

Pensamento Crítico Promovido em Aulas de Química Orgânica Durante a Resolução de um Estudo de Caso por Estudantes de Graduação em Química do Ensino Superior

Critical Thinking promoted in Organic Chemistry classes during the resolution of a Case Study by Undergraduate Chemistry Students

Caroline Gomes Fernandes ^a, Rita de Cássia Suart ^a, Josefina Aparecida de Souza ^a, Sérgio Scherrer Thomasi ^a

^a Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, Brasil

Resumo. Estudos indicam a necessidade de o educador propor atividades problematizadoras podendo desenvolver o pensamento crítico. Nesse sentido uma abordagem de ensino baseada em Estudo de Caso (EC) vem se mostrando promissora. Esse trabalho investigou quais capacidades de pensamento crítico foram manifestadas por estudantes de química, por meio da escrita, durante a resolução de um EC em uma disciplina de Química Orgânica. A disciplina, cuja abordagem se baseou na metodologia do EC foi ministrada em uma turma de 20 estudantes do 3º período do curso. Foi observado que os três textos elaborados pelos alunos, em diferentes momentos, apresentaram níveis inferiores de pensamento crítico nas primeiras, todavia foram elevando ao longo da disciplina. Os dados indicaram que o EC tornou os estudantes ativos na busca por informações para resolver o problema, desenvolvendo diversas capacidades do pensamento crítico. Ainda, o EC pode ter resultado na mudança de postura, tanto da professora quanto dos estudantes, pois requereu da professora uma reflexão mais criteriosa sobre sua prática e pleiteou dos estudantes uma atitude mais autônoma em relação à aprendizagem. Pode-se concluir que a utilização do EC, parece ser uma metodologia promissora no desenvolvimento de diversas habilidades para a atuação mais consciente do estudante na sociedade.

Palavras-chave:
Habilidades de escrita,
Contextualização,
Ensino de química;
Modelo de Kortland.

Submetido em
24/05/2024

Aceito em
08/04/2025

Publicado em
23/04/2025

Abstract. Studies indicate the need for educators to propose problematizing activities that can develop critical thinking. In this sense, a teaching approach based on Case Study (CS) has shown promise. This work investigated which critical thinking capacities were manifested by chemistry students through writing during the resolution of a CS in an Organic Chemistry course. The course, which was based on the CS methodology, was taught to a class of 20 students in their third semester. It was observed that the three texts produced by the students at different times showed lower levels of critical thinking in the initial stages, but these levels increased throughout the course. The data indicated that the CS made students active in seeking information to solve the problem, developing various critical thinking capacities. Furthermore, the CS may have resulted in a change in posture for both the teacher and the students, as it required the teacher to reflect more critically on her practice and demanded a more autonomous attitude from the students regarding their learning. It can be concluded that the use of CS appears to be a promising methodology for developing various skills for students' more conscious engagement in society.

Keywords:
Skills in Writing,
Contextualization,
Chemistry teaching,
Kortland Model.

Introdução

O ensino de Química, em específico o ensino de Química Orgânica, ainda tem sido resumido, majoritariamente, à memorização de fórmulas, definições, mecanismos de reações,

propriedades físico-químicas e nomenclatura de compostos (Lima et al., 2000; Alves et at., 2021). Isso pode estar relacionado ao fato de ainda haver, nos currículos dos cursos de graduação em Química, uma maior valorização do desenvolvimento de habilidades quantitativas – relacionadas à memorização de conceitos, leis, fórmulas e algoritmos – em detrimento de habilidades qualitativas, tais como a tomada de decisões, o levantamento de hipóteses, a comparação e o contraste de dados e informações, a análise e a resolução de problemas cotidianos. Como consequência, os conceitos são memorizados pelos estudantes, podendo dificultar a compreensão das relações dos fenômenos do dia a dia com os conceitos químicos estudados.

Logo, observa-se a necessidade de ações docentes que favoreçam o desenvolvimento de ambos os tipos de habilidades e capacidades, tanto quantitativas quanto qualitativas. Essa necessidade já é apresentada nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química, que incluem, entre as competências e habilidades necessárias aos bacharéis e licenciados, a busca de informação, comunicação e expressão, tais como: saber identificar e fazer busca nas fontes de informações relevantes para a Química, possibilitando a contínua atualização técnica, científica e humanística; ler, compreender e interpretar os textos científico-tecnológicos em idioma pátrio e estrangeiro; saber interpretar e utilizar diferentes formas de representação, como tabelas, gráficos, símbolos, expressões, etc.; e saber comunicar corretamente os projetos e os resultados de pesquisa na linguagem científica, oral e escrita (Conselho Nacional de Educação, 2001).

No entanto, ainda são poucas as ações promovidas, nos cursos de graduação em Química (Bacharelado e Licenciatura), para desenvolver essas habilidades e capacidades. Por apresentar elementos mais característicos de uma abordagem quantitativa, os professores desses cursos acabam deixando aos professores das áreas pedagógicas, a promoção dessas habilidades e enfatizam outras ações, como a realização de cálculos e memorização de nomenclaturas, por exemplo. Mas, sabe-se que a capacidade de ler, escrever, tomar decisões e levantar hipóteses é essencial para o exercício da cidadania e da profissão, esteja o indivíduo atuando como cientista/pesquisador, como químico em uma indústria, como professor e, como cidadão.

Tais habilidades e capacidades podem ser potencializadas por meio da metodologia de Estudo de Casos (EC). Segundo Sá e Queiroz (2010), o EC é uma metodologia de ensino que possibilita ao aluno desenvolver capacidades de pensamento crítico, tais como pesquisar, ter uma visão abrangente sobre um fato ou fenômeno, trabalhar em equipe, levantar hipóteses, argumentar, criticar, dialogar e propor soluções para problemas fictícios ou reais, podendo contribuir para uma formação docente mais crítica, investigativa, contextualizada e autônoma.

Outro fator importante a se considerar nas aulas de Química para o desenvolvimento do pensamento crítico (PC) dos estudantes, corresponde ao exercício do diálogo em sala de aula. Assim, o professor que comprehende o ambiente acadêmico como espaço de diálogo e de construção do conhecimento, possibilita o desenvolvimento de capacidades de pensamento crítico (Freire, 2007; Tenreiro-Vieira & Vieira 2013; Silva et at., 2022).

O pensamento crítico bem desenvolvido, contribui para a vida em sociedade, pois desenvolve nos indivíduos a capacidade de argumentar, defender suas opiniões, entender e aceitar as opiniões contrárias das suas, saber questionar e se posicionar diante de diferentes propostas, criar hipóteses e resolver problemas e exercer seu papel como cidadão ativo e reflexivo (Freire, 2007; Oliveira, 2009; Wartha et al., 2013; Cantanhede et al., 2022).

Neste sentido, o presente trabalho investigou quais capacidades de pensamento crítico são manifestadas por estudantes de química, por meio da escrita, durante a resolução de um Estudo de Caso em uma disciplina de Química Orgânica em um curso de Licenciatura em Química.

Referencial Teórico: O estudo de caso para a promoção do pensamento crítico no ensino de química

O crescimento da visão equivocada da Ciência como atividade neutra, verdade absoluta, inquestionável e acabada, tem resultado em pensamentos, atitudes e posicionamentos pouco críticos e questionadores pelos indivíduos, diante das diversas questões do nosso cotidiano.

Uma pessoa crítica é aquela que coloca em conflito os seus pensamentos e ideias. Refletir, por sua vez, é retomar um pensamento, rever nossas opiniões. É, em outras palavras, aprimorar o que já pensamos sobre algo. A autonomia do pensamento nos torna pessoas mais investigadoras, críticas, reflexivas e abrangentes em nossos pensamentos e atitudes (Lorieri, 2002).

Para Freire (2007), ser um bom investigador significa saber observar, perguntar, elaborar hipóteses, argumentar, sustentar e rever posições. Segundo a autora (2007), o aperfeiçoamento do pensamento ocorre em um processo dialógico, no qual nossos pontos de vista podem ser trocados, avaliados, revistos e reelaborados, o que significa saber observar, perguntar, elaborar hipóteses, argumentar, sustentar e rever posicionamentos.

Aprimorar o pensamento implica na capacidade do indivíduo em aprender a ser sistemático, a ordenar os seus pensamentos para que outros possam compreender, a tornar o pensamento abrangente, a ter criticidade e a observar os fatos de maneira contextualizada (Lorieri, 2002; Tenreiro-Vieira & Vieira 2013; Silva et al., 2022).

Segundo Freire (2007), a pessoa que pensa bem, sabe argumentar, defender suas opiniões, entender e avaliar as opiniões contrárias das suas, sabe questionar as propostas dos políticos, criar hipóteses e resolver problemas, criar e exercer seu papel como cidadão ativo e reflexivo.

Ainda, para desenvolver autonomia de pensamento e potencializar as características referidas, é necessário o desenvolvimento de algumas capacidades, tais como: “observar, perguntar, analisar, classificar, catalogar, sintetizar, imaginar, supor, formular hipóteses, constatar, provar, argumentar, refletir, relacionar, inferir, pressupor, definir, conceituar, traduzir, contextualizar, etc.” (Lorieri, 2002, p.100).

Segundo Ennis (1985, p. 46), “O pensamento crítico é uma forma de pensamento racional, reflexivo, focado no decidir em que acreditar ou o que fazer”. Para ele, o pensamento crítico

envolve o que o autor denomina como disposições, que se referem aos aspectos mais afetivos; assim como, as capacidades, que se referem aos aspectos mais cognitivos. O conjunto de disposições de pensamento crítico descreve o espírito crítico, ou seja, uma tendência, um compromisso ou uma inclinação para agir de forma crítica e inclui as seguintes características: procurar estar bem-informado, utilizar e mencionar fontes verossímeis, buscar razões e alternativas, ter abertura de espírito e precisão em relação a um assunto.

Para Siegel (1989), o pensamento crítico é um tipo de pensamento movido por razões. Para o autor, o pensamento crítico possui duas dimensões: avaliação de razões e espírito crítico. Compreende-se como avaliação de razões a capacidade de um indivíduo avaliar razões e justificar, adequadamente, crenças, afirmações e ações. A dimensão espírito crítico diz respeito à valorização do bom pensamento e a atuação segundo um pensamento de qualidade.

Lipman (1991) define o pensamento crítico como um facilitador de julgamento. Na perspectiva do autor, o desenvolvimento do pensamento crítico exige o uso de capacidades ligadas aos processos de investigação, raciocínio, organização e transposição de informação. Tais capacidades de pensamento incluem: formular conceitos de forma precisa; construir definições; formular questões; exemplificar; reconhecer sofismas; identificar e usar critérios para, por exemplo, construir definições e para fazer juízos de valor; reconhecer consistências e contradições; fazer inferências; formular hipóteses; analisar valores e considerar diferentes perspectivas.

Para Paul (1993), o pensamento crítico é uma forma de pensamento disciplinado e autodirigido, em que o indivíduo desenvolve atitudes; toma consciência dos processos de pensamento; impõe critérios intelectuais ao pensamento; e avalia a eficácia do processo de pensamento tendo em conta o propósito e os critérios intelectuais.

Baseado nisto, entendemos que as capacidades de pensamento crítico são fundamentais para a tomada de decisões sobre questões e problemas que envolvem a ciência, a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente. Autores como Tenreiro-Vieira e Vieira (2013) argumentam que desenvolver o pensamento crítico no ensino de ciências é crucial para promover capacidades que permitam aos alunos tomarem decisões críticas e fundamentadas sobre ciência e tecnologia. Eles ressaltam a importância dessa capacidade no século XXI, em que os avanços tecnológicos têm impactado significativamente no cotidiano das pessoas. Se os indivíduos não estiverem preparados para tomar decisões coletivas, resolver problemas e intervir nas questões cotidianas, eles serão, de acordo com Tenreiro-Vieira e Vieira (2000), analfabetos científicos do futuro, incapazes de utilizar suas capacidades de pensamento mais reflexivo e, portanto, em séria desvantagem no mercado de trabalho.

Tenreiro-Vieira (2004) e Tenreiro-Vieira e Vieira (2013) ainda apontam que precisamos ser capazes de usar o conhecimento, para organizar, sintetizar e gerar novas informações, de forma que possamos participar de forma crítica e consciente em escolhas e decisões tomadas por outros que estão no poder ou que se consideram experts no referido assunto.

Freire (1986) afirma que este tipo de educação possibilita a superação da transitividade ingênua para a transitividade crítica. Compreende-se a transitividade ingênua como a

simplicidade na interpretação dos problemas e pela aceitação de explicações fictícias. A transitividade crítica, por sua vez, pode ser entendida como o pensamento crítico.

Para a autora, uma pessoa que pense de forma crítica precisa: 1. Ter curiosidade intelectual/epistemológica sobre o assunto ou fato; 2. Observar de forma ampla e plural o fato ou assunto; 3. Interpretar de forma aprofundada aquilo que está posto; 4. E, por fim, argumentar de modo fundamentado sobre o assunto.

No entanto, nem todo indivíduo estará envolvido em um ambiente e situações que promovam o PC, ou até mesmo, podem ignorar tais capacidades ou considerar suas concepções como melhores ou mais verdadeiras que de outras pessoas.

Para tanto, para identificar o PC manifestado por um indivíduo, Freire (2007) propôs em seu trabalho, oito categorias para a análise do pensamento crítico a partir da ideia de como um indivíduo crítico pensaria diante de uma situação ou problema. Assim, ao propor as oito categorias, Freire esclarece a diferença de uma pessoa que argumenta, age, pensa e atua de forma crítica, de uma pessoa que observa as situações, problemas, notícias e informações, por exemplo, de forma ingênua e, até mesmo, com ignorância. Nos trabalhos de Freire, entender, desenvolver e promover capacidades de pensamento crítico na sua forma epistêmica, ocorre apenas quando as 4 capacidades “positivas”, relacionadas a um pensamento crítico legítimo, emergem. São elas: curiosidade intelectual/epistemológica, pluralidade na observação, profundidade na interpretação e argumentação fundamentada. Já as outras 4, ignorância intelectual/epistemológica, observação ingênua, pseudo-interpretação e ausência de argumentação, seriam aquelas capacidades não relacionadas a um pensamento crítico legítimo, mas a um pensamento ingênuo e coloquial. Assim, estamos identificando essas categorias como PC “negativas”. As categorias com suas descrições completas estão apresentadas no Quadro 1, a seguir.

Mas, desenvolver o pensamento crítico nos estudantes requer uma mudança na ação docente do professor, de forma a tornar o ambiente de sala de aula mais investigativo, interativo e dialógico. O trabalho de Tenreiro-Vieira e Vieira (2019) apresenta propostas didáticas para a educação em ciências no ensino fundamental, buscando relatar e analisar evidências de conhecimento científico, desenvolvimento de capacidades de pensamento crítico e a reflexão sobre valores pelos alunos, no contexto de questões ou problemáticas socialmente relevantes. Os resultados destacam propostas como artigos de opinião, mural de valores e posts sobre questões problemáticas atuais, como potencializadoras para promover a formação dos alunos em uma lógica de cidadania mais sustentável, ativa e reflexiva. Ao adotar essas abordagens educacionais, os alunos são incentivados a se engajar de maneira significativa, compreendendo a importância da ciência em suas vidas e tomando decisões informadas em relação a questões complexas que afetam a sociedade como um todo, capacidades essas relacionadas ao pensamento crítico.

Da mesma forma, pode-se dizer que atividades promotoras do pensamento crítico devem ser desenvolvidas de forma dialogada em sala de aula, contemplando componentes curriculares já existentes, propostas interdisciplinares e contextualizadas, as quais demandam do aluno aspectos associados às capacidades do pensamento crítico, como procurar alternativas e

tomar decisões, e uma das formas de promover esse contexto pode estar na utilização de estudos de casos (Silva et al., 2022).

Quadro 1. Categorias para análise do pensamento crítico (Freire, 2007)

Categoria	Descrições
<i>Curiosidade Intelectual/Epistemológica (PC-1)</i>	Um pensador crítico apresenta uma curiosidade incomum, um desejo de conhecer, de compreender os motivos, de ir além das explicações simplistas e reducionistas. Dentro dessa categoria de análise se enquadram pensamentos do tipo: “...não sei a resposta, mas gostaria de conhecer mais sobre o assunto...”, além de pensamentos semelhantes, que demonstrem interesse em conhecer mais.
<i>Ignorância Intelectual/Epistemológica (PC-2)</i>	A ignorância intelectual é justamente o oposto da curiosidade intelectual. Aquele indivíduo que se considera satisfeito com o que se depara, que não sente o desejo de conhecer e aprender mais, que realmente diz ignorar a resposta à alguma questão e não sentir necessidade interna da busca por respostas pode ser considerado um ignorante intelectual/epistemológico em relação ao assunto tratado.
<i>Pluralidade na observação (PC-3)</i>	A pessoa que consegue distanciar o olhar do fato que observa, não se envolvendo e ao mesmo tempo buscando explicações mais profundas. Observar um mesmo fato ou questão sob diferentes pontos de vista (por exemplo: econômico, social, educacional, científico, político, ambiental, tecnológico entre outros) torna o observador menos sujeito a ser tendencioso e a aceitar as opiniões e explicações facilmente.
<i>Observação Ingênua (PC-4)</i>	Diferentemente de uma observação plural, onde há mais de um aspecto sendo observado, num olhar ingênuo o indivíduo considera apenas aquilo que lhe interessa e/ou sobre o que ele tem conhecimento. Não há interesse por parte do observador em considerar outras opiniões, outras maneiras de encarar o fato, característico de quem ignora uma situação.
<i>Profundidade na interpretação (PC-5)</i>	Uma interpretação que se diga profunda precisa atentar que qualquer situação pode ser tendenciosa, apresentar argumentação lógica nas informações apresentadas. Isso inclui não apenas noções de lógica e construção de argumentos, mas de análise retórica também e ideias subjetivas, ou seja, interpretar aquilo e o que foi omitido.
<i>Pseudo interpretação (PC-6)</i>	Uma pseudo interpretação engloba aquele entendimento apenas do fato em si, ou seja, o indivíduo entende o que aconteceu e pensa que já conhece tudo sobre o ocorrido. Poderia também classificar uma interpretação da notícia, do fato, de um fenômeno desse tipo, como uma interpretação ingênua, de quem desconhece o assunto mais profundamente.
<i>Argumentação fundamentada (PC-7)</i>	Argumentação fundamentada é a verdadeira argumentação. Ou seja, aquela em que, além de apresentar seu argumento o indivíduo comprehenda e tenha clareza das razões daquela argumentação, ou seja, usa-se premissas, evidências para defender ou fundamentar a conclusão.
<i>Ausência de Argumentos (PC-8)</i>	É enquadrada nesta categoria a resposta que não apresenta argumentos a seu favor. As respostas que simplesmente permanecem no “achismo”. Aqueles que dizem “...eu penso que...” ou “...acho que é assim...”. Pode ser a opinião dos alunos, mas se ela não for justificada, ou seja, se não for dito o porquê de acreditar naquilo, a resposta será considerada sem argumentos. A ausência de evidências favoráveis à sua opinião torna um discurso fragilizado.

Fonte: Dos autores, baseado nas categorias de Freire (2007)

O Estudo de Caso (EC) é uma variante do PBL (*Problem Based Learning*) e é uma metodologia que incentiva os estudantes a serem mais autônomos em sua própria aprendizagem, enquanto exploram a ciência envolvida em situações relativamente complexas (Sá & Queiroz, 2010).

Segundo Sá e Queiroz (2010), o Estudo de Caso foi desenvolvido com o objetivo de colocar os estudantes em contato com problemas reais, a fim de proporcionar o desenvolvimento do pensamento crítico, habilidades diversas, entre elas a resolução de problemas, assim como a aprendizagem dos conceitos científicos. O Estudo de Caso consiste na utilização de narrativas sobre problemas vivenciados por personagens que necessitam tomar decisões importantes referentes a determinadas questões. Estas narrativas são denominadas de casos (Sá & Queiroz, 2010).

A Metodologia do estudo de caso representa uma abordagem educacional centrada no aluno, proporcionando a oportunidade ativa de desenvolver sua aprendizagem. Através da exploração de casos, que podem ser histórias reais ou fictícias do cotidiano, os alunos são desafiados a resolver dilemas, o que, por sua vez, fomenta o desenvolvimento de habilidades avançadas, como pensamento crítico, comunicação, resolução de problemas e colaboração.

Neste sentido, a metodologia de Estudo de Caso possibilita colocar os estudantes em contato com problemas, a fim de proporcionar o desenvolvimento da capacidade de pensamento crítico e de habilidades diversas, entre elas, a resolução de problemas, assim como a aprendizagem dos conceitos científicos (Sá & Queiroz, 2010; Martins et al., 2015; Benjamim & Sousa, 2021).

Segundo Silva et al., (2020), um fator de grande relevância na metodologia de EC está na elaboração do caso, de forma que ele seja elaborado já considerando a promoção de pensamento crítico, desde o seu início, ao contrário de apenas tentar identificar quais capacidades se encaixam posteriormente. Para os autores, quando se busca o desenvolvimento das capacidades de pensamento crítico, é essencial selecionar uma estratégia apropriada que permita aos estudantes praticar o uso dessas capacidades. A intencionalidade desempenha um papel crucial para assegurar que a metodologia e os conceitos abordados reflitam no desenvolvimento das capacidades de pensamento crítico.

O estudo de Gama et al. (2020), por exemplo, investigou como uma experiência implementada em aulas de Ciências contribuiu para o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos por meio de um estudo de caso intitulado "O Padeiro Atrapalhado" em conjunto com a estratégia cooperativa do "jigsaw". Para avaliar o pensamento crítico, as autoras utilizaram os indicadores propostos por Newman et al., (1995), que são: Relevância (R), Importância (I), Novidade (N), Conhecimento/Experiência (C/E), Ambiguidades (A), Associação de Ideias/Interpretação (A/I), Justificativa (J), Avaliação Crítica (A/C), Utilidade Prática (U/P), Extensão da Compreensão (EX). Para cada indicador, os autores propuseram um modelo de análise baseado em pares de indicadores positivos (+) e negativos (-), no qual os indicadores positivos indicam manifestações de pensamento crítico, e os indicadores negativos, manifestações de pensamento não crítico. Indicadores de pensamento crítico foram avaliados tanto no início quanto no final dessa atividade didática. A análise dos dados revela uma melhoria significativa nos indicadores de pensamento crítico, com ênfase nos indicadores de "Associação de Ideias" e "Avaliação Crítica". Com base nessas constatações, elas destacam que a integração de estudos de caso, juntamente com atividades cooperativas, especialmente o formato "jigsaw", desempenha um papel favorável no aprimoramento do

pensamento crítico, sendo uma abordagem adequada para o contexto do ensino básico de Ciências

Embora essa metodologia já se encontre bastante consolidada, novas pesquisas utilizando o estudo de caso têm sido realizadas para aprofundar nosso entendimento, enquanto pesquisadores e professores, sobre suas diversas potencialidades, bem como para aperfeiçoar o seu desenvolvimento em contexto real de sala e aula. Em uma revisão de literatura, por exemplo, Bernardi e Pazinato (2022) investigaram pesquisas que abordavam a utilização da metodologia de Estudo de Caso no contexto do Ensino de Química ao longo da última década (2010-2019), abordando seus objetivos, principais resultados e as percepções dos participantes envolvidos. Eles realizaram a busca pelos trabalhos em duas bases de dados: SciFinder e Education Resources Information Center (ERIC). Foi encontrado um total de 273 artigos, dos quais, por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, e selecionados 42 artigos que versam especificamente sobre a metodologia do EC no ensino de Química. Os autores relatam que os trabalhos são predominantemente centrados no ensino superior e abrangendo diversas subáreas da Química, com destaque para a Química Geral. Os resultados indicaram que o estudo de caso demonstra eficácia no desenvolvimento tanto de compreensão conceitual quanto de atitudes positivas nos estudantes. Esses objetivos incluem o aprimoramento de competências avançadas, tais como o pensamento crítico, a comunicação, a resolução de problemas, o trabalho colaborativo e o estímulo ao aumento da curiosidade e do envolvimento dos estudantes. Em relação às percepções dos envolvidos, apesar de certa resistência por parte de alguns professores, a maioria dos alunos aprova a utilização do EC em suas aulas.

Os autores ainda destacam que, embora a literatura indique que a maioria dos estudantes tende a aprovar a incorporação do Estudo de Caso nas aulas de Química, algumas percepções reportadas pelos professores discordam desse consenso. Eles citam o trabalho de Herreid (2013) que analisou determinadas respostas obtidas durante uma conferência online sobre o Estudo de Caso, onde ficou evidente a relutância de alguns educadores em adotar essa abordagem no ensino de Química. Alguns deles enfatizaram que evitam implementar a metodologia devido à percepção de que ela requer um investimento significativo de tempo, o que, por sua vez, pode dificultar contemplar o conteúdo estabelecido no currículo. Outros mencionaram que optam por não incorporar o EC devido à resistência demonstrada pelos estudantes em relação a novas abordagens de ensino que os desafiam a aprofundar seu pensamento.

Isso evidencia a relevância de elaborar e desenvolver essa metodologia no ensino superior de Química, principalmente no ensino de química orgânica, uma das áreas menos mencionadas nos trabalhos investigados na pesquisa de Bernardi e Pazzinato. Além disso, muitos estudos têm evidenciado as dificuldades conceituais apresentadas pelos estudantes quanto a conceitos base de química orgânica, muitas vezes advindo do ensino médio, mas, também, pelo processo de ensino e aprendizagem pouco instigante no ensino superior (Alves et al., 2021).

Ao elaborar um caso, é importante que ele faça com que o estudante se sinta familiarizado com o seu contexto e com os personagens envolvidos, pois isso facilita a compreensão dos

fatos, valores e contextos, além de impulsioná-los à busca de escolhas e posterior tomada de decisão. Em uma metodologia de ensino baseada no Estudo de Caso, há a possibilidade de o professor utilizar de casos prontos, encontrados na literatura, livros e sites, ou ainda, o docente pode produzir o seu próprio caso. Para isso, torna-se necessário elencar alguns aspectos importantes para a elaboração de um “bom caso”, segundo as concepções de Herreid (1998), ou seja: devem ter utilidade pedagógica; devem ser relevantes ao leitor; desperta o interesse pela questão; deve ser atual; é curto; provoca um conflito; cria empatia com os personagens; força uma decisão; possibilita generalizações; narra uma história; incluem citações.

Após o processo da elaboração do caso, é importante desenvolver algumas questões a seu respeito, a fim de auxiliar a tomada de decisão pelo estudante. A tomada de decisão está relacionada à solução do problema, a qual pode envolver aspectos sociais, ambientais, tecnológicos, econômicos e políticos. Neste sentido, o modelo normativo de tomada de decisão de Kortland (1996), apresentado na Figura 1, pode auxiliar, professor e aluno, no processo de resolução do caso. O professor, pois ele pode elaborar novas questões a partir do que já é proposto no modelo, e o estudante, que pode considerar essas ideias e questões norteadoras para encontrar novas informações e conhecimento para a resolução do caso proposto.

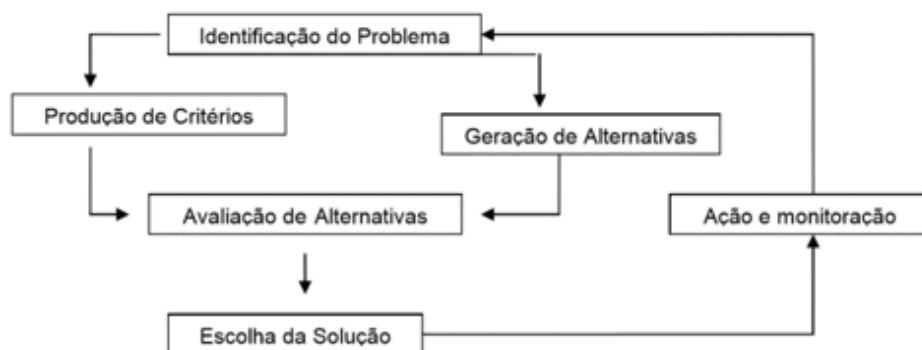


Figura 1. Modelo Normativo de Tomada de Decisão de Kortland (1996). Fonte: Kortland (1996). Tradução nossa.

Neste modelo, os critérios para avaliar as soluções alternativas são formulados com base na identificação do problema. As soluções geradas são analisadas segundo os referidos critérios, resultando em uma decisão sobre o que parece ser a melhor ou pior solução. Por fim, esses critérios são usados para monitorar os efeitos da decisão tomada.

O modelo de Kortland auxilia na tomada de decisão, pois é uma ferramenta que possibilita que o estudante organize suas ideias. Além disso, o modelo também pode contribuir, entre diversas habilidades cognitivas, para o desenvolvimento da habilidade da escrita.

A escrita pode ser utilizada como instrumento de aprendizagem, pois, segundo Oliveira (2009), realça a organização das ideias e do conhecimento. Segundo a autora, a discussão das ideias também é fundamental para o compartilhamento, socialização e esclarecimento do pensamento, além de auxiliar o desenvolvimento da habilidade de síntese.

Rivard e Straw (2000) afirmam que a aprendizagem aumenta quando a escrita e a discussão são trabalhadas em conjunto. Vale ressaltar que o discurso oral requer um esforço menor dos participantes, uma vez que as ideias são exploradas, geralmente, de forma coletiva. Por outro lado, o discurso escrito demanda maior esforço cognitivo do aluno, pois é mais convergente e focalizado. Ainda, o uso da escrita realça a construção pessoal do conhecimento. Rivard e Straw (2000) observaram que alunos que escrevem, demonstram ser mais objetivos e explícitos, são mais detalhistas e tendem a ser mais rigorosos em seu tratamento do tema.

Sendo assim, a construção da escrita científica é fundamental para que os alunos compreendam a linguagem científica e aprendam ciência. Assim, a escrita científica traduz o conhecimento científico e seus valores. Por esta razão, as ferramentas que possibilitam uma apropriação dessa linguagem devem ser amplamente utilizadas, já que facilitam a aprendizagem das Ciências e as interações na sala de aula.

Outros estudos têm empregado o Modelo de Kortland como uma ferramenta para orientar o pensamento dos estudantes. Um exemplo é o estudo conduzido por Silva et al. (2016), no qual eles criaram um Estudo de Caso para ser implementado em uma disciplina de Bioquímica oferecida no curso de Bacharelado em Química pelo Instituto de Química de São Carlos, na Universidade de São Paulo. Nesse estudo, os alunos utilizaram um questionário baseado no Modelo de Kortland para abordar a resolução do caso. As autoras relataram que os estudantes tiveram a oportunidade de realizar pesquisas e consultar diversas fontes de dados, aplicando critérios desenvolvidos por eles mesmos para solucionar o caso. Além disso, destacaram que a resolução do caso contribuiu para o desenvolvimento de conhecimento científico. Elas enfatizaram a importância da metodologia do estudo de caso e do Modelo de Kortland no ensino superior, apontando que esses recursos ainda são subutilizados.

Portanto, o Modelo de Kortland emerge como uma ferramenta valiosa para abordar situações problemáticas, auxiliando os alunos a identificarem o problema, promover, gerenciar e avaliar as alternativas, com o objetivo de tomar decisões fundamentadas. Isso pode ser discutido em diversos contextos, incluindo considerações relacionadas a outros contextos além do científico, como o ambiental e social. Neste estudo, o Modelo de Kortland não é apenas apresentado como uma orientação, mas também como um estímulo para o desenvolvimento das capacidades de pensamento crítico. Isso ocorre devido à estrutura organizada das etapas envolvidas, que exigem uma variedade de competências, especialmente quando combinadas com estratégias de ensino que promovem esse desenvolvimento, como o Estudo de Caso.

Metodologia de Pesquisa

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa qualitativa que, de acordo com Bogdan e Biklen (1994) é uma abordagem de investigação que se concentra na compreensão e na interpretação dos fenômenos sociais e humanos em seu contexto natural, e busca abordar a complexidade e a subjetividade dos fenômenos estudados, utilizando uma variedade de técnicas de coleta de dados, como entrevistas, observações participantes e análise de documentos. Ainda, pode-se considerar que contempla um estudo de caso, uma vez que buscou compreender um

fenômeno específico em profundidade, examinando-o em seu contexto natural e real, de forma a identificar tendências ou inferências, contribuindo para a construção de compreensões sobre os fenômenos investigado (Yin, 2010).

A disciplina

A disciplina teórica de Química Orgânica I (QOI), de um curso de Licenciatura em Química de uma Universidade Federal sul-mineira, foi desenvolvida, presencialmente, utilizando a metodologia de Estudo de Caso, de maneira contextualizada para além das questões científicas e tecnológicas, em outros âmbitos como sociais, ambientais e ético, em uma turma de 20 estudantes do 3º período do curso, em um período de um semestre letivo (17 semanas, com 3 aulas semanais sequenciais com duração total de 2:30 h). Durante as aulas, desenvolveram-se os seguintes conteúdos: hidrocarbonetos, haletos orgânicos, aromáticos, os quais foram abordadas as regras de nomenclatura, as propriedades físico-químicas, as reações de substituição e adição envolvendo mecanismos radicalares e iônicos, além de estereoquímica, análise conformacional e o caráter ácido e básico dos compostos orgânicos.

Na primeira aula, durante a apresentação da disciplina, foi explicitada a metodologia de ensino Estudo de Caso e foram apresentadas, aos estudantes, as atividades que dariam suporte para a resolução do caso. A ferramenta guia para orientar a resolução do caso, bem como para avaliar a evolução do aprendizado dos estudantes foi apresentada (Figura 2). O modelo, elaborado por Sá e Queiróz (2010), baseado no modelo de Kortland, trata-se de um questionário com 9 questões, que tem como principal objetivo facilitar a tomada de decisão, por parte dos estudantes.

Vale ressaltar que, ao longo da disciplina, foram elaboradas três versões de resposta ao modelo pelos grupos de estudantes. As respostas foram elaboradas pelos grupos, formado por três estudantes cada, sob a forma de um texto corrido, ou seja, um relato.

Após a apresentação da disciplina, ao final da primeira aula, os estudantes foram separados em duplas e foi solicitado que respondessem a uma atividade. Nesta, os alunos precisavam responder a 3 questões, a fim de solucionar o pequeno problema apresentado na atividade. O intuito dessa atividade foi fazer com que os estudantes compreendessem o que seria um caso e as diferentes maneiras de chegar a uma solução referente ao problema. A correção desta atividade ocorreu em sala, em forma de discussão.

Na terceira aula, após a ministração dos conteúdos iniciados na segunda aula, foi entregue aos discentes, um questionário prévio a fim de identificar seus conhecimentos iniciais sobre o tema das aulas. Nesta aula, os textos contendo a narrativa dos casos, Figura 3 (um dos cinco casos elaborados), foram disponibilizados aos discentes e eles se dividiram em grupos. É importante salientar que havia 5 grupos, inicialmente, mas que, devido a evasão de alguns estudantes da disciplina, os próprios discentes se reorganizaram nos grupos, de modo que, ao final, havia 4 grupos no total (grupo 1, grupo 2, grupo 3 e grupo 4).

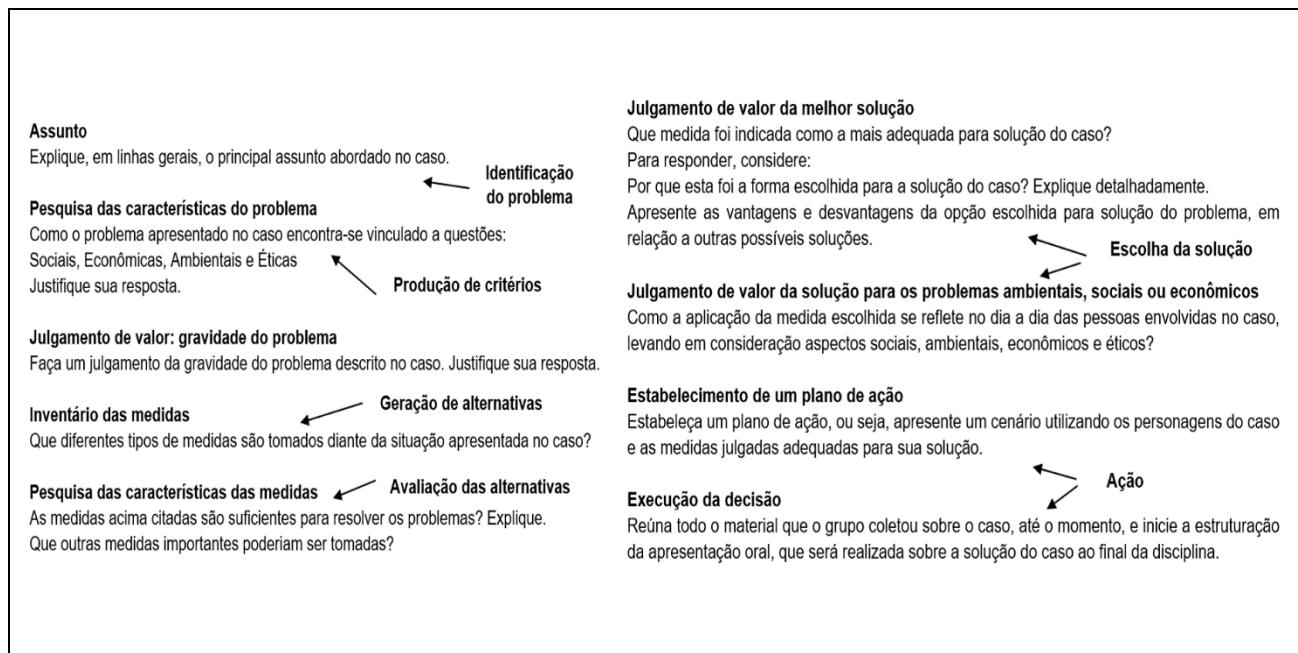


Figura 2. Questões elaboradas para os estudantes considerarem na resolução do caso. Fonte: Baseado em Sá e Queiroz (2010).

Nas aulas 4 e 5 foram ministrados conceitos de acidez e basicidade em compostos orgânicos, bem como a teoria da ressonância. Antes da ministração dos conteúdos estereoquímica (aulas 6 e 7), reações de adição (aula 9) e aromaticidade (aulas 10 e 11), foram disponibilizados aos estudantes um estudo dirigido apresentando de 3 a 4 perguntas. Para os conteúdos referentes à estereoquímica e às reações de adição, as questões foram elaboradas com base em 2 artigos científicos previamente disponibilizados aos estudantes.

Os estudos dirigidos serviram como base para que a professora pudesse mediar uma discussão referente ao conteúdo no início de cada uma das aulas supracitadas. Ainda, a atividade teve como objetivo auxiliar os estudantes na compreensão dos conceitos importantes para a resolução do caso.

As aulas 14 e 15 foram destinadas às apresentações orais da resolução do caso. Ainda, nestas aulas, foi solicitado aos estudantes que respondessem a um questionário de avaliação da disciplina. Vale esclarecer que as aulas nas quais ocorrerão as avaliações tradicionais não foram enumeradas. As aulas 8 e 12 foram utilizadas para realização de avaliações escritas, as quais, juntamente com a resolução do caso, apresentada oralmente e de forma escrita, iriam compor a nota final dos estudantes.

Ainda, os estudantes tinham acesso a orientações de uma monitora (discente já aprovada nas disciplinas de Química Orgânica da matriz curricular do curso de Licenciatura em Química, autora deste trabalho) em momentos extraclasse, para orientar as etapas a serem realizadas durante o processo de resolução dos casos.

O Estudo de Caso foi elaborado por dois professores da área de Química Orgânica, uma professora da área de Ensino de Química e a discente monitora. O problema central abordado no caso tratava-se de um personagem infectado com o vírus da febre amarela. Assim, a partir de um conjunto de reagentes específicos, os estudantes precisariam propor uma rota para

sintetizar compostos aromáticos dissubstituídos contendo grupo alquila como um possível medicamento para a cura da febre amarela, denominada ao longo do texto de síntese.

Caso: Febre Amarela

Paulo é aluno do segundo período do curso de Licenciatura em Química. Recentemente seu pai, Roberto, foi infectado pela febre amarela, mas está lentamente se recuperando com o tratamento dos sintomas.

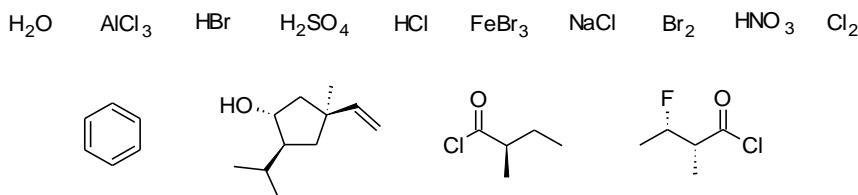
Dante a situação de seu pai, Paulo decidiu se informar mais a respeito da doença, e, entre uma leitura e outra, encontrou a seguinte reportagem no Jornal Estado de São Paulo:

"O aumento de casos de febre amarela no Estado de São Paulo desencadeou uma série de ações para buscar meios de tratar a doença e produzir avanços na identificação de áreas que podem ser atingidas pelo vírus. Depois dos transplantes de fígado em pessoas que desenvolveram a forma grave da doença, realizados no Hospital das Clínicas e na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pacientes de São Paulo e Minas Gerais começaram neste mês a receber tratamento com um remédio para hepatite C, técnica que será estudada por pesquisadores dos dois Estados para ver se é possível começar a tratar a doença utilizando medicamentos. A febre amarela não tem tratamento específico." (01/02/2018)

Interessado pelo assunto, Paulo conversou com o seu orientador a respeito da febre amarela e o questionou sobre a possibilidade de sintetizar algum fármaco para combater a doença.

O seu orientador entusiasmado com o assunto fez a seguinte proposta:

- Paulo, minha linha de pesquisa não envolve síntese de fármacos, todavia já li e participei de congressos que relatam a ação de compostos aromáticos dissubstituídos contendo grupo alquila como potenciais fármacos. Assim, eu proponho que montemos um núcleo de estudos com você e os seus colegas do curso, e, caso haja disposição em estudar o assunto, podemos sintetizá-los e buscar uma parceria com fabricantes de fármacos para realizarmos os testes biológicos. Tenho alguns reagentes no laboratório no qual podem ser utilizados:



Paulo, assim como seus colegas de curso, ficou muito satisfeito com a proposta do núcleo e, depois de confirmada a parceria entre os estudantes e o professor orientador, iniciaram-se as pesquisas. Vocês serão os discentes participantes deste núcleo de estudos e serão responsáveis, assim como Paulo, por propor uma síntese de compostos aromáticos dissubstituídos que serão testados, posteriormente, contra a febre amarela.

Figura 3. Estudo de Caso entregue para um dos grupos de estudantes. Fonte: Adaptado de Fernandes (2018 p. 54).

Foram elaborados 5 casos, um para cada grupo de estudantes, os quais se diferenciaram apenas no conjunto de reagentes disponibilizados para síntese de compostos aromáticos dissubstituídos. Os conteúdos desenvolvidos durante a disciplina foram essenciais para uma resolução mais fidedigna e cientificamente fundamentada pelos estudantes ao final do estudo.

Destaca-se que, conforme defendem Silva et al., (2020), o caso foi elaborado considerando um contexto de promoção de pensamento crítico, de forma que tais capacidades pudessem ser potencializadas.

As três versões respondidas pelos estudantes foram utilizadas como fonte de dados para responder aos objetivos desta pesquisa. Ressalta-se que os grupos elaboraram textos corridos com suas propostas de soluções, utilizando as questões propostas na Figura 2 para se orientar. A primeira versão foi elaborada pelos estudantes antes da ministração dos conteúdos específicos de reações químicas. A segunda versão foi produzida após as aulas de reações de substituição em haletos e estereoquímica. A terceira e última versão antecedeu a apresentação oral dos trabalhos, momento nos quais os conteúdos referentes as reações de adição em alcenos e alcinos, e substituição em aromáticos, fundamentais para a resolução do EC, já haviam sido ministrados.

Análise dos modelos de Kortland apresentados pelos estudantes

Os textos contendo as respostas desenvolvidas pelos estudantes, para as questões elaboradas para as três versões do Modelo de Kortland, a partir de agora denominadas Versão 1, Versão 2 e Versão 3 do Modelo de Kortland, foram analisadas na perspectiva do nível de pensamento crítico (PC) manifestado, conforme apresentado no Quadro 2, a seguir.

Para isso, utilizamos da metodologia de análise de conteúdo, apresentada por Bardin (2011), a qual contempla a pré-análise; a exploração do material e o tratamento e, a interpretação dos resultados. A pré-análise correspondeu à organização do material, ou seja, as respostas dos grupos às duas versões do Modelo de Kortland, compondo o corpus da pesquisa. Nesta etapa, escolheram-se os documentos, formularam-se hipóteses e elaboraram-se indicadores que nortearam a interpretação final. No momento da exploração do material, codificaram-se os dados, os quais foram transformados sistematicamente e agrupados em unidades, propondo-se categorias de análises. A etapa seguinte, tratamento e interpretação dos dados, compreendeu a codificação e a inferência dos dados obtidos. Na etapa de interpretação dos dados, retornou-se ao referencial teórico, a fim de embasar as análises, dando sentido à interpretação.

Nesse trabalho, foram utilizadas categorias *a priori* e categorias emergentes. As primeiras correspondem a construções que o pesquisador elabora antes de realizar a análise propriamente dita dos dados, provindas das teorias em que fundamenta o trabalho e são obtidas por métodos dedutivos. As categorias emergentes, por sua vez, são construções teóricas elaboradas a partir das informações do *corpus* dos textos (Bardin, 2011).

Assim, para analisar os dados, utilizamos as categorias à priori propostas por Freire (2007), abordadas no referencial teórico. Elas estão apresentadas na primeira coluna do Quadro 2.

Quadro 2. Categorias utilizadas para análise dos modelos de Kortland segundo o Pensamento Crítico.

Categorias	Níveis	Descrição
Curiosidade Intelectual/ Epistemológica (PC-1)	N1	Aquele indivíduo que se considera satisfeito com as informações que se depara; que não sente o desejo de conhecer e aprender mais, não sente necessidade interna da busca por respostas. Aceita as informações/ explicações sem questioná-las.
	N2	Busca por informações e explicações, mas não faz buscas por conhecimentos mais aprofundados e fundamentados; ou seja, o indivíduo possui curiosidade, mas não chega a ser uma curiosidade intelectual/ epistemológica devido à superficialidade da busca por informações.
	N3	O indivíduo questiona as informações e explicações que lhes são apresentadas; sente necessidade interna da busca por respostas e, assim, por conhecimentos mais aprofundados e fundamentados. Possui honestidade intelectual, ou seja, está disposto a reformular suas posições diante de novas informações, além de ter perspectivas múltiplas ao examinar questões (CARRAHER, 1983) ¹ .
Pluralidade Observação (PC-2)	N1	Diferentemente de uma observação plural, por meio de um olhar ingênuo, o indivíduo considera apenas aquilo que lhe interessa e/ou o que ele tem conhecimento. Não há interesse por parte do indivíduo em considerar outras opiniões, outras maneiras de encarar o fato. O observador desconhece o assunto e em consequência disso não tem condições de averiguar através de diferentes pontos de vista aquele fenômeno ou fato.
	N2	O observador possui conhecimento moderado do assunto, e averigua o fato ou questão sob poucos pontos de vista, ou seja, a observação de um fato ou fenômeno de maneira contextualizada em duas óticas diferentes: Científica e Tecnologia, Científica e Social, Científica e Ambiental, Tecnologia e Social, Tecnologia e Ambiental ou Social e Ambiental.
	N3	O indivíduo apresenta conhecimento sobre o assunto, buscando aprofundá-lo e observa um mesmo fato ou questão sob diferentes pontos de vista. A observação de um fato ou fenômeno se dá por meio da combinação de 3 a 4 óticas de contextualização citadas anteriormente.
Profundidade Interpretação (PC-3)	N1	O indivíduo entende o fato/ informação e considera este conhecimento suficiente, ou seja, apenas toma conhecimento dos fatos. É uma interpretação ingênua e superficial, no qual pode ser denominada de pseudo-interpretação. Uma pseudo-interpretação engloba o entendimento apenas do fato em si, ou seja, é caracterizada como uma pseudo-interpretação, aquela interpretação que não busca informações além do que foi noticiado.
	N2	O indivíduo leva em consideração a tendenciosidade nas informações e por isso busca por referenciais. Todavia, apresentam dificuldades para interpretar profundamente os fatos/informações pesquisadas, resultando no desenvolvimento de argumentos mais simples.
	N3	O indivíduo crítico leva em consideração a tendenciosidade nas informações no momento de interpretar e analisar o fato, buscando sempre novos referenciais. Consegue interpretar aquilo que foi dito e também aquilo que foi omitido, ou seja, consegue observar bem e interpretar de forma profunda as informações e ideias subjetivas. Manifesta lógica nas informações e nos argumentos apresentados.

Continua

¹ Carraher, D. W. (1983). Senso crítico: do dia-a-dia às ciências humanas. Cengage Learning Editores

Continuação

Argumentação Fundamentada (PC-4)	N1	A falta de poder argumentativo reflete um nível baixo de pensamento crítico. A ausência de argumentação é uma falha no processo do uso do pensamento crítico, o que pode ser decorrente de um pensamento crítico não tão bem desenvolvido. São consideradas nesta categoria as respostas que não apresentam argumentos, ou seja, apresentam um conjunto de informações sem conclusões ou pareceres.
	N2	Respostas que apresentam argumentos, mas não são bem fundamentados, ou seja, apresentam um conjunto de informações e conclusões baseadas em suposições. Devido ao desconhecimento de determinado assunto, o indivíduo tenta explicar algo tendo em consideração apenas o que acha sobre o tema.
	N3	Respostas que apresentam argumentos simples, ou seja, apresentam um conjunto de informações não aprofundadas e conclusões simplórias, todavia, não são informações e conclusões baseadas em suposições. O indivíduo conhece o assunto e contextualiza-o com questões sociais, ambientais e tecnológicas, porém, a abordagem “Científica” apresenta-se descontextualizadas das demais. Reiterando o exposto, a “Ciência” aparece no corpo do texto, mas não fundamenta os argumentos.
	N4	Apresenta um conjunto de afirmações que inclui conclusão. Ao apresentar um argumento, usam-se premissas, evidências e informações para defender ou fundamentar esta conclusão. O indivíduo consegue convencer os outros de sua opinião por apresentar informações verídicas de maneira organizada, aprofundada, porém de fácil compreensão. Ainda, nesta subcategoria foram considerados afirmações e argumentos que apresentaram contextualização nas 4 óticas: Científica, Tecnológica, Ambiental e Social.

Fonte: Extraído de Fernandes (2018, p.47-48; adaptado de Freire, 2007).

No entanto, é importante destacar que, após a leitura flutuante, conforme pode ser evidenciado no Quadro 2 e na Figura 4, optamos por utilizar apenas as 4 categorias “positivas” de PC, ou seja, aquelas que realmente expressam o legítimo pensamento crítico manifestado; que são, Curiosidade Intelectual/ Epistemológica (PC-1); Pluralidade na Observação (PC-2); Profundidade na Interpretação (PC-3); Argumentação Fundamentada (PC-4).

Neste sentido, por estarmos analisando a contribuição do Estudo de Caso na promoção do PC, optamos por não utilizar as 4 categorias “negativas” (ignorância intelectual/epistemológica, observação ingênua, pseudo-interpretação e ausência de argumentação), mas elaborar subcategorias que identificariam o estágio/nível de PC que o grupo de indivíduos se encontrava naquele momento do seu envolvimento no aprendizado. Assim, foram criadas 3 subcategorias para as categorias Curiosidade Intelectual/ Epistemológica (PC1); Pluralidade na observação (PC2) e Profundidade na Interpretação (PC3). As subcategorias são denominadas de N1, N2 e N3, e apresentam um nível hierárquico de manifestação do PC. Já para a categoria Argumentação Fundamentada (PC-4), talvez pela elevada demanda cognitiva da categoria, relacionada à argumentação, foi necessário criar 4 subcategorias (N1, N2, N3 e N4). Embora para esta pesquisa não tenhamos identificado, nos grupos apresentados, o nível N1 de PC, em outras pesquisas que realizamos, essa subcategoria se manifestou, justificando a sua pertinência para pesquisas dessa natureza.

Destaca-se que as categorias propostas e a análise dos dados passaram por validação pelo grupo de pesquisa de uma das professoras envolvidas no trabalho.

É importante destacar que não foi objetivo deste trabalho analisar os erros conceituais que os estudantes apresentaram em suas repostas para os Modelos de Kortland, sendo estes equívocos sanados pela professora durante as apresentações orais do caso. As apresentações orais referentes ao caso também não foram analisadas neste trabalho.

Para facilitar a interpretação e visualização do nível de PC manifestado pelos estudantes durante o Estudo de Caso, utilizou-se de um recurso matemático. Para cada uma das subcategorias de cada categoria de PC, foi atribuída uma numeração/pontuação crescente de PC, uma vez que os níveis representam o aumento da exigência de pensamento crítico do estudante para a resposta aos Modelos de Kortland. Ou seja, quando o PC dos estudantes se adequa ao nível N1 de determinada categoria de PC, equivale ao número/pontuação 1; quando se adequa ao nível N2, equivale a numeração/pontuação 2; ao nível N3, equivale a 3 e, nível N4 equivale a 4, conforme ilustrado na Figura 4. Assim, após a análise dos modelos de Kortland, foi realizada a soma dos números/valores atribuídos às subcategorias obtidas, que indicará o nível de pensamento crítico promovido pelo grupo de estudantes para aquela categoria de PC. Essas somas variam de 4, quando temos, por exemplo as respostas classificadas em PC-1/N1, PC-2/N1, PC-3/N1 e PC-4/N1; até 13, quando as respostas são classificadas nos maiores subníveis de cada PC, ou seja, PC-1/N3, PC-2/N3, PC-3/N3 e PC-4/N4. Assim, quanto maior for o resultado da soma, mais desenvolvido é o pensamento crítico daquele grupo de estudantes.

Assim, um aluno cuja soma das categorias equivale a 13, apresenta um nível elevado de pensamento crítico e, um aluno cujo resultado foi 4, não apresenta o pensamento crítico bem desenvolvido. A Figura 4 representa os valores numéricos atribuídos para cada PC.

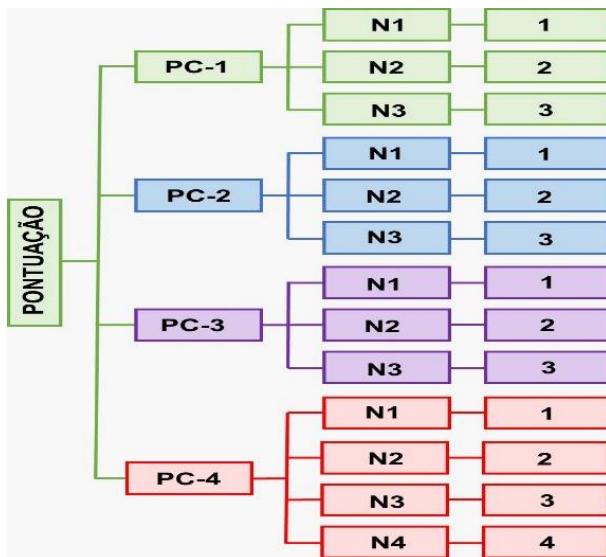


Figura 4. Valores atribuídos para cada nível de pensamento crítico, segundo cada categoria. Fonte: Dos Autores, adaptado do Fernandes et al. (2019, p.6).

Ainda, o Caso proposto para a disciplina foi analisado segundo os critérios para um bom caso, proposto por Herreid (1998), apresentando anteriormente no referencial teórico.

Resultados e discussões

Análise do Caso Proposto

Ainda, de forma a investigar se o caso elaborado pelos docentes e pela monitora poderia ser considerado um bom caso, de forma a contemplar uma resolução pelos estudantes com respostas abrangendo os aspectos da contextualização sob a ótica Científica e Tecnologia, ele foi analisado e categorizado segundo os critérios característicos de um bom caso, conforme as concepções de Herreid (1998). A Figura 5 mostra que todos os critérios propostos foram contemplados, o que justifica considerá-lo um bom caso.

O caso apresentou utilidade pedagógica, uma vez que o seu principal objetivo era que os estudantes propusessem a síntese de obtenção de compostos aromáticos dissubstituídos contendo grupo alquila como um possível medicamento para o tratamento da febre amarela, a partir de um conjunto de reagentes específicos apresentados no caso.

Desta forma, para a resolução do caso, foi necessário que os estudantes tivessem conhecimento da maioria o conteúdo desenvolvido ao longo do semestre. Ainda, o caso requeria dos estudantes, um olhar mais crítico e abrangente sobre a ciência e sua relação com a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente.

Portanto, como utilidade pedagógica entende-se, não só a aprendizagem dos conteúdos de química orgânica, mas, também, de habilidades de resolução de problemas, pluralidade na observação, de argumentação etc. Ainda, o caso foi relevante ao leitor, pois envolveu um problema real, enfrentado pela realidade vivenciada pelos estudantes na cidade: a febre amarela.

O problema foi bem planejado, pois se tratou de um assunto pertinente à cultura social dos estudantes, proporcionando envolvimento na busca pela sua solução, possibilitando que eles elucidassem os conhecimentos anteriormente construídos sobre o assunto. Assim, o caso não só foi relevante, como também parece ter despertado o interesse dos estudantes pela questão a ser resolvida.

Além disso, por ser um problema atual, o estudante pôde ser capaz de perceber a sua importância, se sentindo responsável por tomar uma decisão com urgência e seriedade.

O caso foi curto e provocou um conflito. Por incluir citações e narrar uma história contendo drama, a situação descrita no caso pode ser compreendida melhor e os personagens ganharam mais empatia pelos estudantes, de modo que as características e situações escolhidas para os personagens pudessem influenciar na decisão tomada pelos discentes.

Todos esses aspectos, aliados à intencionalidade de promoção de pensamento crítico durante a elaboração do caso, podem ter contribuído para a promoção do PC pelos estudantes, conforme será discutido a seguir.

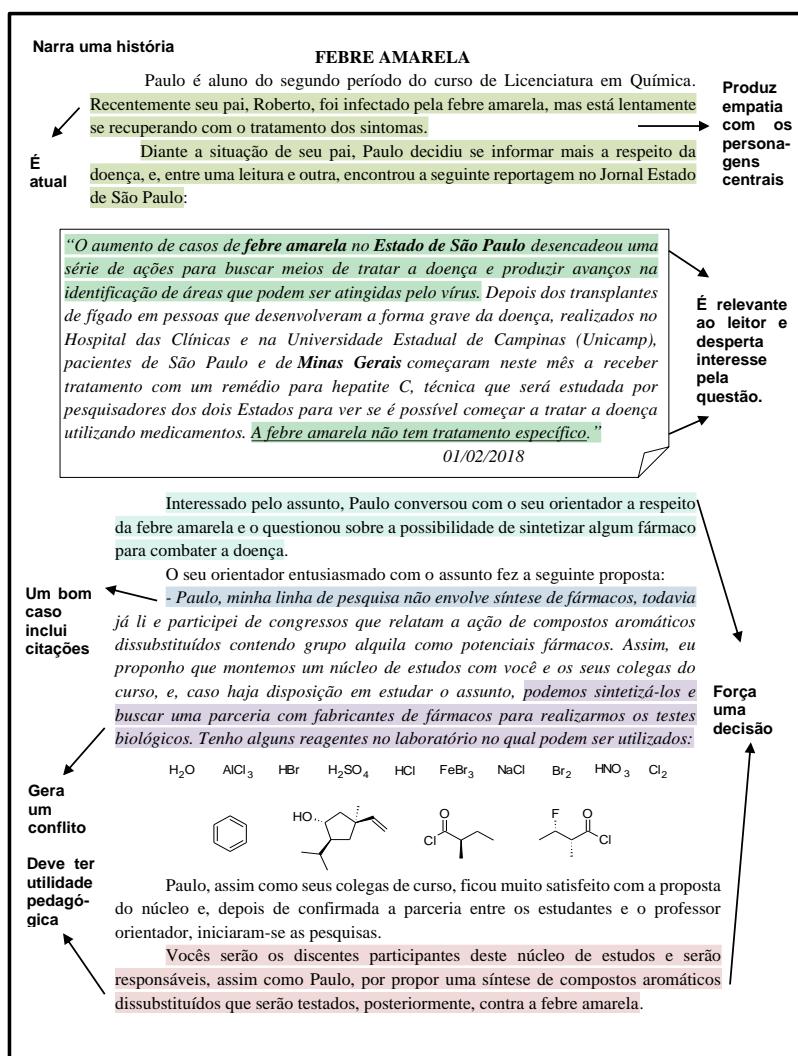


Figura 5. Análise do Caso Proposto. Fonte: Dos Autores

Análise dos Modelos de Kortland segundo o Pensamento Crítico desenvolvido pelos estudantes

A partir desta ideia de como um indivíduo crítico pensaria diante de uma situação, os Modelos de Kortland foram analisados e categorizados segundo os níveis de pensamento crítico propostos e os resultados estão apresentados na Tabela 1, a seguir.

Pode-se observar, por meio da Tabela 1, que os estudantes encontraram dificuldades para conseguir desenvolver relações mais complexas em suas respostas para a primeira versão do Modelo de Kortland, sendo elas classificadas nos níveis N1 e N2 de pensamento crítico. Sendo assim, todos os grupos apresentaram as mesmas classificações e pontuações de PC para as 4 categorias. Isso era de certa forma esperado, já que os estudantes estavam tendo contato com os Modelos de Kortland e com a metodologia de Estudo de Caso pela primeira vez, o que pode ter ocasionado em certa dificuldade de se projetarem para a busca por soluções e para a tomada de decisões para o problema apresentado. Essas capacidades são características do

PC e exigem uma atitude investigadora e autônoma do estudante, como argumentam Freire (2007) e Tenreiro (2004) e Tenreiro e Vieira (2019). Vale destacar, ainda, que os conteúdos programáticos estavam sendo iniciados. Assim, os discentes não possuíam os conhecimentos necessários para resolver o problema de forma mais crítica.

Tabela 1. Análises dos Modelos de Kortland segundo os níveis de PC (extraído e adaptado do Fernandes et al., 2019, p.7).

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4		
Versão	Categoria/nível	Soma	Categoria/nível	Soma	Categoria/nível	Soma
I	PC-1/ N2		PC-1/ N2		PC-1/ N2	
	PC-2/ N2	7	PC-2/ N2	7	PC-2/ N2	7
	PC-3/ N1		PC-3/ N1		PC-3/ N1	
	PC-4/ N2		PC-4/ N2		PC-4/ N2	
II	PC-1/ N2		PC-1/ N2		PC-1/ N2	
	PC-2/ N3	10	PC-2/ N2	8	PC-2/ N2	7
	PC-3/ N2		PC-3/ N2		PC-3/ N1	
	PC-4/ N3		PC-4/ N2		PC-4/ N2	
III	PC-1/ N3		PC-1/ N3		PC-1/ N2	
	PC-2/ N3	11	PC-2/ N3	13	PC-2/ N3	10
	PC-3/ N2		PC-3/ N3		PC-3/ N2	
	PC-4/ N3		PC-4/ N4		PC-4/ N3	

Fonte: Dos autores

A primeira categoria (PC-1), por exemplo, buscava analisar a curiosidade intelectual/epistemológica manifestada pelos estudantes. Por meio dela foi possível observar que, para primeira versão do Modelo de Kortland, os estudantes buscaram por informações e explicações além daquelas apresentadas no caso, todavia, não realizaram buscas aprofundadas para fundamentar suas respostas, sendo elas classificadas no nível N2.

Ainda, a curiosidade intelectual/epistemológica é caracterizada pela busca por conhecimentos mais aprofundados e fundamentados e abrange características como a honestidade intelectual, ou seja, ao examinar uma situação, o indivíduo está disposto a reformular suas opiniões diante de novas informações e multiplicidade de perspectivas, diferentemente da curiosidade, que se caracteriza apenas pela busca por informações, de forma mais superficial (Freire, 2007; Silva et al., 2018).

O exemplo a seguir ilustra um trecho extraído da primeira versão do Modelo de Kortland.

“De acordo com o Ministério da Saúde, de julho de 2017 até fevereiro de 2018, foram registrados 1098 casos de febre amarela no Brasil, sendo que 340 afetados vieram a óbito. (...) O governo brasileiro, todos os anos, investe em campanhas de conscientização, em visitas de agentes, vacinação e tratamento da febre amarela. Isso representa um gasto significativo para os cofres públicos (...).” (Grupo 1)

O exemplo indica que houve a busca por informações a respeito do problema, evidenciando que o grupo de estudantes apresentou curiosidade sobre o tema, mas, devido à superficialidade dessa busca, não foi possível considerá-la como uma curiosidade intelectual/epistemológica na sua totalidade.

A busca aprofundada por informações e conhecimentos é essencial para que os indivíduos desenvolvam um olhar mais plural e mais crítico em relação aos fatos, situações e fenômenos. Assim,

“Um estudante que busca aprofundar seu conhecimento poderá desenvolver com mais facilidade habilidades de observação, levantamento de hipótese, resolução de problemas, argumentação, criticidade, etc. Com isso, a concepção de curiosidade intelectual/epistemológica pode ser compreendida como um dos primeiros “passos” para o desenvolvimento das habilidades características do pensamento crítico” (Fernandes, 2018, p.102).

A 2^a categoria (PC-2) buscou analisar a pluralidade nas observações. Todos os grupos apresentaram os mesmos resultados, tendo suas respostas também classificadas no nível N2. Como a busca pela informação/conhecimento ocorreu de maneira mais superficial, o conhecimento em relação ao problema pode ser considerado como moderado. Como consequência, as observações realizadas ocorreram sob poucos pontos de vista. O exemplo a seguir apresenta exemplos de PC que reiteram o exposto:

“A febre amarela é uma doença muito grave que pode levar o indivíduo a óbito, e como não tem cura específica, demora muito para ser tratada. Devido a esses motivos, em cidades onde há o surto da doença, os hospitais e postos de saúde ficam sempre cheios (...) e a falta de recursos (...) acarreta na má qualidade desses centros de saúde.” (Grupo 4)

Quando o indivíduo possui um olhar crítico bem desenvolvido, ele é capaz de observar um mesmo fato ou questão sob diferentes pontos de vista, tornando-se menos sujeito a aceitar as opiniões e explicações facilmente. Essa pluralidade de olhares só é possível àquele que tem um conhecimento mínimo sobre o assunto ou que deseja conhecê-lo (Freire, 2007).

O que pôde ser observado, entretanto, foi que os grupos não conseguiram estabelecer relações do problema com outros aspectos, além dos sociais e ambientais. Averiguou-se, ainda, que os estudantes apresentaram dificuldades para fundamentar suas respostas com conceitos científicos, o que pode ser consequência deste “conhecimento moderado” sobre o assunto, o que demonstra que o grupo não tinha, ainda, um olhar crítico bem desenvolvido.

O enfoque contextualizado do caso apresentava possibilidade de observação do fato por diferentes óticas, além da científica, como a social e a ambiental. No entanto, muitos professores ainda planejam e desenvolvem suas aulas priorizando o desenvolvimento do conteúdo científico, em detrimento de suas relações com outros contextos, o que pode

contribuir para um olhar mais neutro, aproblemático e descontextualizado das ciências pelos estudantes, dificultando o desenvolvimento de um pensamento mais crítico (Cachapuz et. al, 2005). Marcondes et. al, 2009 argumentam que envolver os estudantes em questões de ordem ambiental, política, ética contribui para o rompimento desse tipo de pensamento e consequentemente, para o seu nível de criticidade. Assim, a vivência dos licenciandos envolvidos nesta pesquisa, com aulas menos problematizadoras durante a sua formação, pode ter contribuído para essas dificuldades iniciais.

A 3^a categoria, PC-3, teve como objetivo analisar a profundidade na interpretação das informações. Para isso, era necessário que os grupos se atentassem a aspectos como tendenciosidade das informações e subjetividade das ideias.

Observou-se que os grupos não apresentaram uma interpretação aprofundada do tema, ou seja, apenas tomaram conhecimento dos fatos, tendo suas respostas classificadas no nível N1. Assim, o que ocorreu foi uma pseudo-interpretação, englobando o entendimento e aceitação apenas do fato em si, não levando em conta a tendenciosidade das informações apresentadas. Isso pode ocorrer quando o estudante não consegue interpretar as ideias subjetivas presentes em diversas informações e, também, quando há a dificuldade em observar um mesmo fato ou questão sob diferentes pontos de vista, conforme já argumentava Freire (2007).

A 4^a categoria, PC-4, diz respeito à fundamentação dos argumentos utilizados pelos estudantes. Para análise dos Modelos de Kortland, considerara-se como “argumentação fundamentada”, argumentos que apresentaram evidências que conduziram àquela conclusão. No entanto, as respostas à primeira versão do modelo de Kortland ainda apresentavam um conjunto de informações e conclusões baseadas em suposições e conhecimentos populares, observações pouco plurais, pseudo-interpretação dos fatos e desconhecimento de determinados conceitos, sendo classificadas no nível N2. O exemplo a seguir mostra o exposto.

“A princípio, a medida mais eficaz a ser tomada no combate da febre amarela é a vacinação da população, uma vez que apenas uma dose é suficiente para prevenir a doença durante a vida toda. Pesquisas comprovam que sua eficácia é de 99% (...) Além das medias relacionadas à medicina, o combate à febre amarela pode ser feito impedindo que o vetor da doença se reproduza, eliminando focos de água parada.” (Grupo 2)

Por meio do problema apresentado no caso, era esperado que os estudantes identificassem a gravidade da doença, a necessidade de investimento em campanhas de sensibilização, a vacinação, a falta de recursos em hospitais e postos de saúde etc. No que concerne às questões ambientais, os discentes poderiam discorrer sobre o acúmulo de água parada como fator para proliferação de mosquitos transmissores da doença, a morte de macacos como indicador da doença em determinadas regiões, questões como falta de saneamento básico etc.

Para isso, os estudantes precisariam realizar pesquisas para ampliar seus olhares e fundamentar seus argumentos. A pesquisa é uma etapa importante, pois permite ao estudante compreender a situação/problema sob diversos pontos de vista e a estabelecer relações entre o conhecimento científico com outras questões relacionadas, como à sociedade, à tecnologia e ao meio ambiente, por exemplo como já destacam Silva et al., (2022); Cachapuz et al (2005), Hodson (2002), entre outros pesquisadores.

Quando observamos os resultados da análise da segunda versão do Modelo de Kortland, Tabela 1, nota-se uma evolução nos resultados dos grupos 1 e 2 (as somas variaram de 7 para 10 e 7 para 8, respectivamente), entretanto, os grupos 4 e 5 apresentaram resultados iguais aos da primeira versão (as somas se mantiveram em 7).

O grupo 1 foi o que apresentou maior pontuação para a segunda versão do Modelo de Kortland. Isso mostra que, ao longo da disciplina, conforme os conteúdos de Química Orgânica e as demais atividades foram sendo desenvolvidos e ao passo que os estudantes frequentavam as monitorias, os discentes desenvolveram capacidades características de um pensamento mais crítico.

Alguns exemplos retirados da segunda versão do Modelo de Kortland encontram-se a seguir:

“De acordo com o artigo Investigações sobre a forma de descarte de medicamentos vencidos, (...) não possuímos no Brasil uma orientação sobre o descarte de medicamentos. (...) Assim, é importante estabelecer quais resíduos serão produzidos durante os estudos em laboratório e na síntese do medicamento, e qual a forma mais adequada para descartá-los. (...) A reutilização dos componentes (...) pode diminuir o custo do medicamento, resultando em um preço mais acessível. Por último, (...) é um grande dilema a forma como serão realizados os testes: se serão usados em animais, (...) ou se será usada a química computacional (...) que ainda não se mostra tão eficiente quanto aos testes em seres vivos.” (Grupo 1)

Neste trecho é possível observar que foram realizadas algumas pesquisas para fundamentar os argumentos desenvolvidos, contribuindo para evoluções das categorias Profundidade na Interpretação (de N1 na versão 1 para N2 na versão 2) e Argumentação Fundamentada (de N2 na Versão 1 para N3 na versão 2). Entendemos um argumento como um conjunto de afirmações e/ou inferências que inclui, pelo menos, um dado, uma justificativa e uma conclusão (Toulmin, 2006; Ferraz & Sasseron, 2017). Ao apresentar um argumento, usam-se premissas e evidências para defender ou fundamentar a conclusão. Este aspecto pode ser observado nesta versão do Modelo de Kortland do Grupo 1.

Ainda nesta segunda versão, percebemos que os estudantes também apresentaram curiosidade epistemológica, mas ainda parecem aceitar as informações que lhes são apresentadas, uma vez que encontram dificuldades em rever suas ideias iniciais e examinar essas questões de forma múltipla, o que ocasionou na classificação de suas respostas novamente na categoria N2. No entanto, já apresentam alguns dilemas, mesmo que ainda pouco desenvolvidos, mas que se mostram potencial para a promoção de uma verdadeira curiosidade epistemológica, como mostra o exemplo anterior do Grupo 1.

Outros exemplos de algumas melhoras e mudanças nas respostas dos grupos para a segunda versão do Modelo de Kortland podem ser vistos a seguir.

“A questão econômica está vinculada aos gastos com a vacinação e campanhas. Ainda, 34 países da África e 13 da América Central e do Sul, ou são endêmicos, ou têm zonas de febre amarela endêmicas. Com isso podemos concluir que as áreas mais afetadas são, também, os países mais pobres.” (Grupo 4).

“O risco da doença mudou diante do impacto das mudanças climáticas, dos deslocamentos populacionais e desmatamento. Dentro também das questões ambientais está a morte de macacos pela doença e pela ação humana.” (Grupo 4).

Podemos observar que os integrantes do grupo 4 estabeleceram relações entre o problema e os aspectos relacionados às questões sociais, econômicas e ambientais, todavia, não justificaram suas afirmações, o que pode ser caracterizado como um pseudo-interpretiação (PC3-N1) Por exemplo, por que as regiões de países mais pobres e de maior densidade demográfica são também os mais afetados pela doença? Ou ainda, por que o desmatamento, as mudanças climáticas e o deslocamento populacional, aumentaram o risco de contração da doença?

Tal fato foi, de certa forma, esperado, já que os estudantes passaram a pesquisar mais sobre a doença a partir desta versão do Modelo de Kortland, no entanto, os níveis de exigência para as respostas da segunda versão passaram a ser maiores em relação à primeira versão, tanto no que concerne à disciplina como à pesquisa, já que mais conhecimentos haviam sido abordados, o que pode ter ocasionado na classificação de algumas capacidades de PC nos mesmos níveis em ambas as versões.

Averiguou-se ainda que o grupo 3 não conseguiu identificar a relação científica do problema apresentado com outros contextos, direcionando suas ideias e propostas apenas à síntese do fármaco, ou seja, somente ciência. Isso ocasionou na classificação da Pluralidade na Observação no nível N2, assim como na primeira versão.

Para a segunda versão do Modelo de Kortland, esperava-se que os alunos realizassem novas pesquisas, de forma mais criteriosa e também mais voltada para a síntese do fármaco; ou seja, além de pesquisarem sobre a doença, os seus sintomas e tratamentos, era esperado que os discentes buscassem referenciais que os auxiliassem a dar início à resolução do caso de forma científica. Neste momento, os estudantes já estavam capacitados para proporem os passos iniciais da síntese. No entanto, 3 grupos não conseguiram reunir o material coletado sobre o caso para dar início à síntese. O grupo 1 foi o único que apresentou informações sobre a doença, fazendo menção ao problema abordado no caso. Contudo, o grupo não buscou referenciais que os auxiliassem na resolução deste problema.

Diversas pesquisas argumentam em favor de abordagens e metodologias de ensino que potencializem o papel do estudante como investigador de um problema, de forma a contribuir para a sua formação mais crítica e reflexiva sobre situações cotidianas. Lipman (1990) já mencionava que apresentar um resultado de investigação, não torna o estudante um investigador. Essa ação está apenas instruindo-o.

Ao investigar um problema, o estudante precisa propor hipóteses, buscar e selecionar informações, criticar posicionamentos de outros de forma contextualizada, argumentar, entre outras habilidades, as quais estão intrinsecamente relacionadas ao pensamento crítico. Além disso, tais ações podem contribuir para o desenvolvimento da autonomia do estudante, colocando-o como agente ativo de seu aprendizado e de suas ações perante a problemas da sociedade (Benjamin & Sousa, 2021; Franco & Munford, 2020, Tenreiro Vieira & Vieria, 2019).

Por fim, todos os grupos apresentaram melhorias significativas na terceira versão do Modelo de Kortland com relação ao desenvolvimento do PC (somas iguais a 11, 13, 10 e 9, respectivamente para os grupos 1, 2, 3 e 4). Isso pode ter ocorrido porque a última versão foi

realizada ao final da disciplina, quando todos os conteúdos haviam sido lecionados e após meses de orientação para a resolução do caso e elaboração do Modelo de Kortland.

Por exemplo, observou-se que os grupos, ao apresentarem seus argumentos no Modelo de Kortland, utilizaram premissas e evidências para defender ou fundamentar suas conclusões. Além disso, os discentes foram mais convincentes em seus argumentos, resultando no que Freire (2007) denominou como argumentação eficiente, que é, em suma, uma argumentação na qual o indivíduo consegue convencer os outros de sua opinião por apresentar informações verídicas de maneira organizada e de fácil compreensão (categoria PC-4, nível N4, para o Grupo 2).

A seguir é apresentado um trecho retirado do Modelo de Kortland para exemplificar o exposto:

“(...) Fazendo essas pesquisas, vimos que a hepatite C apresenta algumas semelhanças com a febre amarela, pois nos dois casos a doença afeta o fígado. Por isso partimos da molécula do Sovaldi, medicamento utilizado contra a hepatite C. (...) Mas com tantos reagentes, por que escolhemos nitrar? Como podemos observar, a fórmula do composto Sovaldi apresenta muito nitrogênio e oxigênio e o HNO₃ disponibiliza muito isso.” (Grupo 2)

Nesta última versão, os estudantes apresentaram a resolução completa do caso, evidenciando e explicando cada uma das etapas da síntese do fármaco. Assim, na terceira versão do Modelo de Kortland, pôde-se observar a presença da abordagem científica, contextualizada com as demais abordagens, o que possibilitou a classificação das capacidades de PC Pluralidade na Observação em níveis mais elevados, como mostra a Tabela 1. Ou seja, a dificuldade em observar um mesmo fato ou questão sob diferentes pontos de vista, manifestada nas primeiras versões do Modelo de Kortland, diminuiu nesta última versão.

Portanto, analisando os resultados, pode-se observar que os discentes desenvolveram diversas capacidades características do PC: passaram a observar melhor os fatos, analisar cuidadosamente as informações sob diferentes pontos de vista e a elaborar argumentos melhor fundamentados, o que mostra que novas pesquisas para fundamentar seus argumentos foram realizadas, contribuindo para um olhar mais crítico sobre o problema, conforme já argumentam Silva et.al (2018).

A pluralidade de olhares sobre um determinado problema ou situação, pode indicar o conhecimento prévio que o estudante possui sobre o tema e assim, possibilitar que ele se posicione sobre ele. Além disso, observar um mesmo fato ou questão sob diferentes pontos de vista, como econômico, social, ambiental, científico e político, são características de um pensamento crítico, conforme já argumentam Freire (2007) e Tenreiro Vieira e Vieira (2013).

Algumas capacidades de PC mais elevadas não foram observadas para alguns grupos, como a Curiosidade Epistemológica para os grupos 3 e 4, por exemplo.

Isso pode ter ocorrido devido ao final de semestre, já que os estudantes ficaram sobrecarregados de provas, recuperações, seminários etc. não tendo disponibilidade para executar as tarefas propostas em todas as disciplinas. A realização de atividades de caráter problematizador e contextualizado, como o Estudo de Caso, requer um tempo maior para sua

realização, pois envolve atividades mais criteriosas, e que demanda mais envolvimento e autonomia (Silva et al., 2020).

Identificar como o problema se encontrava vinculado a questões sociais, ambientais, éticas e econômicas, é um ponto importante, pois motiva o aluno a buscar conhecer o problema sob diferentes pontos de vista, contribuindo para que os estudantes desenvolvam pluralidade em suas observações. Ainda, os estudantes que conseguem analisar uma situação ou um problema sob um enfoque mais amplo, tornam-se mais indagadores e criteriosos em suas análises, conforme já argumentavam Silva et al. (2016). Por isso a importância de os estudantes realizarem as três versões do Modelo de Kortland, o que possibilitou retomar e refletir sobre as ideias inicialmente manifestadas nas versões iniciais e reelaborá-las de forma mais criteriosa.

Para esta última versão do modelo, esperava-se também que os alunos apresentassem um texto dissertativo contextualizando os resultados obtidos com os personagens envolvidos no caso, ou seja, como a escolha do grupo afetou o dia a dia dos personagens e abordassem questões como: o que é a febre amarela, quais os seus principais sintomas, os tratamentos existentes, apresentassem as possíveis medidas para a resolução do caso, explanassem sobre como a decisão foi executada pelo grupo, mostrassem todos os mecanismos de reação da síntese, discutindo cada uma das etapas presentes, discorressem sobre os produtos e subprodutos formados, justificassem a escolha dos reagentes. No entanto, foram observadas dificuldades pelos estudantes para elaborar um texto com essas características e que apresentasse um raciocínio lógico na escrita.

Observou-se por exemplo, que o grupo 4 não introduziu o assunto, ou seja, não discorreu sobre a febre amarela, os principais sintomas e os possíveis tratamentos. Os integrantes justificaram as escolhas dos reagentes, todavia, não discutiram sobre os produtos e subprodutos gerados e suas implicações para a sociedade e o meio ambiente. Ainda, não apresentam os mecanismos de reação da síntese.

O grupo 3, também não dissertou sobre o que é a febre amarela, os principais sintomas e os possíveis tratamentos. Os integrantes do grupo apresentaram dificuldades para contextualizar o problema com os personagens envolvidos no caso e não justificam as escolhas dos reagentes. Há, no texto redigido pelos estudantes, uma discussão acerca dos produtos e subprodutos gerados, porém não discorrem sobre suas implicações para a sociedade e o meio ambiente, afirmando apenas que estes resíduos são prejudiciais ao meio ambiente e não apresentaram os mecanismos de reação da síntese, conforme pode ser visto no trecho a seguir.

“Ao fazer as reações percebemos que houve a formação de ácidos, no caso o H_2SO_4 e o HCl, que teriam que ser retirados da solução. Primeiramente podemos retirar o ácido por decantação, fazer uma neutralização e assim descartar de forma eficaz e consciente. Para retirar o HCl poderia ser feito uma destilação e então ser borbulhado em água, podendo ser reutilizado em laboratórios de ensino ou mandados para o resíduo para ele não ser descartado em lugares inadequados, que pudesse vir a contaminar o meio”

O grupo 1 apresentou dificuldades para contextualizar o problema com os personagens envolvidos no caso. Não foram descritas a maneira e as razões para escolha da decisão tomada

por eles. Apesar de apresentarem as reações da síntese do fármaco, algumas etapas foram omitidas e não foram discutidas, ou seja, não houve justificativa da escolha dos reagentes, tampouco discutem a respeito dos produtos e subprodutos formados e suas implicações para a sociedade e o meio ambiente. A Figura 6, a seguir, ilustra o exposto:

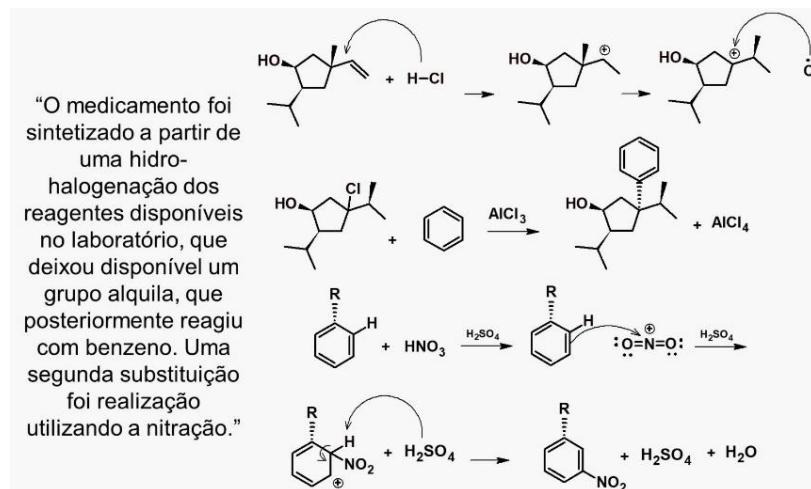


Figura 6. Trecho retirado da terceira versão do Modelo de Kortland do Grupo 1 referente ao critério 2. Fonte: Extraído de Fernandes (2018, p. 98).

A figura 6 apresenta erros e ocultação de etapas dos mecanismos das reações, os quais foram discutidos durante a apresentação oral da resolução do EC. Os alunos do Grupo 1 ilustraram um mixto de mecanismo e equações globais. Na primeira equação, o sentido da seta que ilustra o ataque do HCl a ligação insaturada do álcool está invertido, há ausência da ilustração do rearranjo do carbocátion, a transformação de um carbocátion secundário em outro secundário ao invés da expansão da cadeia cíclica. Na segunda equação, estão ausentes as setas do mecanismo, a etapa de atuação do catalisador e sua restauração ao final da reação e a formação de isômeros. Na terceira equação, foi ocultada a reação entre o HNO₃ e o H₂SO₄ para a geração do eletrófilo NO₂ e a formação da H₂O. Na quarta equação, o H₂SO₄ que reage com o hidrogênio presente no benzeno não pode ser molecular. Essa etapa ocorre através da protonação da H₂O. Por fim, o isômero ilustrado na reação de nitração não é o majoritário, uma vez que o substituinte presente no anel aromático não é orientador *meta*, além de inicialmente realizar a substituição na posição *ortho*.

Um dos motivos que podem justificar a proposição de textos com poucas justificativas e argumentos fundamentados, aliados às dificuldades conceituais e capacidades de pensamento crítico ainda pouco desenvolvidas para o problema proposto, está na elaboração de um texto escrito. É sabido que a escrita exige uma demanda cognitiva maior que a oralidade, pois exige que o indivíduo busque por informações, selecione as mais relevantes, realize sínteses, argumentando de forma clara objetiva para o leitor que terá acesso ao seu texto (Rivard & Straw, 2020; Suart & Marcondes, 2018, 2022). Isso evidencia a necessidade de promovermos a habilidade de escrita na formação de nossos estudantes, por meio de metodologias e abordagens que potencializem a argumentação científica e seus valores, promovendo a apropriação dessas habilidades por nossos estudantes.

Diferentemente, o grupo 2 apresentou uma introdução referente a febre amarela, mencionando os principais sintomas e tratamentos existentes, contextualizando o caso para o leitor. Os integrantes do grupo apresentaram as possíveis medidas para a solução do caso, expondo a maneira como a decisão foi executada pelo grupo. Mostraram todos os mecanismos de reações da síntese, discutindo cada uma das etapas presentes, e, também, discorreram sobre os produtos e subprodutos formados, justificando a escolha dos reagentes. O grupo buscou contextualizar os resultados obtidos com os personagens envolvidos no caso, o que evidencia capacidades de pensamento crítico classificadas em níveis elevados de PC (N3 e N4).

As discussões abordadas apresentaram relação com as questões sociais, ambientais, tecnológicas, econômicas e éticas. Assim, observou-se a presença de relações das ciências com outros contextos, como o ambiental e social, no texto dos estudantes.

Assim, após as análises das três versões do modelo de Kortland, consideramos que, a partir do segundo momento, os estudantes começaram a se envolver mais com o caso apresentando, buscando por mais informações que justificassem e fundamentassem suas escolhas, atuando como investigadores em sala de aula. Ainda, a relação dos conceitos científicos para resolução da síntese do fármaco passou a se associar mais com outros contextos, como o ambiental e social, nas versões 2 e 3 do modelo, o que mostra a preocupação dos estudantes em defenderem seus argumentos considerando múltiplos fatores. Tais evoluções estão associadas ao caso, que contribuiu para o envolvimento dos estudantes em sua resolução, bem como às aulas ministradas pela professora e, de forma bastante relevante, às monitorias, que foram um espaço no qual os estudantes eram indagados e confrontados quanto as respostas dadas aos referidos modelos. Outra ação de grande relevância e contribuição está nos textos científicos que foram disponibilizados para discussão. Ferreira et al. (2012) destacam a importância de se trabalhar com textos científicos no ensino superior, de forma a promover o uso e a apropriação da linguagem científica e consequentemente, do pensamento crítico.

Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo investigar quais capacidades de pensamento crítico são manifestadas por licenciandos em Química, por meio da escrita, durante a resolução de um Estudo de Caso. O caso abordava a síntese orgânica de um medicamento contra a febre amarela, bem como instigava sobre suas relações com outros contextos, como o social e o ambiental. O caso foi analisado e contemplou as características de um bom caso proposto por Herreid e parece ter contribuído para o envolvimento dos estudantes em sua resolução. Destaca-se aqui a temática do caso, a febre amarela, representando um problema real e sempre tão atual no contexto brasileiro, infelizmente.

A promoção do pensamento crítico pelos estudantes foi analisada por meio de suas respostas à três versões do Modelo Normativo de Tomada de Decisão de Kortland. Foram utilizadas categorias que contemplavam diferentes capacidades essenciais de uma pessoa que pensa de forma crítica. São elas: ter curiosidade intelectual/epistemológica sobre o assunto ou fato;

observar de forma ampla e plural o fato ou assunto; interpretar de forma aprofundada aquilo que está posto; e, por fim, argumentar de modo fundamentado sobre o assunto.

Por meio dos resultados foi observado que os grupos apresentaram níveis inferiores de pensamento crítico nas primeiras versões do modelo, que foram se elevando conforme o conteúdo foi sendo desenvolvido pela professora regente, bem como o apoio de artigos científicos para a fundamentação das ideias e as orientações da monitora.

Ainda, os dados referentes às análises do pensamento crítico indicaram que o Estudo de Caso colocou o estudante ativo na busca por informações que os auxiliariam na resolução do problema, possibilitando o desenvolvimento de diversas habilidades e capacidades, tais como pesquisar, ampliar os conhecimentos, analisar um fato ou fenômeno sob diversos pontos de vista, trabalhar em equipe, levantar hipótese, argumentar, criticar, dialogar e propor soluções para diversos problemas, sendo estas capacidades, características essenciais de um pensamento crítico.

Entre as dificuldades encontradas, está a habilidade de escrita e argumentação. É importante ressaltar que muitos alunos ingressam na universidade com habilidades de escrita e interpretação pouco desenvolvidas devido a deficiências no ensino fundamental e médio, como mostram vários indicadores nacionais e internacionais. A falta de prática na redação de textos argumentativos pode resultar em dificuldades na expressão clara e coesa de ideias, bem como na organização lógica dos argumentos; potencializados pela complexidade da linguagem técnica e conceitual da Química, conforme evidenciados, principalmente na primeira versão.

Outra dificuldade foi apresentada pelos estudantes para realizarem relações entre os conceitos científicos e outros contextos nas primeiras versões do modelo. Essas capacidades são essenciais para a promoção do pensamento crítico, uma vez que o indivíduo começa a superar um olhar ingênuo sobre determinada situação e passa a considerar uma observação mais plural sobre a situação, considerando e criticando os diferentes pontos de vista de forma fundamentada, seja cientificamente, mas também socialmente, ambientalmente e eticamente, por exemplo.

Ainda é importante considerar que os estudantes também não estavam familiarizados com a metodologia de estudos de caso, a qual demanda uma maior autonomia e responsabilidade pelo seu aprendizado. Assim, embora tenham se envolvido, fazerem as relações desejadas neste trabalho não se demonstrou ação de fácil assimilação, o que pode indicar que mais oportunidades como essa e desenvolvimento de outros recursos e metodologias no ensino superior, precisam estar mais presentes.

Consideramos que utilizar Estudo de Caso como metodologia de ensino e aprendizagem de diversos conteúdos requer um tempo maior para ser desenvolvido, pois é necessário, primeiro, desenvolver o caso, para depois poder utilizá-lo na aula. Desenvolver estratégias de ensino baseadas em perspectivas contextualizadas e problematizadoras, também requer um tempo maior para ser efetuada. Assim, uma das principais críticas referente à disciplina analisada diz respeito ao baixo número de créditos das aulas e elevado conteúdo conceitual.

Aspectos que nos levam a pensar sobre os reais objetivos formativos de diversos cursos de Química.

Ainda, averiguamos que a metodologia de ensino Estudo de Caso parece ter resultado em reflexões da professora regente da disciplina, uma das autoras desse trabalho, sobre a sua postura. Para ela, romper com as aulas tradicionais não é um exercício fácil, mas necessário, pois a preocupação com a ministração dos conteúdos ainda vigora. No caso específico desse estudo, se a professora retomasse mais vezes a questão problema do EC durante as aulas ao longo do período letivo, poderia ter tornado a aula mais investigativa e dialogada. Poderia ainda, ter empregado mais artigos científicos, além dos que abordaram no conteúdo estereoquímica e reações de adição em alcenos e alcinos, pois foi uma estratégia que contribuiu para a evolução do PC.

Assim, consideramos que estudos como esse possam contribuir para que novas pesquisas sejam desenvolvidas, de forma a contemplar o estudo de caso, associado à escrita, para a resolução de um problema de relevância social, como o apresentado neste trabalho, potencializando o aprendizado de conhecimentos científicos pelos estudantes e o desenvolvimento do pensamento crítico. Ressaltamos ainda a importância de ações dessa natureza nos cursos de licenciatura em Química, de forma a colocar os estudantes diante de abordagens diferenciadas de ensino, podendo promover o desenvolvimento de habilidades essenciais para a sua futura atuação docente e, também, social, como a autonomia e a responsabilidade.

Por fim, entendemos que discussões dessa natureza também deveriam estar presentes nos cursos de formação contínua no Ensino Superior e em parcerias com professores de diferentes áreas, como a apresentada neste trabalho. Ou seja, uma parceria entre professores de Química Orgânica e professores do Ensino de Química, em busca por alternativas mais significativas para o aprendizado dos estudantes, o que poderia resultar, inclusive, em diminuição na taxa e retenção, uma vez que, estando ativo e percebendo seu aprendizado sendo construído, o estudante se motiva a continuar a sua caminhada rumo à uma formação mais ativa, crítica e reflexiva.

Referências

- Alves, N. B., Sangiago, F. A., & Pastoriza, B. S. (2021). Dificuldades no ensino e na aprendizagem de química orgânica do ensino superior: Estudo de caso em duas universidades federais. *Química Nova*, 44(6), 773–782. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170708>
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Benjamim, A. G. A. N., & Sousa, R. S. (2021). Estudo de caso no ensino de ciências: De sua descrição à reivindicação de uma educação química humanística. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 11(1), 152–171. <https://doi.org/10.31512/encitec.v11i1.387>
- Bernardi, F., & Pazinato, M. O. (2022). Estudo de caso no ensino de Química: Um panorama das pesquisas na área. *Revista Insignare Scientia*, 5(2), 221–236. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n2.12999>
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos* (M. J. Alvarez, Trad.). Porto Editora. <https://ria.ufrn.br/jspui/handle/123456789/1119>

- Cachapuz, A., Gil-Pérez, D., Carvalho, A. M. P., Praia, J., & Vilches, A. (Orgs.). (2005). *A necessária renovação do ensino de ciências*. Cortez. <https://www.researchgate.net/publication/291833015>
- Cantanhede, S. C. S., Rizzatti, I. M., & Cantanhede, L. B. (2022). Panorama do ensino de Química sob a perspectiva CTSA no cenário brasileiro: Uma análise qualitativa a partir do software IRAMUTEQ. *Revista Iberoamericana de ciencia, tecnologia e sociedad*, 17 (n. extra 1), 272–302. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8739098>
- Conselho Nacional de Educação. (2001). *Parecer CNE/CES 1.303/2001: Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de Química*. Ministério da Educação. <http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/130301Quimica.pdf> <http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/130301Quimica.pdf>
- Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44–48. https://files.ascd.org/staticfiles/ascd/pdf/journals/ed_lead/el_198510_ennis.pdf
- Fernandes, C. G. (2018). *Análise das contribuições de um estudo de caso utilizado em uma disciplina de Química Orgânica como estratégia para desenvolver o pensamento crítico em licenciandos em Química* [Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Lavras].
- Fernandes, C. G., Souza, J. A., Stuart, R. C., & Thomasi, S. S. (2019). *Estudo de caso como estratégia para desenvolver o pensamento crítico em licenciandos em Química*. Anais do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). <https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R1510-1.pdf>
- Ferraz, A. T., & Sasseron, L. H. (2017). Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 22(1), 42–60. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n1p42>
- Ferreira, L. N., Imasato, H., & Queiroz, S. L. (2012). Textos de divulgação científica no ensino superior de Química: Aplicação em uma disciplina de Química Estrutural. *Educación Química*, 23(1), 49–54. <https://www.researchgate.net/publication/322359570>
- Franco, L. G., & Munford, D. (2020). O ensino de ciências por investigação em construção: Possibilidades de articulações entre os domínios conceitual, epistêmico e social do conhecimento científico em sala de aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 687–719. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u687719>
- Freire, L. I. F. (2007). *Pensamento crítico, enfoque educacional CTS e o ensino de química* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina]. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89901/245569.pdf>
- Freire, P. (1986). *Educação como prática da liberdade* (17a. ed.). Paz e Terra.
- Gama, T. V., Santos, A. R., & Queiroz, S. L. (2020). Estudo de caso e aprendizagem cooperativa: Contribuições para o desenvolvimento do pensamento crítico na educação básica. *Revista Experiências em Ensino de Ciências*, 15(2), 1-21. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/712>
- Herreid, C. F. (1998). What makes a good case? *Journal of College Science Teaching*, 27(3), 163–169. <http://www.ecsb.org/wp-content/uploads/2016/09/What-Makes-a-Good-Case.pdf>
- Herreid, C. F. (2013). ConfChem conference on case-based studies in Chemical education: The future of case study teaching in science. *Journal of Chemical Education*, 90(2), 256–257. <https://doi.org/10.1021/ed2008125>
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541–566. <https://doi.org/10.1080/0950069920140506>
- Kortland, K. (1996). An STS case study about students' decision making on the waste issue. *Science Education*, 80(6), 673–689. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199611\)80:6<673::AID-SCE3>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199611)80:6<673::AID-SCE3>3.0.CO;2-G)

- Lima, J. F. L., Pina, M. S. L., Barbosa, R. M. N., & Jófoli, Z. M. S. (2000). A contextualização no ensino de cinética química. *Química Nova na Escola*, 11, 26–29.
<http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc11/v11a06.pdf>
- Lipman, M. (1991). *Thinking in education*. Cambridge University Press.
- Lorieri, M. A. (2002). *Filosofia: Fundamentos e métodos. Filosofia no ensino fundamental*. Cortez.
- Marcondes, M. E. R., do Carmo, M. P., Suart, R. C., da Silva, E. L., Souza, F. L., Santos Júnior, J. B., & Akahoshi, L. H. (2009). Materiais instrucionais numa perspectiva CTSA: Uma análise de unidades didáticas produzidas por professores de Química em formação continuada. *Investigações em Ensino de Ciências*, 14(2), 281–298. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/359/226>
- Martins, E. L., Ferreira, D. L., Raposo, E. O., & Freitas, N. M. S. (2015). Vivência em cenários reais: Contribuições do estudo de caso no ensino de ciências. *Latin American Journal of Science Education*, 1, 21/21. http://www.lajse.org/may15/12121_Lisboa.pdf
- Oliveira, C. M. A. D. (2009). *Do discurso oral ao texto escrito nas aulas de ciências* [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-06082010-161307/pt-br.php>
- Paul, R. W. (1993). *Critical thinking – What every person needs to survive in a rapidly changing world* (3a. ed.). Foundation for Critical Thinking.
- Rivard, L. P., & Straw, S. B. (2000). The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. *Science Education*, 84(5), 566–593. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200009\)84:5<566::AID-SCE2>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200009)84:5<566::AID-SCE2>3.0.CO;2-U)
- Sá, L. P., & Queiroz, S. L. (2010). *Estudo de casos no ensino de Química* (2a. ed.). Átomo.
- Siegel, H. (1989). The rationality of science, critical thinking, and science education. *Synthese*, 80(1), 9–41. <https://www.researchgate.net/publication/226143745>
- Silva, D. G., Leal, V. L., Canduri, F., & Queiroz, S. L. (2016). Modelo de tomada de decisão de Kortland no delineamento de atividade didática para o ensino de bioquímica. *Revista de Graduação, USP*, 1(2), 89–93. <https://doi.org/10.11606/issn.2525-376X.vi1p89-93>
- Silva, E. L., Santiago, O. P., & Vieira, R. M. (2022). Pensamento crítico em uma sequência de ensino-aprendizagem com orientação Ciência-Tecnologia-Sociedade tratando da temática combustíveis. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 240–259.
http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen21/REEC_21_2_5_ex1854_612.pdf
- Silva, L. H. B., Silva, E. L., & Francisco, W. (2020). Construção de caso investigativo de laboratório para a promoção do pensamento crítico em aulas de química. *Poiesis*, 14(26), 420–437.
<https://doi.org/10.19177/prppge.v14e262020420-437>
- Silva, P. B., Cavalcante, P. S., Menezes, M. G., Ferreira, A. G., & Souza, F. N. (2018). O valor pedagógico da curiosidade científica dos estudantes. *Química Nova na Escola*, 40(4), 241–248.
<https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160130>
- Suart, R. C., & Marcondes, M. E. R. (2018). O processo de reflexão orientada na formação inicial de um licenciando de Química visando o ensino por investigação e a promoção da alfabetização científica. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 20, 1–28.
<https://doi.org/10.1590/1983-21172018200106>
- Suart, R. C., & Marcondes, M. E. R. (2022). O processo de reflexão orientada como metodologia para a formação inicial docente: Proposta para a promoção da alfabetização científica por meio da abordagem de ensino por investigação. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(2), 93–115 <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n2p93>
- Tenreiro-Vieira, C. (2004). Produção e avaliação de atividades de aprendizagem de ciências para promover o pensamento crítico dos alunos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33(6), 1–18.
<https://rieoi.org/historico/deloslectores/708.PDF>
- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. (2019). Promover o pensamento crítico em ciências na escolaridade básica: Propostas e desafios. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 15(1).
[http://200.21.104.25/latinoamericana/downloads/Latinoamericana15\(1\)_3.pdf](http://200.21.104.25/latinoamericana/downloads/Latinoamericana15(1)_3.pdf)

- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. M. (2000). *Promover o pensamento crítico dos alunos: Propostas concretas para a sala de aula*. Porto Editora.
- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. M. (2013). Literacia e pensamento crítico: Um referencial para a educação em ciências e em matemática. *Revista Brasileira de Educação*, 18(52), 163–246.
<https://doi.org/10.1590/S1413-24782013000100010>
- Toulmin, S. E. (2006). *Os usos do argumento*. Martins Fontes.
- Wartha, E. J., Silva, E. D., & Bejarano, N. R. R. (2013). Cotidiano e contextualização no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 35(2), 84–91. http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf
- Yin, R. K. (2010). *Estudo de caso: Planejamento e métodos* (4a. ed.). Bookman.