

MOBILIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS E CAPACIDADES DE PENSAMENTO CRÍTICO: O CASO DO RIO ÁGUA DOCE

*MOBILIZATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE AND CRITICAL THINKING
SKILLS: THE CASE STUDY OF THE ÁGUA DOCE RIVER*

DOI: <https://doi.org/10.24979/ambiente.vi.1695>

Mariana Cavichioli Alves

Universidade Estadual de Maringá – UEM; cavichioli.mari@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1136-047X>

Neide Maria Michellan Kiouranis

Universidade Estadual de Maringá – UEM; nmmkiouranis@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1279-9994>

Débora Piai Cedran

Universidade Estadual de Maringá – UEM; dpcedran2@uem.br
<https://orcid.org/0000-0002-8222-968X>

Resumo: Este trabalho resulta da mobilização de conhecimentos científicos e capacidades de Pensamento Crítico, a partir da aplicação remota de uma oficina temática para dezesseis alunos do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual de Maringá. O conjunto de questões que compõem a oficina constituiu-se como fonte de informações empíricas, possibilitando, por meio de sua análise, perceber indícios desses conhecimentos e capacidades nas respostas dos alunos. As respostas foram analisadas de acordo com os pressupostos da análise de conteúdo. Os resultados mostraram que os alunos mobilizaram conhecimentos sobre processos químicos e biológicos. Os alunos também demonstraram a capacidade de argumentar e fazer inferências a partir de dados experimentais, formulando hipóteses com base nas observações, embora tenham encontrado dificuldades em justificar alguns resultados experimentais.

Palavras-chave: Oficina Temática, Três Momentos Pedagógicos, Estudo de caso, Mortandade de peixes.

Abstract: This work results from the mobilization of scientific knowledge and Critical Thinking skills, based on the remote implementation of a thematic workshop for sixteen students of the Chemistry Degree Course at the State University of Maringá. The set of questions that make up the workshop served as a source of empirical data, making it possible, through analysis, to identify signs of students' knowledge and capabilities in their responses. The responses were analyzed according to the assumptions of content analysis. The results showed that students mobilized knowledge about chemical and biological processes. Students also demonstrated the ability to argue and make inferences

from experimental data, formulating hypotheses based on observations, although they encountered difficulties in justifying some experimental results.

Keywords: Thematic Workshop, Three Pedagogical Moments, Case study, Fish kill.

INTRODUÇÃO

O Pensamento Crítico (PC) tem sido amplamente abordado em diversas pesquisas (Vieira, 2003; Carvalho, 2014; Bordoni, 2018; Volpato, 2021), a partir de diferentes perspectivas fundamentadas em áreas como filosofia, psicologia e educação, o que resulta em diferentes interpretações. Do ponto de vista filosófico, pensar de forma crítica e reflexiva envolve aspectos lógicos e racionais. John Dewey, um dos pioneiros desse movimento no início do século XX, introduziu o conceito de "pensamento reflexivo" (Vieira, 2003), enfatizando que este tipo de pensamento requer um esforço consciente e voluntário apoiado na razão. Outros filósofos e educadores, como Robert Ennis e Richard Paul, ganharam destaque a partir dos anos de 1970, expandindo esse pensamento do plano filosófico para a educação (Carvalho, 2014). Ennis (1987) apresenta uma das definições mais utilizada e difundida no âmbito educacional para o PC, descrevendo-o como um pensamento racional e reflexivo para o julgamento do que acreditar, e a partir disso assumir uma posição sobre o que fazer e qual atitude tomar.

Por outro lado, o PC, na perspectiva da psicologia cognitiva, concentra-se principalmente nas competências e capacidades do pensamento. A psicóloga americana Halpern (1989) define-o como sendo um pensamento intencional e direcionado a um objetivo específico. Assim, ao utilizar as capacidades de PC, aumenta-se a probabilidade de alcançar os resultados desejados. De acordo com Ennis (1987), as capacidades de PC envolvem aspectos cognitivos e emocionais, os quais podem ser influenciados pelas disposições que consistem nas razões para agir de forma crítica. As disposições de PC não se limitam apenas a sentimentos e emoções, mas envolvem atitudes e valores.

Tenreiro-Vieira e Vieira (2000) apresentam algumas propostas para promover essas capacidades e disposições no ensino das ciências, utilizando diferentes quadros conceituais, com destaque para a definição de Ennis e sua taxonomia. A taxonomia de Ennis (1987) estrutura-se em duas partes. A primeira parte compete às disposições para o PC, tais como: procurar estar bem-informado, utilizar e mencionar fontes credíveis, procurar razões, procurar alternativas, ter abertura de espírito e procurar tanta precisão

quanto o assunto o permitir. A segunda parte descreve as capacidades de PC, agrupadas em cinco áreas: clarificação elementar, suporte básico, inferência, clarificação elaborada e uma área denominada estratégias e táticas (Ennis, 1987). No Quadro 1, estão representadas as doze capacidades da taxonomia de Ennis.

Quadro 1: Capacidades da taxonomia de Ennis

Capacidades de Pensamento Crítico	
Clarificação Elementar	1. Focar uma questão
	2. Analisar argumentos
	3. Fazer e responder a questões de clarificação e desafio
Suporte Básico	4. Avaliar a credibilidade de uma fonte
	5. Fazer e avaliar observações
Inferência	6. Fazer e avaliar deduções
	7. Fazer e avaliar induções
	8. Fazer e avaliar juízos de valor
Clarificação Elaborada	9. Definir termos e avaliar definições
	10. Estratégia de definição
Estratégias e Táticas	11. Decidir sobre uma ação
	12. Interatuar com os outros

Fonte: Ennis (1987).

Machado (2014) argumenta que é essencial aos professores adotarem e aplicarem, de forma sistemática e intencional, estratégias de ensino e aprendizagem que promovam as capacidades de PC. Dentre os exemplos de estratégias, apontadas por Vieira e Tenreiro-Vieira (2005), com potencial para o desenvolvimento do PC tem-se o questionamento, que consiste na formulação cuidadosa de uma sequência de questões para atingir objetivos específicos de aprendizagem, desde avaliar o conhecimento dos alunos até regular a participação em sala de aula.

Outra estratégia também utilizada no ensino de ciências é o trabalho experimental, que envolve a manipulação de objetos concretos, equipamentos e instrumentos diversos, ou amostras, visando coletar dados para responder a uma questão inicial ou problema (Vieira; Tenreiro-Vieira, 2005). Além disso, uma estratégia em interdependência com a anterior é a oficina ou *workshop* que consiste numa reunião de um grupo de pessoas com interesses ou problemas comuns, estudando ou trabalhando juntos sob orientação de especialistas (Vieira; Tenreiro-Vieira, 2005). Na definição de Marcondes (2008, p. 68),

[...] 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.

A autora apresenta uma proposta de “oficinas temáticas”, produzida pelo Grupo de Pesquisa em Educação Química (GEPEQ) do Instituto de Química da Universidade de São Paulo – USP. Essas oficinas são compostas por 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). Suas principais características, segundo Marcondes (2008, p. 68-69), incluem:

- 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.

Os temas propostos nas oficinas temáticas, fundamentadas no princípio da contextualização, além de apresentarem relevância social, o que já demonstra a importância de sua discussão, possibilitam o desencadeamento de diversos conhecimentos (Marcondes *et al.*, 2007). Tais conhecimentos podem ser trabalhados “[...] 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).

Atividades dessa natureza apresentam características investigativas, pois a experimentação é compreendida para além de procedimentos de manipulação e observação, buscando promover a participação ativa do aluno na construção e reconstrução de seu próprio conhecimento (Marcondes *et al.*, 2007). O planejamento de uma atividade experimental investigativa deve contemplar momentos de discussão pré e pós-laboratório. De acordo com Souza *et al.* (2013), as discussões pré-laboratório envolvem a formulação de hipóteses, que são expressas pelos alunos por meio de questionamentos, enquanto as atividades pós-laboratório consistem em questões para análise dos dados, sistematização dos resultados e conclusões. Essas discussões possibilitam que os alunos estabeleçam conexões significativas entre o fenômeno observado, os dados obtidos e os conceitos estudados (Souza *et al.*, 2013).

Outro aspecto importante das oficinas temáticas é a organização metodológica fundamentada nos três momentos pedagógicos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018). Conforme Alves *et al.* (2023), uma oficina temática de química com essa estrutura pode ser exemplificada a seguir:

I – Problematização Inicial: Os alunos são apresentados à problemática, e seus conhecimentos prévios sobre o tema são levantados.

II – Organização do Conhecimento: São realizadas atividades experimentais e discutidos os conhecimentos químicos, além de outros saberes necessários para a resolução da problemática.

III – Aplicação do Conhecimento: A problemática é retomada, com foco na resolução e na tomada de decisões por parte dos alunos, que utilizam os conhecimentos ampliados durante a oficina.

As oficinas temáticas, portanto, constituem um conjunto de atividades com potencial para promover as capacidades de PC (Bordoni, 2022). Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é investigar a mobilização de conhecimentos científicos e capacidades de PC, a partir da aplicação remota de uma oficina temática para alunos do Curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública do Estado do Paraná.

PERCURSO METODOLÓGICO

De natureza qualitativa, a pesquisa teve como objetivo investigar aspectos relacionados aos significados e às compreensões emergentes a partir do contexto, isto é, da aplicação da oficina temática e dos participantes envolvidos (Minayo, 2009). Dentre as diversas modalidades de pesquisa qualitativa, destaca-se o estudo de caso, conforme definido por Yin (2015), que o descreve como uma investigação empírica que explora profundamente um fenômeno contemporâneo em seu contexto real.

Esta pesquisa se configura como um “estudo de caso único holístico”, visto que pertence a um único contexto, o Curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e concentra-se na investigação de um único caso, a partir da aplicação remota de uma oficina temática para dezesseis alunos que cursavam o componente curricular de *Química para o Ensino Médio I*, durante o segundo semestre do ano letivo de 2021.

A oficina, intitulada "O Caso do Rio Água Doce", foi fundamentada nos pressupostos teóricos de Marcondes *et al.* (2007), sob o viés da contextualização e da experimentação com foco em atividades investigativas e nos três momentos pedagógicos como proposta metodológica. A seguir, o Quadro 2 apresenta uma síntese desses momentos pedagógicos, que orientam metodologicamente a oficina e indicam a perspectiva dos conhecimentos necessários para a compreensão do tema.

Quadro 2: Síntese dos três momentos pedagógicos perpassados durante a oficina

Problematização Inicial	Organização do conhecimento	Aplicação do Conhecimento
Apresentação do tema e questões introdutórias sobre órgãos ambientais e suas finalidades. Discussão sobre a situação problema e aplicação de um questionário para o levantamento de concepções prévias dos alunos a respeito do tema.	Convite para os alunos pensarem o experimento sob diferentes aspectos, como a poluição térmica das águas. Realização do experimento sobre a influência da temperatura na solubilidade de gases em água, e discussão dos resultados pós-experimento.	Discussão da situação problema levantada inicialmente, para uma nova interpretação. 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.

Fonte: Alves *et al.* (2023).

Nesse sentido, realizamos o planejamento das questões com a intencionalidade de promover o PC, submetendo-as à avaliação individual e coletiva dos participantes do projeto "Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico" da UEM, bem como pesquisadores e pós-graduandos que atuam no Grupo de pesquisa em Educação Química da UEM, para validar os aspectos conceituais envolvidos na situação. O conjunto de questões que compõem a oficina constituiu-se como fonte de informações empíricas, considerando que, por meio de sua análise, podemos perceber indícios da mobilização de conhecimento científico e capacidades de PC nas respostas dos alunos¹. Os participantes responderam às questões individualmente, discutindo-as coletivamente depois, exceto o relatório de autuação, elaborado em grupo. As respostas foram analisadas de acordo com os pressupostos da Análise de Conteúdo de Bardin (2016), utilizando a modalidade temática, que, nesse tipo de análise, ocorre em três fases.

¹ Os dados utilizados foram extraídos de uma pesquisa de mestrado (CAAE 45244721.9.0000.0104) defendida no Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Matemática da Universidade Estadual de Maringá, escrita pela primeira autora, orientada pela segunda e coorientada pela terceira.

Na primeira etapa, denominada **pré-análise**, realizamos a organização do material a ser analisado, conforme Bardin (2016). As questões com as respostas dos alunos foram organizadas por meio da leitura flutuante, a partir da qual se constatou a necessidade de analisá-las em diferentes momentos, considerando todo o contexto investigado.

Na segunda etapa, correspondente à **exploração do material**, procedemos a codificação das informações contidas nas respostas dos alunos, que, neste estudo, representam às unidades de análise, também conhecidas como unidades de registro (Bardin, 2016), identificadas por códigos que indicam o aluno ou grupo, por exemplo: A1 (Aluno 1). Assim, após a codificação das unidades de registros, organizamos as categorias de análise. 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 e categorias de análise, buscando uma aproximação com capacidades da taxonomia de Ennis, para facilitar o movimento de interpretação dos dados.

Por fim, na terceira etapa, referente ao **tratamento dos resultados, inferência e interpretação dos dados**, realizamos análise das informações obtidas, articulando-as com os objetivos da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta investigação buscamos analisar a mobilização de capacidades de PC e de conhecimento científico durante a aplicação remota da oficina temática *O caso do Rio Água Doce*. No primeiro momento, foram propostas questões sobre o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com foco na Resolução N° 430/2011 sobre o lançamento de efluentes em corpos hídricos, para introduzir a problemática referente à mortandade de peixes, cujos direcionamentos requereram investigações articuladas com conhecimentos procedimentais e questões operativas relacionadas aos órgãos ambientais envolvidos (Meyer; Barclay, 1990). Em consideração a isso, a oficina desenvolvida na pesquisa oferece aos alunos, inicialmente, a oportunidade de refletirem sobre a função do CONAMA.

Ao analisarmos as respostas dos alunos sobre o CONAMA e a problemática proposta, destacamos a capacidade de *focar uma questão* e de *fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio*. Em seguida, apresentamos o Quadro 3, com alguns

fragmentos das respostas analisadas ou unidades de registro que deram origem a categoria referente a mobilização de capacidades na área de *Clarificação elementar*.

Quadro 3: Processo de categorização das respostas dos alunos referente a mobilização de capacidades na área de clarificação elementar

Exemplos de unidades de registro	Subcategoria	Categoria
“Nunca ouvi falar. Penso que o CONAMA é algum órgão que trabalha com o intuito de preservar o meio ambiente” (A2)	Focar uma questão (31)	Clarificação elementar (81)
“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)	Fazer e responder a questões de clarificação e/ou desafio (25)	
“Sim, pois esta ocasião força uma mudança brusca de temperatura, elevando a temperatura do rio de forma desnecessária e artificial” (A13)	Analisar argumentos (25)	

Fonte: Alves (2022).

De acordo com as respostas dos alunos, apresentadas no Quadro 3, podemos perceber que eles começaram a identificar o foco do problema, relacionado à poluição do Rio Água Doce devido ao lançamento de efluentes. É importante ressaltar que, nos últimos anos, as discussões sobre questões ambientais, como poluição, desmatamento e mudanças climáticas, têm-se intensificado. Diante desse cenário preocupante, torna-se cada vez mais necessário que tanto o poder público como a sociedade atuem de forma conjunta para tentar preservar o meio ambiente.

Entre os órgãos que têm maior representatividade da sociedade na tomada de decisões relacionadas a questões ambientais, destaca-se o CONAMA (Brasil, 2012). Considerando sua relevância, realizamos o seguinte questionamento: **Vocês já ouviram falar do CONAMA? Qual seria, sob o seu ponto de vista, a função desse conselho?** Observamos as tentativas de explicações dos alunos sobre as atribuições deste 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. Apresentamos a seguir a resposta de um dos alunos sobre o que considera ser a função do CONAMA:

Que eu me lembre não ouvi. Como se trata sobre meio ambiente, acredito que terá alguma coisa com relação a cuidados com o meio ambiente, sobre coisas que devemos ou não fazer, atualmente, essa questão ambiental é bem comentada então creio que seja sobre essas preocupações mesmo (A5).

Essa resposta representa uma das possíveis atuações do CONAMA, voltada para a preservação e o cuidado com o meio ambiente. 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).

Conhecer a legislação, nesse caso, é o primeiro passo para investigar problemas ambientais. Observamos que, para uma mobilização maior de conhecimentos, a oficina poderia abordar outras questões com esse foco. Assim, selecionamos a seguinte questão: **Vimos que o CONAMA 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, reconhecemos a preocupação de preservar o meio ambiente: “É importante para manter o equilíbrio dos rios, preservando as vidas neles existentes” (A12). Por outro lado, alguns alunos mencionam que sem critérios, “[...] qualquer um despejaria a quantidade que quisesse e pouco a pouco acabaria com nosso meio ambiente” (A5). Corroborando com esse pensamento, outro aluno justifica que “[...] se não houver condições e padrões as usinas e indústrias não terão as medidas necessárias para evitar esse problema” (A16). Os trechos destacados evidenciam que os alunos compreendem a relevância da legislação vigente sobre o lançamento de efluentes (Brasil, 2011).

Dando continuidade à discussão, relacionamos a resolução do CONAMA a uma situação-problema, estruturada no formato de um caso simulado: 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. Diante dessa situação, os alunos foram desafiados a propor soluções para identificar a causa e o possível responsável pelo problema.

Para auxiliá-los na investigação, foram disponibilizados dois materiais de apoio contendo informações sobre três pontos de amostragem do rio, e alguns parâmetros estabelecidos pelo CONAMA, por meio da Resolução N° 430/2011 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 e chumbo total de 0,5 mg/L; cianeto e clorofórmio total de 1,0 mg/L; tolueno total de 1,2 mg/L e a ausência de materiais flutuantes (Brasil, 2011).

Após analisarem os materiais de apoio, os alunos responderam à seguinte questão: **Considerando os parâmetros medidos na água, nos três pontos do Rio Água Doce, o que pôde ser considerado diferente do esperado?** A maioria percebeu que, no ponto 02 (quilômetro 50 do rio), a temperatura da água ultrapassava o limite permitido, como evidenciado nos excertos: “A temperatura da água, pois nos 50km ela ultrapassa o limite de 40°C” (A2); “A temperatura, pois não deveria passar de 40°C e no ponto 02 do rio está a 42°C” (A3). Os alunos utilizaram os parâmetros do CONAMA como referência, realizando um processo de análise de dados que, segundo Carvalho (2020, p. 43) “[...] possibilita o reconhecimento de variáveis e o estabelecimento daquelas que são relevantes para o problema em questão”.

Alguns alunos também sugeriram que outros parâmetros poderiam ter ultrapassado os limites estabelecidos pelo CONAMA. Um exemplo pode ser observado na resposta: “Nos três pontos as temperaturas sofrem alterações e a quantidade das substâncias também sofrem alterações. O arsênio está acima do limite cobrado pelo Conama” (A9). Foi necessário problematizar a resposta, pois, ao analisar os dados fornecidos, todos os parâmetros estavam dentro dos padrões estipulados pela resolução, exceto a temperatura da água no ponto 02. 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).

A simples constatação de que a temperatura da água estava acima de 40°C não era suficiente para solucionar o problema. Então, em um segundo momento, os alunos precisavam investigar se essa alteração poderia ter provocado a mortandade dos peixes, o que, por sua vez, requer a mobilização de conhecimentos químicos e biológicos. Sendo assim, realizamos o seguinte questionamento: **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 pode impedir a

passagem de luz, conforme podemos conferir: “Sim, dependendo da poluição presente nos rios poderiam obstruir a passagem dos raios solares, dificultando o processo de fotossíntese, por exemplo” (A3). Além disso, a poluição, de modo geral, pode reduzir a quantidade de gases dissolvido na água, aspecto evidenciado no seguinte excerto: “Provavelmente sim, pois com a poluição pode ser que teria menos gás oxigênio e gás carbônico na água, dificultando a respiração deles” (A6).

Outro ponto interessante surgiu na resposta A13, ao argumentar que a poluição altera a composição do rio com algumas substâncias ou agentes contaminantes, como expresse a seguir:

Acredito que, por alterar a composição dos rios, a interação entre esses contaminantes e o O₂ 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 (A13).

Ao expor suas ideias, os alunos foram incentivados a confrontar seus *argumentos* com os de seus colegas. O reconhecimento de suas próprias ideias e o confronto com outras pode ser um passo importante no avanço do 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).

Nesse momento, os alunos foram convidados a compartilhar o que pensavam sobre a situação, sendo que, inicialmente, as descrições feitas prevalecem, assim o professor pode ir conhecendo o que eles pensam (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018). Nesse sentido, também observamos a mobilização da capacidade de *responder a questões de clarificação e/ou desafio* que pede para explicar e representar por desenhos: **a) A respiração dos peixes submersos em água? b) A fotossíntese das plantas aquáticas?** De maneira geral, as representações dos alunos mostravam um peixe com bolhas ou setas ao seu redor, simbolizando a presença de gases na água (Alves *et al.*, 2023). No entanto, alguns alunos tendem a associar equivocadamente esse processo à remoção de oxigênio da molécula de água. Um exemplo disso é o seguinte excerto: “Por meio da ingestão do oxigênio que faz parte da molécula da água e libera uma porção de dióxido de carbono” (A1). Os alunos também foram questionados sobre como as plantas aquáticas realizam a fotossíntese e, em suas respostas, muitos argumentaram que esse

processo seria semelhante ao das plantas terrestres, utilizando a luz solar como fonte de energia (Alves *et al.*, 2023).

Após expressarem suas ideias sobre o tema, era muito importante que os alunos comessem a elaborar *hipóteses explicativas* e a pensar conceitualmente sobre o problema proposto. Em seguida, apresentamos o Quadro 4, com exemplos de unidades de significado que surgiram a partir das hipóteses relacionadas à poluição e ao aumento da temperatura da água, que contribuíram para compor a categoria referente a mobilização de capacidades na área de *Inferências*.

Quadro 4: Processo de categorização das respostas dos alunos referente a mobilização de capacidades na área de inferências

Exemplos de unidades de registro	Subcategoria	Categoria
“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” (A6)	Inferir conclusões e hipóteses explicativas (32)	Inferências (50)
“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” (A10)	Deduzir e avaliar deduções (11)	
“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” (A15)	Fazer e avaliar induções (7)	

Fonte: Alves (2022).

Conforme as respostas dos alunos, apresentadas no Quadro 4, podemos perceber os efeitos da variação térmica da água. Dessa forma, realizamos o seguinte questionamento: **O que pode acontecer com a água dos rios ao lhes serem lançados efluentes com temperatura acima do estipulado pela resolução?** Uma das hipóteses levantadas por eles foi que o “[...] choque da temperatura pode fazer mal a alguns seres vivos e pode acabar alterando algumas propriedades” (A1). Além disso, outras hipóteses associaram essa alteração à variação de gases presentes na água, conforme exemplificado 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 CO₂ e O₂ (A14).

Indo ao encontro dessa ideia, A9 sugeriu que as águas dos rios “[...] ficam superaquecidas assim diminuindo o oxigênio presente na água e causando a morte dos peixes”. De modo geral, as hipóteses levantadas pelos alunos indicam que essa situação poderia resultar na asfixia dos peixes. Diante disso, reafirmamos a importância de “[...] do ponto de vista do envolvimento cognitivo do aluno, introduzir inicialmente a situação problematizadora, discutir as ideias principais e dar oportunidades para que os alunos pensem sobre o problema e proponham suas hipóteses” (Souza *et al.*, 2013, p. 24).

Com as hipóteses levantadas pelos alunos sobre os efeitos da elevação da temperatura da água, que poderia levar à morte dos peixes, foi possível testá-las por meio de um experimento que investigava os efeitos do aquecimento e da agitação na água. Para o ensino remoto, tornou-se necessário adaptar o experimento, optando por materiais simples e de fácil manuseio que os alunos pudessem ter em casa. Conforme descrito por Alves *et al.* (2023), o experimento inicia-se com a preparação do indicador de repolho roxo, utilizado em duas soluções padrões: uma contendo água gaseificada (Padrão A) e a outra com água da torneira (Padrão B). Nos próximos passos desse experimento foram preparadas soluções semelhantes aos padrões e investigado como a agitação e a temperatura influenciam na solubilidade de gases nas águas.

Os alunos observaram que, no recipiente com água gaseificada, a coloração ficou rosada, enquanto no recipiente com a água da torneira, a coloração variou entre azul e verde. Após o aquecimento e a agitação, foi feita a seguinte pergunta: **O que poderia justificar a mudança da coloração verificada nos recipientes?** Essa questão buscava testar a capacidade dos alunos de inferir 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. Uma resposta nesse sentido indicaria uma compreensão conceitual mais completa (Alves *et al.*, 2023).

No entanto, poucos alunos conseguiram *deduzir* que essa mudança ocorreu devido à presença de gases dissolvidos na água, como evidenciado nos excertos: “A presença ou não dos gases em solução” (A6); “Acredito que a adição de CO₂ nas soluções poderia explicar boa parte desse experimento. Tanto a adição quanto a retirada do CO₂” (A13). Enquanto isso, A10 levanta a hipótese sobre 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. Além das respostas dissertativas, os alunos também foram solicitados a explicar as

mudanças de cor por meio de desenhos. A maioria das representações focaram apenas nos aspectos visuais, como a cor da água, sem apresentar uma justificativa. Alguns alunos observaram 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” (A1). Somente um aluno conseguiu justificar a variação de gases dissolvidos na água da torneira. Vejamos: “Com o aquecimento os gases foram "escapando" da solução fazendo ela mudar de cor” (A6).

Ainda nesse contexto, o aluno A14 aponta que o pH fica próximo da água gaseificada após ser aquecida. Isso ocorre porque o repolho roxo contém espécie indicadora ácido-base que, em meio ácido, apresenta coloração rosa, enquanto, em meio básico, fica azul ou verde (Alves *et al.*, 2023). O aluno também notou a formação de espuma na água “[...] assim como forma quando abrimos um refrigerante” (A14). Como relatado, ele já havia percebido a saída de gás ao abrir uma garrafa de refrigerante.

Em outro momento, os alunos aqueceram uma solução de água da torneira com indicador, depois deixaram-na esfriar até uma temperatura segura e, com um canudinho plástico, assopraram a solução, que foi mudando de cor. O aluno A3, por exemplo, observou que antes a solução tinha o tom azul; durante, ficou roxo-azulada; e após, ficou roxa. Enquanto isso, A1 observou que a solução estava azul e, depois, foi se aproximando do rosa. Isso sugere que A1 pode ter assoprado a solução por mais tempo que A3. Alguns alunos também conseguiram relacionar as mudanças de coloração à quantidade de gases dissolvidos na água. O aluno A6, em sua resposta dissertativa, explicou: “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”. O aluno estava se referindo à cor da água da torneira antes de ser aquecida.

Nesse sentido, os alunos foram instigados a pensar em maneiras de determinar a quantidade de gases dissolvidos na água, utilizando modelos matemáticos e experimentais. Para isso, realizamos o seguinte questionamento: **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.** Dos dezesseis alunos que participaram da pesquisa, nove responderam que seria possível determinar a quantidade de gases por meio de métodos experimentais, embora tivessem dificuldades para explicar quais métodos

poderiam ser usados. O aluno A13, por exemplo, respondeu: “Acho que sim, calculando a densidade de repente. Mas eu não sei direito”. Dois alunos disseram que não seria possível, e cinco não responderam. Esse resultado nos leva a considerar uma reformulação da questão.

O interessante dessa estratégia é que, por meio do que observaram no experimento, e posteriormente, com as discussões quanto aos resultados obtidos, os alunos tiveram a oportunidade de manifestar sua capacidade de *definir termos e avaliar definições*. Em seguida, apresentamos o Quadro 5, com exemplos de unidades de significado relacionadas a capacidades na área de *Clarificação elaborada*.

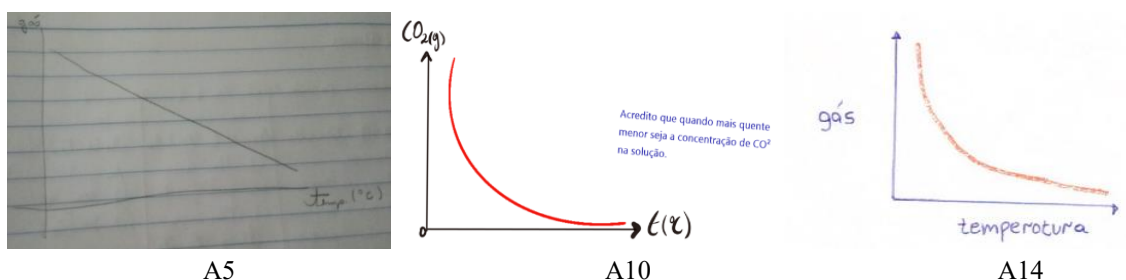
Quadro 5: Processo de categorização das respostas dos alunos referente a mobilização de capacidades na área de Clarificação elaborada

Exemplos de unidades de registro	Subcategoria	Categoria
“Com o aumento da temperatura a quantidade de oxigênio diminui, ou seja, diminui a sua solubilidade a medida que a temperatura vai subindo” (A1)	Definir termos e avaliar definições (8)	Clarificação elaborada (22)
“Através do gráfico, podemos constatar que quanto menos oxigênio, maior a temperatura da água” (A2)	Identificar assunções (14)	

Fonte: Alves (2022).

A resposta de A10, apresentada no Quadro 5, mostra que os alunos deveriam expressar graficamente como a temperatura influência na concentração dos gases. Para isso, realizamos o seguinte questionamento: **Considerando os experimentos, represente, graficamente, a variação da quantidade de gás dissolvido na água gaseificada em função da temperatura**. Assim, entendemos que os registros gráficos feitos pelos alunos podem indicar se eles percebem a inversão de proporcionalidade entre as quantidades de gases e o aumento da temperatura. Nesse sentido, para uma melhor visualização dos registros, optamos por agrupá-los na Figura 1.

Figura 1 – Modelos de gráficos construídos pelos alunos



Fonte: Alves (2022).

Ao examinarmos as representações gráficas apresentadas na Figura 1, percebemos a coerência entre os diferentes modelos de gráficos construídos pelos alunos, sugerindo uma queda na solubilidade dos gases à medida que a temperatura aumenta. No entanto, é importante ressaltar que nove alunos não realizaram a tarefa de representar graficamente os registros. Dessa forma, durante a retomada da problemática, foi apresentado um gráfico que ilustra a quantidade de oxigênio em relação às temperaturas nos três pontos do Rio Água Doce (Alves, 2022). O objetivo da interpretação desse gráfico foi compreender como a diminuição na quantidade de gases dissolvidos, em função da elevação da temperatura, contribuiu para o aumento da mortalidade de peixes.

Com base na análise dos resultados, evidenciamos que quase todos os alunos constatarem que a causa da morte dos peixes tinha relação com a diminuição na quantidade de gases dissolvidos. Para ilustrar, selecionamos algumas respostas à pergunta: **a) O que se pode constatar sobre a quantidade de gás oxigênio dissolvido nos três pontos?** Como esperado, muitos alunos apontaram o aumento na temperatura da água:

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 (A3).

Durante a aplicação do conhecimento, foi discutido com os alunos que a elevação da temperatura da água provocaria um aumento na taxa de respiração dos peixes (Carapeto, 1999). Além disso, foram motivados a refletir sobre as consequências da poluição térmica, remetendo à promoção do PC definida por Ennis (1987). 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.

Para finalizar os alunos elaboraram um relatório de autuação que abordou os seguintes questionamentos: **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?** O uso do questionamento revela-se uma estratégia importante, uma vez que, segundo Vieira e Tenreiro-Vieira (2005), pode motivar e/ou manter os estudantes envolvidos nas tarefas;

chamar a atenção para o que está sendo aprendido; promover o ato de pensar e ativar processos metacognitivos.

De acordo com as respostas dos alunos, a Siderúrgica foi apontada como responsável pela morte dos peixes, confirmando as suspeitas iniciais. Os argumentos apresentados relacionaram o aumento da temperatura da água à redução da concentração de oxigênio como causa direta da mortandade. Os alunos citaram multas variando de R\$100.000,00 a R\$1.000.000,00 e prisão dos responsáveis por até três anos, considerando a gravidade do episódio. Entre as recomendações feitas à empresa, destacam-se o descarte adequado, análises periódicas, resfriamento prévio do material, redução de descartes no rio e o replanejamento das práticas de descarte. Essas sugestões não foram discutidas na oficina, dando-nos indícios da ampliação do conhecimento dos alunos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como objetivo investigar a mobilização de conhecimentos científicos e capacidades de PC por alunos do Curso de Licenciatura em Química, que participaram da aplicação remota da oficina temática “O Caso do Rio Água Doce”. Durante a oficina, observou-se a mobilização da capacidade de *focar uma questão e responder a perguntas de clarificação e/ou desafio*, ao propor soluções para o problema da mortandade de peixes no rio, ocasionada pelo lançamento de efluentes.

Os alunos participaram ativamente das discussões, refletindo criticamente sobre parâmetros estabelecidos pelo CONAMA, por meio da Resolução N° 430/2011 (Brasil, 2011), que regulamenta o lançamento de efluentes em corpos hídricos. A análise dos dados da oficina levou à constatação de que a elevação da temperatura foi a causa principal do problema. Embora o caso fosse simulado, ele se baseava em um fenômeno real, e a investigação considerou fatores como o aumento da temperatura da água, a consequente redução da quantidade de oxigênio dissolvido e os impactos sobre a respiração dos peixes e das plantas aquáticas, exigindo conhecimentos de química e biologia.

Além disso, observou-se a mobilização da capacidade dos alunos de *argumentar, inferir conclusões e hipóteses explicativas*, especialmente ao realizarem o experimento que investigava os efeitos do aquecimento e da agitação na água. Embora alguns alunos tenham apresentado dificuldades em justificar adequadamente as mudanças observadas

no experimento, muitos foram capazes de inferir *hipóteses explicativas* e refletir conceitualmente sobre o problema proposto, evidenciando o desenvolvimento de sua capacidade de pensar criticamente.

Diante dos resultados, pretendemos aplicar essa oficina novamente no futuro, após ser reformulada no contexto do projeto “Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico” da UEM, realizando as adaptações necessárias para sua implementação no ensino presencial.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001. Agradecemos à CAPES e ao projeto “Laboratório de Oficinas Temáticas de Química para o Ensino Básico” da UEM pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ALVES, Mariana Cavichioli. **Oficina temática sobre gases dissolvidos em ambiente aquático: um caso simulado sobre poluição térmica por alunos de licenciatura em química**. 2022. 160f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2022. Disponível em: <http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/392>. Acesso em: 04 nov. 2024.

ALVES, Mariana Cavichioli; KIOURANIS, Neide Maria Michellan; CEDRAN, Débora Piai. Abordagem temática em oficinas e o estudo dos gases dissolvidos em água. **Ens. Tecnol. R.**, Londrina, v. 7, n. 3, p. 731-743, set./dez. 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/16831>. Acesso em: 04 nov. 2024.

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

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. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627. Acesso em: 07 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.

BORDONI, Ananda Jacqueline. **O potencial de uma oficina temática de química para a promoção das capacidades de pensamento crítico**. 2018. 158 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018. Disponível em: <http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/273>. Acesso em: 12 fev. 2025.

BORDONI, Ananda Jacqueline. **Contribuições de atividades promotoras de Pensamento Crítico/CTS para os licenciandos de Química**. 2022. 278 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, 2022. Disponível em: <http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/402>. Acesso em: 06 nov. 2024.

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

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2020.

CARVALHO, Magda Costa. O que significa ser eticamente crítico? Algumas reflexões sobre a filosofia para crianças. In: VIEIRA, Rui Marques; TENREIRO-VIEIRA, Celina; SÁ-CHAVES, Idália; MACHADO, Celeste. **Pensamento crítico na educação: perspetivas atuais no panorama internacional**. Aveiro: UA Editora, 2014.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 5. ed. 2018.

ENNIS, Robert Hugh. A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In BARON, Joan Boykoff; STERNBERG, Robert Jeffre (Eds.). **Teaching Thinking skills: Theory and practice**. New York: W. H. Freeman and Company, 1987.

HALPERN, Diana. **Thought and Knowledge - An introduction to critical thinking**. New Jersey, Editora Lawrence Erlbaum Associates, 1989.

MACHADO, Maria José Santos de Sousa Aragão. **Feedback oral enquanto estratégia promotora do pensamento crítico em sala de aula**. Dissertação (Mestrado em Ensino da Física e da Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário) – Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10437/5039>. Acesso em: 05 nov. 2024.

MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro (Coord.); TORRALBO, Daniele; SILVA, Erivanildo Lopes da; SOUZA, Fábio Luiz de; AKAHOSHI, Luciane Hiromi; CARMO, Miriam Possar do; SUART, Rita de Cássia; MARTORANO, Simone Alves Assis. **Oficinas temáticas no ensino público: formação continuada de professores**. São Paulo: FDE, 2007.

MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. 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> . Acesso em: 03 nov. 2024.

MEYER, Fred Field.; BARCLAY, Lee. **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, Maria Edith; ALVES, Carlos Bernardo Mascarenhas; BARBOSA, Norma Dulce de Campos. Belo Horizonte: Cemig, 2009.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio da pesquisa social**. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza; DESLANDES, Suely Ferjnnades; GOMES, Romeu (Org.). Pesquisa social: teoria, método e criatividade. 28. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

SANTOS, Jéssica; CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei. Poluição hídrica: uma questão sociocientíficas para abordar ética ambiental no ensino fundamental de ciências. In: CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei. **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas** [on-line]. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 191-211. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788523220174.0009>. Acesso em: 10 nov. 2024.

SOUZA, Fábio Luiz de; AKAHOSHI, Luciane Hiromi; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; CARMO, Miriam Possar do. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: EDUSP, 2013.

TENREIRO-VIEIRA, Celina; VIEIRA, Rui Marques. **Promover o pensamento Crítico dos alunos** - Propostas concretas para a sala de aula. Porto, Editora Porto, 2000.

VIEIRA, Rui Marques. **Formação Continuada de Professores do 1º e 2º Ciclos do Ensino Básico Para uma Educação em Ciências com Orientação CTS/PC**. 2003. Tese (Doutorado em Didática) – Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Aveiro-Portugal, 2003. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/1458/1/2005001712.pdf>. Acesso: 08 nov. 2024.

VIEIRA, Rui Marques; TENREIRO-VIEIRA, Celina. **Estratégias de ensino/aprendizagem: O questionamento promotor do pensamento crítico**. Lisboa: Editorial do Instituto Piaget, 2005.

VOLPATO, Vanessa Carolina. **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) –Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2021. Disponível em: <http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/348>. Acesso: 12 fev. 2025.

YIN, Kuo-zuir Yin. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2015.