimentos e refletiram acerca dos problemas que impactam o meio ambiente. Assim também, ponderaram sobre a importância da tomada de decisão embasada em argumentos voltados para conhecimentos da

ciência e da tecnologia e suas relações com a sociedade, sinalizando possíveis potencialidades da oficina.

Cabe ainda destacar que a possibilidade de vivenciar o caso no contexto da realidade dos alunos, sem dúvida, permite outras compreensões, as quais podem ampliar os conhecimentos próprios desses ambientes e os sentimentos que direcionam para diferentes olhares, principalmente de sensibilização para as práticas cidadãs.

Agradecimentos

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

Referências

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

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 lançamento 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.

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

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

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.

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

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Observando os Rios 2020: O retrato da qualidade da água nas bacias da Mata Atlântica.** Relatório Técnico. São Paulo, 2020.

GEPEQ. Equilíbrio Ácido Base, Extrato de repolho roxo como indicador universal de pH. **Química Nova na Escola**, n.1, p.32-33, mai. 1995.

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

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.

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.

MEYER, F.; BARCLAY, L. **Field manual for the investigation of fish kills.** No. 177. US Fish and Wildlife Service, 1990. In: Companhia Energética de Minas Gerais – GEMIG. Manual de Campo para Investigação de Morte de Peixes Tradução: ROLLA, M. E.; ALVES, C. B. M.; BARBOSA, N. D. C. 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.

MUENCHEN, C. **A Disseminação dos Três Momentos Pedagógicos: um Estudo Sobre Práticas Docentes na Região de Santa Maria/RS.** 2010. 137 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 3, n. 20, p. 617-638, 2014.

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.

VANUCHI, V. C. F.; WELTER, L. E., STEFANELLO, L. B.; BRAIBANTE, M. E. F. Oficina temática “Tintas Indígenas”: ensino de Ciências por meio da temática “indígena”. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 10, n. 5, p. 253-270, 2019.

WARTHA, E. J.; SILVA, E.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.