

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**O MÉTODO ESTUDO DE CASO ALIADO À TEMÁTICA
FÁRMACOS NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA NO NÍVEL
SUPERIOR**

FLÁVIA MAGGIONI BERNARDI

ORIENTADOR: MAURÍCIUS SELVERO PAZINATO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Porto Alegre, janeiro de 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

FLÁVIA MAGGIONI BERNARDI

**O MÉTODO ESTUDO DE CASO ALIADO À TEMÁTICA
FÁRMACOS NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA NO NÍVEL
SUPERIOR**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a
obtenção do grau de Mestre em Química.

Prof. Dr. Maurícus Selvero Pazinato
Orientador

Porto Alegre, janeiro de 2022.

A presente dissertação foi realizada inteiramente pela autora, exceto as colaborações as quais serão devidamente citadas nos agradecimentos, no período entre julho de 2019 e janeiro de 2022, no Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob Orientação do Professor Doutor Maurícus Selvero Pazinato. A dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Química pela seguinte banca examinadora:

Comissão Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Salete Linhares Queiroz

Prof^a. Dr^a. Camila Greff Passos

Prof. Dr. Aloir Antônio Merlo

Prof. Dr. Maurícus Selvero
Pazinato

Flávia Maggioni Bernardi

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Maurícius, por toda atenção e paciência, pela amizade e trocas de ensinamentos e por acreditar em mim e me incentivar em todo o período do mestrado.

Aos membros do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química (GPEQ) da UFRGS, pelas trocas, contribuições e ensinamentos.

A todos e todas que passaram por mim nesses anos de UFRGS e deixaram lembranças boas e aprendizados.

A Luisa e ao Mateus, pela amizade, pelo incentivo e por sempre vibrarem as minhas conquistas comigo.

A minha família, pelo amor e apoio de sempre.

Ao meu dindo Moacir e ao meu vô Loreno, por me lembrarem de que a vida é leve e deve ser vivida devagar e com atenção.

Aos professores da banca, pela leitura deste trabalho.

À agência financiadora CAPES, pela bolsa concedida.

*"Se a educação sozinha não transforma a sociedade,
sem ela tampouco a sociedade muda"*
Paulo Freire

TRABALHOS GERADOS DURANTE O PERÍODO DO MESTRADO

Artigo publicado em revista:

Pazinato, M. S.; Bernardi, F. M.; Miranda A. C. G.; Braibante, M. E. F. Epistemological Profile of Chemical Bonding: Evaluation of Knowledge Construction in High School. *Journal of Chemical Education*, **2021**, 98(2), 307-318.

Artigo aceito para publicação em revista:

Bernardi, F. M.; Pazinato, M. S. The Case Study Method in Chemistry Teaching: a systematic review. *Journal of Chemical Education*, **2022**.

Trabalhos apresentados em eventos:

Bernardi, F. M.; Pazinato, M. S. Revisão da literatura acerca da utilização da temática fármacos no Ensino de Química. *Anais do 26º Encontro de Química da Região Sul (SBQSul)*, **2019**, Caxias do Sul.

Bernardi, F. M.; Pazinato, M. S. Case Study in Chemistry Teaching: a review in Brazilian Chemical Society journals. *Anais da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ)*, **2020**, Maceió.

Bernardi, F. M.; Pazinato, M. S. O Estudo de Caso no Ensino de Química: um panorama das pesquisas na área. *Apresentação no 40º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ)*, **2021**, Porto Alegre.

(Trabalho escolhido para ser publicado na *Revista Insignare Scientia*)

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. O MÉTODO ESTUDO DE CASO PARA O ENSINO DE QUÍMICA | 5 |
| 2.1 MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA | 5 |
| 2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 8 |
| 2.3 REVISÃO SISTEMÁTICA | 14 |
| 2.3.1 <i>Quais os principais objetivos reportados pelos artigos sobre o uso do método EC nas áreas da Química?</i> | 17 |
| 2.3.2 <i>Como o método EC vem sendo aplicado pelos professores nas aulas?</i> | 19 |
| 2.3.3 <i>Quais são as percepções dos professores e dos estudantes e os principais resultados observados em relação ao uso do método EC no ensino de Química?</i> .. | 22 |
| 2.3.4 <i>Perspectivas da revisão sistemática</i> | 25 |
| 3. A TEMÁTICA FÁRMACOS | 28 |
| 3.1 O TEMA FÁRMACOS NO ENSINO DE QUÍMICA | 28 |
| 3.2 A QUÍMICA DOS FÁRMACOS ENVOLVIDOS | 30 |
| 3.2.1 <i>Cannabis sativa: CBD e THC</i> | 31 |
| 3.2.2 <i>Antidepressivos: Citalopram e Escitalopram</i> | 33 |
| 4. METODOLOGIA DA PESQUISA | 36 |
| 4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA | 36 |
| 4.2 CONTEXTO DA PESQUISA | 36 |
| 4.3 CASOS APLICADOS | 37 |
| 4.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS | 38 |
| 4.4.1 <i>Instrumento 1 - Questionário sobre o perfil dos estudantes</i> | 39 |
| 4.4.2 <i>Intrumento 2 - Questionário sobre as atitudes em relação à Química</i> | 39 |
| 4.4.3 <i>Instrumento 3 - Questionário sobre as contribuições do método EC</i> | 39 |
| 4.4.4 <i>Instrumento 4 - Pré e Pós-Testes</i> | 40 |
| 4.4.5 <i>Instrumento 5 - Relatório em grupo</i> | 40 |
| 4.5 DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES | 40 |
| 4.6 ANÁLISE DOS DADOS | 42 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 51 |
| 5.1 PERFIL E PERSPECTIVAS DOS ESTUDANTES | 51 |
| 5.2 RESOLUÇÃO DOS CASOS | 52 |

| | |
|---|-----|
| 5.3 AVALIAÇÃO CONCEITUAL | 61 |
| 5.4 AVALIAÇÃO ATITUDINAL | 75 |
| 5.5 AVALIAÇÃO DO MÉTODO ESTUDO DE CASO PELOS ESTUDANTES | 81 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 86 |
| 7. REFERÊNCIAS | 90 |
| APÊNDICES | 102 |
| ANEXO | 115 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. <i>Fake news</i> sobre Química que foi disseminada no Brasil..... | 5 |
| Figura 2. Processos para a utilização do método EC..... | 11 |
| Figura 3. Número de artigos por ano..... | 15 |
| Figura 4. Modelo chave-fechadura e o reconhecimento ligante-receptor. | 30 |
| Figura 5. Estruturas químicas do CBD com a função fenol e do THC com a função éter. | 32 |
| Figura 6. Estruturas das moléculas de CBD (6 _a , 6 _b , 6 _c e 6 _d) e de THC (6 _e , 6 _f , 6 _g e 6 _h).. | 33 |
| Figura 7. Estruturas das moléculas de R(-)-Citalopram e S(+)-Citalopram (Escitalopram). | 35 |
| Figura 8. Esquema dos métodos utilizados para a análise dos dados..... | 43 |
| Figura 9. Escala do grau de concordância. | 50 |
| Figura 10. Resultados obtidos a partir da análise das respostas dos estudantes para as quatro questões (figuras 10 _a , 10 _b , 10 _c e 10 _d) do aspecto conceitos químicos fundamentais..... | 63 |
| Figura 11. Resultados obtidos a partir da análise das respostas dos estudantes para as cinco questões (figuras 11 _a , 11 _b , 11 _c e 11 _d e 11 _e) do aspecto conceitos de isomeria/estereoisomeria. | 70 |
| Figura 12. Grau de concordância dos estudantes sobre o “Interesse nas aulas de Química” antes e após a atividade de EC. | 78 |
| Figura 13. Grau de concordância dos estudantes sobre a “Importância da Química na vida real” antes e após a atividade de EC..... | 79 |
| Figura 14. Grau de concordância dos estudantes sobre a “Relação da Química com a escolha profissional” antes e após a atividade de EC..... | 80 |
| Figura 15. Grau de concordância dos estudantes sobre as contribuições da atividade de EC..... | 83 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1. Tarefas indispensáveis para o bom andamento do EC. | 11 |
| Quadro 2. Características de um caso "bom" e de um "ruim"..... | 12 |
| Quadro 3. Caso <i>Ameaça nos Laranjais</i> e a identificação de elementos que auxiliam na elaboração de um “bom” caso. | 13 |
| Quadro 4. Símulas e objetivos de cada disciplina segundo os respectivos planos de ensino..... | 37 |
| Quadro 5. Aspectos e categorias para análise dos relatórios..... | 45 |
| Quadro 6. Aspecto 1 - Conceitos químicos fundamentais. | 47 |
| Quadro 7. Aspecto 2 - Conceitos de isomeria/estereoisomeria. | 47 |
| Quadro 8. Escala numérica para julgar as afirmações..... | 49 |
| Quadro 9. Avaliação dos relatórios do Caso 1: <i>Toda droga é ruim?</i> | 53 |
| Quadro 10. Avaliação dos relatórios do Caso 2: <i>A eficácia é a mesma?</i> | 53 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Número de artigos por revista..... | 15 |
| Tabela 2. Número de artigos por área da Química. | 16 |
| Tabela 3. Número de artigos de acordo com o objetivo e a área da Química. | 17 |
| Tabela 4. Número de artigos por formato de aplicação..... | 20 |
| Tabela 5. Análise dos relatórios dos 13 grupos. | 54 |
| Tabela 6. Resultados da análise geral do teste t de amostra de pares para a avaliação conceitual..... | 61 |
| Tabela 7. Resultados da análise de teste t de amostra de pares referente aos conceitos químicos fundamentais. | 62 |
| Tabela 8. Resultados da análise de teste t de amostra de par referente aos conceitos de isomeria/estereoisomeria. | 69 |
| Tabela 9. Resultado da análise geral do teste t de amostra de pares para a avaliação atitudinal. | 75 |
| Tabela 10. Valores médios e desvios-padrões das afirmações sobre “Interesse nas aulas de Química” antes e após a atividade de EC. | 77 |
| Tabela 11. Valores médios e desvios-padrões das afirmações sobre a “Importância da Química na vida real” antes e após a atividade de EC. | 79 |
| Tabela 12. Valores médios e desvios-padrões das afirmações sobre a “Relação da Química com a escolha profissional” antes e após a atividade de EC. | 80 |
| Tabela 13. Resultados da avaliação dos estudantes em relação às contribuições da atividade de EC..... | 82 |

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

| | |
|----------|--|
| COVID-19 | <i>Coronavirus Disease 2019</i> |
| EC | Estudo de Caso |
| ABP | Aprendizagem Baseada em Problemas |
| UFRGS | Universidade Federal do Rio Grande do Sul |
| PBL | <i>Problem-Based Learning</i> |
| EUA | Estados Unidos da América |
| JCST | <i>Journal of College Science Teaching</i> |
| JCE | <i>Journal of Chemical Education</i> |
| GPEQSC | Grupo de Pesquisa em Ensino de Química de São Carlos |
| ERIC | <i>Education Resources Information Center</i> |
| LMS | <i>Learning Management System</i> |
| AVA | Ambiente Virtual de Aprendizagem |
| ACSC | Aprendizagem Colaborativa com Suporte Computacional |
| CBD | Canabidiol |
| THC | Tetrahydrocannabinol |
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| HIV | <i>Human Immunodeficiency Virus</i> |
| ERE | Ensino Remoto Emergencial |
| ATCLS | <i>Attitudes Toward Chemistry Lessons Scale</i> |
| TCLE | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido |
| AC | Análise de Conteúdo |
| SPSS | <i>Statistical Package for Social Sciences</i> |

RESUMO

O método Estudo de Caso (EC) constitui uma estratégia de ensino centrada no aluno, com potencial de promover avanços conceituais e habilidades cognitivas superiores. Os casos podem ser histórias reais ou fictícias sobre dilemas que podem ser resolvidos com respaldo nos conceitos científicos. Esta dissertação teve por objetivo investigar as contribuições do método EC aliado à temática fármacos no ensino de Química Orgânica no nível superior. Os sujeitos foram 56 acadêmicos de duas disciplinas de Química Orgânica dos cursos de Farmácia e Biomedicina da UFRGS. Considerando os sujeitos envolvidos, é importante que os casos tratem de temáticas de interesse do público a que se destinam, por esse motivo, nesta pesquisa, foram elaborados dois casos com foco no uso medicinal da *Cannabis* (CBD e THC) e de antidepressivos (Citalopram e Escitalopram). Foram utilizados diversos instrumentos para a coleta de dados, como questionários, testes e relatórios. Seguindo os princípios da pesquisa de natureza mista, foram empregados métodos de análise qualitativa (análise de conteúdo) e quantitativa (análises descritivas e comparação entre amostras). Os relatórios forneceram indícios que os estudantes compreenderam a atividade, visto que a maioria dos grupos identificou o problema, aplicou os conceitos e sugeriu soluções para os casos. A avaliação dos pré e pós-testes sugere que o EC promoveu avanços conceituais, com destaque para a estereoquímica, o que foi validado estatisticamente pelo teste t ($t_{\text{cal}} > t_{\text{tab}}$ e $p < 0,05$). Foi obtido um grau de concordância forte ($>75\%$) dos estudantes em relação às atitudes no que se refere ao interesse nas aulas de Química, à importância dessa área no cotidiano e à escolha profissional, apesar de o teste t mostrar que não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre as atitudes antes e após o EC. A avaliação dos estudantes sobre as contribuições do método revela que a maioria considerou que ele contribuiu para o desenvolvimento de habilidades e aprendizado de conceitos químicos, principalmente àqueles relacionados aos fármacos. Conclui-se que o EC aliado a uma temática de interesse dos estudantes pode ser uma eficiente estratégia para contextualizar a Química Orgânica, principalmente a estereoquímica, além de promover o desenvolvimento conceitual, atitudinal e de habilidades.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Problemas, *Cannabis sativa*, antidepressivos, metodologia de ensino, ensino de Química.

ABSTRACT

The Case Study (CS) method is a student-centered teaching strategy with the potential to promote conceptual advances and higher-order cognitive skills. The cases can be real or fictional stories about dilemmas that can be solved based on scientific concepts. This dissertation aimed to investigate the CS method contributions combined with the theme of drugs in Organic Chemistry teaching at higher level. The subjects were 56 academics from two disciplines of Organic Chemistry from the Pharmacy and Biomedicine courses at UFRGS. Considering the subjects involved, it is important that the cases deal with themes of the target audience's interest, for this reason, in this research, two cases were elaborated with a focus on the medicinal use of *Cannabis* (CBD and THC) and antidepressants (Citalopram and Escitalopram). Several instruments were used for data collection, such as questionnaires, tests and reports. Following the principles of mixed nature research, qualitative (content analysis) and quantitative analysis methods (descriptive analysis and comparison between samples) were used. The reports provided evidence that the students understood the activity, as most groups identified the problem, applied the concepts, and suggested solutions for the cases. The evaluation of pre and post-tests suggests that CS promoted conceptual advances, with emphasis on stereochemistry, which was statistically validated by the t test ($t_{\text{cal}} > t_{\text{tab}}$ and $p < 0,05$). There was a strong degree of agreement ($>75\%$) of students in relation to attitudes regarding interest in Chemistry classes, the importance of this area in their daily lives and professional choice, although the t test showed that there were no statistically significant differences ($p > 0,05$) between attitudes before and after CS. The students' evaluation of the method's contributions reveals that the majority considered that it contributed to the development of skills and chemical concepts learning, especially those related to drugs. It is concluded that CS combined with a topic of students' interest can be an efficient strategy to contextualize Organic Chemistry, especially stereochemistry, in addition to promoting conceptual, attitudinal and skills development.

Keywords: Problem-Based Learning, *Cannabis sativa*, antidepressants, teaching methodology, Chemistry teaching.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de o ensino tradicional estar presente na maioria dos espaços formais de ensino e influenciar as práticas docentes nas aulas de Química, métodos de ensino baseados no construtivismo estão ganhando cada vez mais espaço.^{1, 2} Essas metodologias se mostram inovadoras e trazem resultados satisfatórios no que se refere ao desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores e à aprendizagem de conceitos científicos.^{1, 3}

No modelo tradicional, as aulas ocorrem no formato palestra e o ensino é centrado no professor, dando ao processo de ensino e aprendizagem um caráter passivo baseado na capacidade do estudante de armazenar informações. Dessa forma, não há preocupação se o estudante saberá utilizar o conhecimento de forma crítica ou aplicá-lo em diferentes contextos. Ainda, não são levados em consideração os interesses e as experiências dos alunos.⁴

Entretanto, mais do que transmitir o conhecimento, um dos objetivos da educação científica deve ser o desenvolvimento de habilidades que formem estudantes críticos, aptos a compreenderem a importância da Ciência e a sua relação com a sociedade, as tecnologias e os problemas que os cercam.⁵

Considerando a importância da educação em Química, principalmente no atual momento em que a pandemia do *Coronavirus disease* 2019 (COVID-19) trouxe à tona novamente a descrença na Ciência⁶, inclusive com a propagação de grupos contra a vacina, apesar das evidências científicas da sua eficácia,^{7, 8} torna-se fundamental a busca por diferentes metodologias de ensino como alternativas ao método tradicional. Isso partindo-se do pressuposto de que um dos fatores que contribuem para a descrença na Ciência pode estar relacionado à maneira como essa é ensinada à população.^{5, 9, 10}

Sendo assim, nas últimas décadas, o construtivismo vem aumentando sua influência na educação. A teoria construtivista enfatiza a importância de dar significado ao aprendizado, que deve ser construído pelo estudante a partir da realidade ao seu redor. Dessa forma, ao invés de receber de forma passiva os conteúdos em sala de aula, o estudante tem a oportunidade de construir ativamente o seu conhecimento.^{11, 12}

No ensino com viés construtivista, o professor deixa de ser o centro do processo e passa a ser um orientador que organiza atividades e fornece informações para a construção do conhecimento.^{11, 13} O conhecimento é exposto de forma contextualizada e os estudantes são direcionados a analisar, questionar e aplicar os conceitos apresentados

em diferentes situações. A partir disso, torna-se possível construir significado para o aprendizado, uma vez que a teoria passa a fazer sentido “na prática”.

Nesse contexto, o Estudo de Caso (EC) constitui uma variante do método Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), o qual possui uma abordagem de ensino orientada promovendo a participação dos estudantes. Amplamente adotado em cursos relacionados aos negócios e nas escolas de Medicina, a metodologia ganhou impulso nos últimos anos no Ensino de Ciências como uma estratégia ativa e cooperativa que desenvolve habilidades superiores nos estudantes.¹⁴⁻¹⁷ Assim, além de aprender o conteúdo, eles desenvolvem habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas, argumentação, comunicação, colaboração, dentre outras que são muitas vezes negligenciadas pelo ensino tradicional.^{9, 12, 18}

Nesse sentido, o método EC pode ser considerado uma alternativa ao ensino tradicional. Nessa metodologia, o estudante é convidado a resolver um caso, que é uma história real ou fictícia que contém um dilema relacionado à vida cotidiana. O caso é utilizado para envolver os estudantes, que devem tomar uma decisão embasada no conhecimento científico para solucionar o problema apresentado.⁶

O objetivo do professor enquanto aplica o caso é ajudar os estudantes a lidarem com os fatos, analisarem o problema e considerarem as possíveis soluções e consequências de suas decisões.^{14, 19} Além disso, o método pode ser desenvolvido em sala de aula por intermédio de diferentes estratégias, como atividades em grupo, tarefa individual, discussões, testes, questionários, dentre outros.

Considerando o contexto do ensino de Química Orgânica, um dos conteúdos citados pela literatura como sendo de difícil compreensão é o de estereoisomeria.²⁰⁻²² As dificuldades para a sua aprendizagem podem estar relacionadas à necessidade de visualização espacial dos compostos, à falta do domínio de conceitos prévios que são pré-requisitos para a compreensão do conteúdo e à falta de conexão dos conceitos com o cotidiano.^{21, 22} Levando em conta a última dificuldade levantada, buscar contextualizar o ensino por meio de temáticas pode ser uma importante estratégia para a aprendizagem de estereoisomeria.²³ A contextualização tem o potencial de tornar questões científicas relevantes, podendo impactar positivamente na aprendizagem e também na motivação dos estudantes.^{21, 22}

Tendo em vista essas questões e considerando o fato de que as pesquisas em Ensino de Química sobre o tópico isomeria são ainda escassas se comparadas a outros conteúdos,^{21, 22} optou-se por utilizar o EC como estratégia para o ensino de

estereoisomeria na educação superior. Além das vantagens já descritas sobre o método, sua utilização possibilita também a contextualização dos conceitos quando aliada a uma temática de interesse dos estudantes.

Para que o método seja desenvolvido de forma eficiente, é essencial que o caso seja bem elaborado e traga um problema que possa ser resolvido a partir da aplicação de conceitos científicos. Além disso, a história deve envolver o estudante e, por isso, a escolha da temática é de suma importância.

Pensando na disciplina de Química Orgânica I, do currículo do curso de graduação em Farmácia, e na disciplina Química Orgânica Teórica Fundamental, do currículo do curso de graduação em Biomedicina, uma temática de interesse dos estudantes é a dos fármacos. O tema está diretamente relacionado à atuação profissional desses futuros farmacêuticos e biomédicos, além de permitir a aplicação de diversos conceitos de Química Orgânica, como os de estereoquímica.^{20, 24, 25}

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar as contribuições do método EC aliado à temática fármacos no ensino de estereoquímica com estudantes de graduação dos cursos de Farmácia e Biomedicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Com isso, pretende-se engajar os estudantes no aprendizado de conceitos químicos e no desenvolvimento de habilidades como comunicação, colaboração, pensamento crítico, tomada de decisão e resolução de problemas. Os objetivos específicos deste trabalho são:

- realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a utilização do método EC no ensino de Química na última década (2010 a 2019);
- elaborar e aplicar casos sobre a temática fármacos que envolvam conceitos de Química Orgânica abordados em disciplinas do Ensino Superior;
- avaliar os avanços conceituais dos estudantes em relação a conceitos químicos fundamentais e de isomeria/estereoisomeria;
- verificar o desenvolvimento de atitudes dos estudantes sobre o interesse nas aulas de Química, a importância da Química na vida cotidiana e na escolha profissional;
- analisar as contribuições do método EC no desenvolvimento de habilidades.

Nesse contexto, a presente dissertação está estruturada em sete capítulos, sendo o primeiro a presente introdução, a qual apresenta e delimita o tema, bem como os

objetivos desta pesquisa. O segundo capítulo traz a motivação, os fundamentos teóricos e a revisão sistemática deste estudo. No capítulo três é apresentada a temática fármacos no ensino de Química, bem como a Química dos princípios ativos escolhidos para os casos. O quarto capítulo discorre sobre a metodologia da pesquisa, em que são apresentados a classificação e o contexto da pesquisa, os casos elaborados, os instrumentos e o método de análise dos dados. Já no capítulo cinco são apresentados os resultados e discussões e, na sequência, as considerações finais sobre este estudo. Por fim, encerra-se esta dissertação com as referências, os apêndices e o anexo.

2. O MÉTODO ESTUDO DE CASO PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Este capítulo inicia com a apresentação da motivação que nos levou a realizar este estudo. Na sequência, está exposta a fundamentação teórica da pesquisa, a qual discorre sobre a origem do método EC e o seu histórico no ensino de Química, bem como aspectos fundamentais para o entendimento da metodologia. O capítulo encerra com uma revisão sistemática da literatura sobre a utilização do EC para o ensino de Química através da análise de publicações da última década (2010 a 2019).

2.1 MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA

A internet transformou o século XXI na era da informação. Nunca foi possível a disseminação de tantas informações de maneira tão rápida e abrangente quanto nos últimos anos. Esse fato facilitou o acesso ao conhecimento, mas, ao mesmo tempo, trouxe de volta à tona uma questão bastante preocupante: a não confiança na Ciência.⁴
13, 26

Para além do campo da política, as chamadas *fake news* adentraram na área das Ciências e, assim, da Química também. A Figura 1 mostra um exemplo de *fake news* que foi disseminada no Brasil durante o auge da pandemia de COVID-19 e tem relação com a Química.

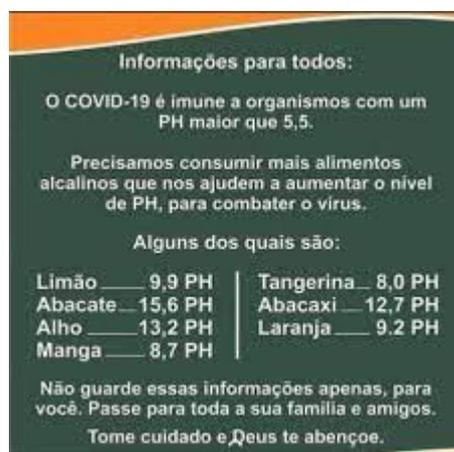


Figura 1. *Fake news* sobre Química que foi disseminada no Brasil.
Fonte: *WhatsApp*[®], autor desconhecido.

Aliado a essa questão, o desconhecimento de uma parte significativa da população acerca do que é a Ciência e como ela é construída fez com que movimentos

com visões distorcidas e errôneas sobre a área científica se proliferassem.⁴ Ao considerar a atual pandemia causada pelo coronavírus, pode-se observar exemplos disso quando pessoas deixaram de se vacinar ou utilizaram medicamentos sem eficácia comprovada contra a COVID-19.^{7, 8} Esses fatos foram relevantes para refletirmos sobre a relação que essa problemática pode ter com a educação e com a forma como as Ciências estão sendo ensinadas à população.^{5, 9}

As aulas de Química ainda são desenvolvidas de forma predominantemente tradicional, oportunizando poucos momentos de reflexão e aplicação dos conteúdos. Nesse modelo de ensino, o conhecimento tem um caráter cumulativo e pode ser adquirido pelo estudante através da sua transmissão pelo professor nas instituições de ensino.⁴ Em geral, o estudante precisa apenas memorizar e compreender o novo conhecimento, sem necessariamente fazer uma análise crítica e abrangente do que lhe é apresentado.¹⁹ A falta de um ensino que possibilite ao estudante construir um olhar crítico aliada à facilitação do acesso a informações evidenciam a ausência de entendimento sobre a área científica por parte da população que acredita, por exemplo, nas *fake news*.^{4, 5}

Nesse cenário, a partir de uma perspectiva crítico-transformadora da educação em Química, é indispensável a busca por métodos de ensino que levem em consideração a formação de indivíduos esclarecidos e responsáveis. Esses futuros cidadãos devem ser capazes de analisar de forma abrangente a complexa realidade que os cerca e utilizar seus conhecimentos como ferramenta de transformação. Para isso, é indispensável que o sujeito compreenda a relação entre a Química e os problemas pessoais e sociais com os quais vai se deparar durante a vida.^{5, 27}

Ademais, é preciso romper com o modelo de ensino descontextualizado e provocar o interesse do estudante, criando um ambiente que o motive a desenvolver o saber científico. Apesar de o ensino tradicional ainda ser amplamente difundido, esse modelo está ultrapassado,²⁸ uma vez que não acompanhou as grandes mudanças sociais e tecnológicas que ocorreram nas últimas décadas. Sendo assim, é necessário não apenas construir uma nova ideia de ensino e aprendizagem, mas também desconstruir parte do padrão estabelecido.^{13, 29}

Partindo dessa perspectiva, algumas iniciativas podem ser observadas no Ensino Superior, em que alguns Projetos Pedagógicos de Cursos de Graduação levam em consideração o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico e resolução de problemas.

Em específico, no Projeto Pedagógico do Curso de Farmácia da UFRGS (2021)¹, dentre os objetivos está a articulação da teoria com a vivência do estudante, para que ele possa aprofundar e ampliar o seu conhecimento. Segundo o documento, espera-se que o futuro profissional tenha uma formação generalista, humanista, crítica e reflexiva para atuar em todos os níveis de atenção à saúde. Além disso, o futuro farmacêutico deve levar em consideração princípios éticos e compreender a realidade social, cultural e econômica no seu meio, dirigindo sua atenção para a transformação da realidade em benefício da sociedade.

Já no Projeto Pedagógico do Curso de Biomedicina (2009)² consta que o objetivo inicial é proporcionar ao aluno conhecimentos atuais e pertinentes para a formação de um profissional de excelente qualificação na área da saúde. Segundo o projeto, os egressos devem ser capazes de assimilar e se adaptar às mudanças tecnológicas e conceituais que ocorrerem no contexto local, regional e nacional, além de desenvolver um raciocínio dedutivo e analítico crítico, bem como um espírito observador para a solução de problemas que se apresentem durante a sua graduação e o exercício profissional.

Apesar de constar nos Projetos Pedagógicos que os cursos têm como propósito o desenvolvimento de habilidades voltadas à aplicação do conhecimento científico em diferentes contextos de forma crítica, as aulas nem sempre são desenvolvidas levando em consideração essas questões. Isso ocorre, pois, em geral, o método tradicional ainda é o mais utilizado pelos professores nas aulas e, conforme já descrito, esse modelo de ensino pode negligenciar o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores.^{19, 30}

Segundo os planos de ensino das disciplinas de Química Orgânica I e Química Orgânica Teórica Fundamental, ofertadas pelo Departamento de Química Orgânica do Instituto de Química da UFRGS para estudantes de diversos cursos superiores, dentre eles o de Farmácia o de Biomedicina, as aulas vem sendo desenvolvidas de forma expositiva e com resoluções de listas de exercícios. A avaliação é feita por meio de duas provas e com recuperação prevista ao final do semestre.

A partir dessas informações, acredita-se que a maior parte das atividades didáticas dessas duas disciplinas é fundamentada, principalmente, em uma concepção tradicional de ensino. Dessa forma, supõem-se que muitas habilidades do campo atitudinal e procedimental não estão sendo desenvolvidas.^{19, 30-32}

¹ Disponível em: <http://www.ufrgs.br/comgradfar/comgrad>

² Disponível em: <http://www.ufrgs.br/biomedicina/biomedicina-2/comgrad-1>

Ainda, a aprendizagem conceitual pode estar sendo comprometida e os estudantes dos cursos de Farmácia e Biomedicina possivelmente estão concluindo as disciplinas de Química Orgânica com dificuldades na compreensão e aplicação dos conceitos de estereoquímica. Essas hipóteses podem trazer problemas ao exercerem sua futura profissão, já que esse tópico é fundamental para o entendimento da estrutura e ação dos fármacos no organismo.^{20,33}

A dificuldade em relação ao aprendizado de estereoisomeria é uma questão que não se estende apenas aos acadêmicos de Farmácia e Biomedicina. A literatura cita esse tópico como sendo um conteúdo de difícil compreensão, uma vez que exige dos estudantes habilidades visuoespaciais e domínio de conceitos prévios para o seu entendimento.^{21,22}

Ainda, a falta de conexão entre os conceitos químicos e a vida real é outro fator considerado um entrave na aprendizagem de estereoisomeria. Isso porque a contextualização tem impacto positivo na motivação e na aprendizagem, uma vez que permite que os estudantes criem relação entre o conhecimento conceitual e suas experiências prévias.^{21,22}

A partir disso, em busca de alternativas para a solução das questões relacionadas ao ensino de estereoisomeria e também à descrença na Ciência, chegou-se nas metodologias ativas de ensino baseadas no construtivismo.¹³ Acredita-se que o EC aliado à temática fármacos pode favorecer a contextualização da Química, ajudando na compreensão dos conceitos e contribuindo para o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores.

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O método EC é uma metodologia de ensino baseada no construtivismo e que tem se mostrado cada vez mais presente em ambientes formais de ensino, como escolas e universidades. A metodologia é uma variante do método de ABP (em inglês, *Problem-Based Learning* - PBL) e apresenta uma abordagem de ensino orientada, promovendo a participação ativa dos estudantes que, assim, constroem seu próprio conhecimento.¹

O ensino através do método EC começou nas áreas de Direito e *Business* na Universidade de Harvard nos Estados Unidos da América (EUA) há pouco mais de cem anos.¹⁴ Sua utilização na área das Ciências iniciou em 1960, na Escola de Medicina da Universidade de McMaster, no Canadá.¹⁷ Somente no início da década de 90 o método

se difundiu no ensino de outras áreas das Ciências, principalmente na da Biologia. Apesar de ser visto como um promissor método de ensino ativo, o EC ainda é utilizado em situações pontuais e de forma discreta por professores das áreas de Química e Física.¹⁴ No Brasil, os primeiros registros da utilização do EC em áreas das Ciências são mais recentes, no ano de 1997 na Faculdade de Medicina de Marília e na Faculdade de Medicina do Centro de Ciências da Saúde da Universidade de Londrina.¹⁷

Um estudo que marca o início da difusão do método no ensino de Ciências é o artigo *Case Studies in Science - A Novel Method of Science Education*, de 1994, publicado no *Journal of College Science Teaching* (JCST) e escrito por Clyde Freeman Herreid,⁶ um dos pioneiros nas pesquisas sobre o EC na área da Química. A pesquisa aborda a problemática da relação que a educação em Ciências tem com o fato de que parte da população acredita em teorias como o criacionismo e não entende conceitos científicos básicos. Apesar de ter sido publicado em 1994, é possível observar, por meio da disseminação de *fake news* ou de grupos resistentes à vacina, que a problemática do estudo ainda está presente atualmente.^{4, 5, 26}

O artigo de Herreid⁶ foi o primeiro de uma série de trabalhos publicados no JCST sobre o uso de casos no ensino de Ciências e deu origem à seção “*The Case Study*”, a qual apresenta variados formatos de aplicação e avaliação do método, além de notas que podem ajudar os professores a compreendê-lo melhor.³⁴ Outro marco da difusão da metodologia foi a criação da seção “*Teaching with problems and case studies*”, no *Journal of Chemical Education* (JCE) em 1998, destinada a pesquisas sobre o uso do método no ensino de Química.¹⁷

No que diz respeito à popularização do EC, o método possui sites que disponibilizam casos “prontos” para serem utilizados em aula. Dentre eles, destaca-se o *National Center for Case Study Teaching in Science* e *University of Delaware PBL Clearinghouse*, ambos possuem uma coleção de casos acompanhados de notas didáticas para o professor. No Brasil, destaca-se o site do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química (GPEQSC) do Instituto de Química da Universidade Federal de São Carlos, que apresenta casos com caráter sociocientífico para o ensino de Química e áreas afins.¹⁷

Métodos ativos de ensino possuem esse nome, pois se diferenciam do ensino tradicional exatamente nisso: o professor deixa de apenas transmitir o conhecimento para direcionar o estudante ao centro da abordagem de ensino que, assim, pode construir de forma ativa o seu aprendizado.^{1, 5, 6, 13, 14}

O método EC é uma das metodologias ativas de ensino, pois através dele os estudantes são convidados a resolver um caso, que é uma história real ou fictícia usada para promover a motivação e o envolvimento nas aulas, levando-os a assumirem a responsabilidade pela tomada de decisões sobre uma situação cotidiana.³⁵ Os casos são escritos e organizados na forma de dilemas que fornecem uma história de um indivíduo ou instituição frente a um problema que deve ser resolvido. A história trazida pelo caso permite contextualizar os conteúdos de Química por meio de um possível problema da vida real. Isso contribui para que os estudantes vejam valor e significado em adquirir novos conhecimentos para a resolução daquela questão, aumentando seu interesse em aprender Química.¹⁴

Além de vantagens como promover o engajamento e o interesse,¹ o método EC coloca os estudantes no centro do aprendizado, fazendo com que tenham que trabalhar ativamente na busca por novos conhecimentos. Eles irão precisar analisar e discutir com os colegas as informações fornecidas pelo professor e buscar novas fontes de informação para resolver o problema apresentado, caso considere necessário.^{9, 17}

Herreid^{6, 9} define os casos como histórias com uma determinada mensagem que tem o intuito de ensinar, não sendo apenas simples narrativas para entretenimento. Para Queiroz e Sá,¹⁷ o EC é um método que oferece aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem e investigar aspectos científicos e sociocientíficos, enquanto exploram a Ciência envolvida em situações relativamente complexas. Portanto, o EC é uma proposta capaz de relacionar dois componentes que, segundo Santos e Schnetzler,³⁶ são fundamentais para o ensino de Química: os conhecimentos químicos e o contexto social, sendo que o entendimento dos conteúdos químicos auxilia na formação de cidadãos quimicamente informados.

Sendo assim, o papel dos estudantes durante a aplicação do método é interpretar problemas e investigar soluções. Dessa forma, a busca por resolver o caso favorece não apenas o aprendizado de conceitos, mas também o desenvolvimento de habilidades como interpretação de textos, pensamento crítico, resolução de problemas, tomada de decisão, comunicação, argumentação e trabalho colaborativo.^{9, 17}

Apesar de o EC proporcionar um ensino centrado no estudante, o papel do professor durante a utilização do método em aula não é tão fácil quanto possa parecer. A metodologia exige a participação ativa do professor, que vai precisar realizar um trabalho extenso e minucioso, tanto na escolha ou mesmo na escrita do caso, quanto durante sua aplicação. É necessária uma preparação cuidadosa, a fim de que o professor

consiga dominar o assunto tratado para direcionar as discussões em aula e sanar as dúvidas que possam aparecer. Após a aplicação do caso, o professor deve se dedicar à avaliação do processo como um todo, das apresentações dos grupos e de cada estudante individualmente. Dessa forma, o EC contempla três etapas (Figura 2), sendo que a primeira se divide em outras três.³⁷



Figura 2. Processos para a utilização do método EC.

Fonte: Serra e Vieira.³⁷

Portanto, para que a aplicação do método atinja seus propósitos, os papéis dos estudantes e do professor devem estar bem definidos. Nesse contexto, algumas tarefas básicas que devem ser cumpridas estão elencadas de forma sucinta no Quadro 1, elaborada a partir das ideias de Sá e Queiroz.¹⁷

Quadro 1. Tarefas indispensáveis para o bom andamento do EC.

| Tarefas dos estudantes | Tarefas do professor |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Identificar e definir o problema; - Acessar, avaliar e associar informações necessárias para a resolução do problema; - Apresentar uma solução para o problema. | <ul style="list-style-type: none"> - Ajudar o estudante na análise do problema, na busca de informações e no direcionamento das possíveis soluções; - Suscitar o pensamento crítico dos estudantes sobre as consequências das decisões tomadas. |

Fonte: Sá e Queiroz.¹⁷

Além dos papéis dos estudantes e do professor, para que o método seja aplicado de forma efetiva, é essencial a utilização de um “bom” caso. Sá e Queiroz,¹⁷ Herreid³⁸ e Serra e Vieira³⁷ pontuam que um bom caso é aquele que narra uma história que tem utilidade pedagógica e provoca um conflito, o que faz com que o estudante precise buscar conhecimento científico para a tomada de decisão. Além disso, a história deve ser contextualizada em relação ao momento atual e relevante para o leitor, a fim de engajá-lo e despertar o seu interesse. Para a elaboração de um “bom” caso, alguns aspectos devem ser considerados pelos autores. O Quadro 2 apresenta as características de um estudo de caso “bom” e de um “ruim”.

Quadro 2. Características de um caso "bom" e de um "ruim".

| Caso “bom” | Caso “ruim” |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Aborda um tema relevante, atual e que desperta o interesse do leitor;- Cria empatia entre o leitor e as personagens principais;- Inclui declarações e comentários das personagens;- Possui um objetivo didático claro;- Apresenta o problema de forma clara;- Provoca um conflito;- Possui as informações necessárias para a tomada de decisão;- Possibilita a reflexão acerca de situações da vida cotidiana;- É curto. | <ul style="list-style-type: none">- Apresenta apenas a descrição dos fatos;- A história contada não tem um foco definido;- O problema a ser resolvido não fica claro;- Não são dadas as informações necessárias para solucionar o caso;- Não é ambientado;- É longo. |

Fonte: adaptado de Sá e Queiroz.¹⁷

A fim de elucidar um caso elaborado de acordo com as recomendações propostas pela literatura, escolheu-se o caso *Ameaça nos Laranjais*², apresentado no Quadro 3, no qual as principais características que devem ser consideradas para a produção de um “bom” caso estão destacadas.

Quadro 3. Caso *Ameaça nos Laranjais* e a identificação de elementos que auxiliam na elaboração de um “bom” caso.

| Ameaça nos Laranjais | | Um bom caso narra uma história |
|---|--|--|
| Um bom caso deve ser atual | <p>Aproximadamente há três anos, em laranjais do município mineiro de Comendador Gomes, a poucos quilômetros da divisa com São Paulo, foi identificada pela primeira vez uma doença estranha, de origem misteriosa, que aniquila uma laranjeira em algumas semanas e, atualmente representa a maior ameaça para a citricultura do estado de São Paulo e do sul de Minas Gerais.</p> | |
| Um bom caso é relevante ao leitor e desperta o interesse pela questão | <p>Alfredo sempre morou e estudou em Barretos, onde concluiu o ensino médio juntamente com alguns amigos de infância. Depois de tantos nos estudando juntos, finalmente a separação foi inevitável. Alfredo prestou vestibular para odontologia na UNESP de Araraquara e George para letras, na mesma universidade. Fernando, Solange, Fabiana e Milena optaram por química na USP de São Carlos.</p> <p>Ao visitar a família no feriado, Alfredo tomou conhecimento de coisas estranhas que ocorriam por lá. Logo ao amanhecer, ao tomar café, seus pais, Seu Joaquim e Dona Cecília, lhe contaram o que está acontecendo.</p> | |
| Um bom caso inclui citações | <p>- Filho, os laranjais das nossas terras estão com uma misteriosa doença, perderam as folhas, que estão ficando sem brilho e algumas até já morreram. Estamos preocupados porque necessitamos da renda que vem desses laranjais, inclusive para manter você na universidade.</p> | |
| Um bom caso força uma decisão | <p>- Pai, eu não entendo nada de agricultura, mas posso pedir ajuda aos meus colegas que estão morando em São Carlos. Eles estudam química e talvez possam nos ajudar a eliminar o problema que afeta os laranjais. Eles não vieram para a casa nesse feriado, e ainda estão sem telefone, mas posso escrever uma carta e contar a eles o nosso problema. Vou fazer isso agora mesmo.</p> | |
| Um bom caso provoca um conflito | <p>Barretos, 07 de setembro de 2004. Olá, Queridos amigos! Como é grande a saudade que sinto de vocês! Não nos vemos há muito tempo. Achei que vocês voltariam para a casa nesse feriado. Eu preciso de ajuda. Os nossos laranjais estão com uma misteriosa doença. As folhas perdem o brilho, acabam por cair, algumas árvores já até morreram. Parece que isso também tem acontecido em outras regiões aqui perto. Gostaria que vocês nos aconselhassem sobre o que devemos fazer, pois acredito que na área de química existam pesquisas sobre esse assunto. Mamãe está mandando um abraço para todos vocês. Espero reencontrá-los em breve, Alfredo.</p> | |
| Um bom caso deve ter utilidade pedagógica | <p>Vocês são esses amigos de infância de Alfredo, e terão que ajudá-lo a descobrir o que está acontecendo nos pomares de laranja e propor soluções para o problema.</p> | Um bom caso produz empatia com os personagens centrais |
| | Um bom caso é curto | |

Fonte: Sá, Francisco e Queiroz.²

Nesta pesquisa, optou-se pela elaboração de dois casos a partir as recomendações da literatura: Caso 1: *Toda droga é ruim?* e Caso 2: *A eficácia é a mesma?*. Os casos serão apresentados no item 4.4 do capítulo 4.

2.3 REVISÃO SISTEMÁTICA

Ao optar-se por fazer o uso de uma metodologia de ensino, obter-se um panorama geral das pesquisas mais recentes sobre o método é fundamental. Para isso, realizou-se uma revisão sistemática⁴⁰ da literatura acerca da utilização do EC no ensino de Química na última década (2010 a 2019) com o intuito de elucidar os resultados obtidos pelas pesquisas mais recentes acerca do método. A análise pautou-se nos **objetivos** buscados com o uso do EC, nos **formatos** de aplicação utilizados pelos professores nas aulas e nos **principais resultados** obtidos, com enfoque nas percepções de professores e estudantes sobre o ensino de Química através da metodologia.

A busca pelos artigos foi feita em duas bases de dados: *SciFinder* que é uma das bases de dados de periódicos científicos mais utilizada por pesquisadores da área de Química; e *Education Resources Information Center* (ERIC), que é um dos bancos de dados mais importantes na localização de pesquisas em educação. Após, definiu-se:

- delimitação temporal: artigos publicados na última década (2010 a 2019);
- idioma das publicações: inglês e português;
- palavras-chave: no *SciFinder*, as palavras-chave utilizadas foram “*case study teaching*” e “*chemistry*” e as categorias “*journal*” e “*review*” foram selecionadas como tipos de documentos; no ERIC, as palavras-chave pesquisadas foram “*case study*”, “*teaching method*” e “*chemistry*”. Essas palavras-chave foram definidas a partir de tentativas de direcionar a busca para atingir o maior número de artigos sobre o tema de estudo em publicações da área de acordo com a natureza científica de cada base de dados.

Um total de 273 artigos foi encontrado, dos quais 146 deles foram localizados na plataforma do *SciFinder* e 127 na base de dados do ERIC, respectivamente. Por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, foram selecionados 42 artigos (Apêndice A) sobre o método da EC no ensino de Química, os quais foram publicados em 15 periódicos diferentes, com destaque para a revista JCE, com 19 artigos (45%). A Tabela 1 apresenta a relação entre a revista e o número de artigos publicados no período analisado.

Tabela 1. Número de artigos por revista.

| Periódico | Número de artigos |
|--|-------------------|
| <i>Journal of Chemical Education</i> | 19 |
| <i>Chemistry Education Research and Practice</i> | 4 |
| Química Nova | 4 |
| Química Nova na Escola | 2 |
| <i>Research in Science & Technological Education</i> | 2 |
| <i>The Chemical Educator</i> | 2 |
| <i>Research in Science Education</i> | 1 |
| <i>Biochemistry and Molecular Biology Education</i> | 1 |
| <i>International Journal of Applied and Basic Medical Research</i> | 1 |
| <i>Educación Química</i> | 1 |
| <i>Journal of Science Education and Technology</i> | 1 |
| <i>Journal of College Science Teaching</i> | 1 |
| <i>Hacettepe University Journal of Education</i> | 1 |
| <i>Currents in Pharmacy Teaching and Learning</i> | 1 |
| <i>Computer Aided Chemical Engineering</i> | 1 |

Fonte: autora.

As pesquisas foram desenvolvidas em seis países diferentes, com destaque para os EUA, com 21 artigos, e Brasil e Turquia, com nove artigos cada. Considerando a última década, destaca-se o ano de 2013 com 11 (26%) dos 42 artigos analisados. Esse resultado pode ser atribuído a uma conferência online sobre EC em ensino de Química¹⁵ realizada em 2011, visto que vários dos artigos foram publicados a partir dessa conferência. O número de artigos por ano é mostrado na Figura 3.

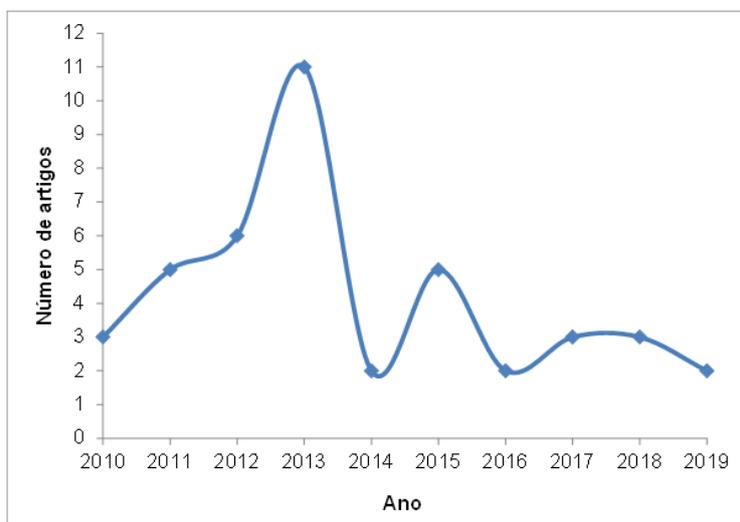


Figura 3. Número de artigos por ano.

Fonte: autora.

Em relação ao nível de ensino, a literatura reporta que há poucas iniciativas de utilização do método na educação básica.³⁴ Esse dado corrobora com esta revisão, uma

vez que apenas sete dos artigos (17%) analisados são de pesquisas desenvolvidas com enfoque no Ensino Médio. Sendo assim, a maioria das pesquisas acerca do EC é voltada ao Ensino Superior (74%).

Observaram-se nos estudos que o uso do EC pelas pesquisas contemplou diversas áreas da Química, com ênfase para Química Geral (29%), Ensino de Química (9%) e Química Analítica (9%), conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Número de artigos por área da Química.

| Área | Número de artigos |
|-------------------------|-------------------|
| Química Geral (QG) | 12 |
| Química Analítica (QA) | 9 |
| Ensino de Química (EQ) | 9 |
| Química Orgânica (QO) | 6 |
| Química Ambiental (QAM) | 5 |
| Outras (OU) | 3 |
| Química Medicinal (QM) | 2 |
| Bioquímica (BQ) | 1 |
| Físico-química (FQ) | 1 |

Fonte: autora.

Após a seleção dos artigos, a avaliação para cada abordagem foi guiada pelas questões norteadoras mostradas abaixo:

1. Objetivos: Quais os principais objetivos reportados pelos artigos sobre o uso do método EC nas áreas da Química?
2. Formatos: Como o método EC vem sendo aplicado pelos professores nas aulas?
3. Principais resultados: Quais são as percepções dos professores e estudantes e os principais resultados observados em relação ao uso do método EC no ensino de Química?

Essas questões foram elaboradas com o propósito de fornecer uma visão geral do que se pode esperar com a aplicação do método de EC e levantar ideias sobre o que é necessário para melhor aplicá-lo de acordo com o contexto. Assim, é possível resumir as conquistas atuais e os potenciais problemas a serem tratados no futuro em termos do uso da metodologia. Na sequência são apresentadas as análises que buscam responder a essas três questões.

2.3.1 Quais os principais objetivos reportados pelos artigos sobre o uso do método EC nas áreas da Química?

Ao analisarem-se os objetivos buscados pelos estudos sobre o EC no ensino de Química, podem-se destacar os seguintes: a avaliação da eficácia do método (43%), a introdução de conceitos específicos (31%), aplicação prática dos conceitos (19%), o aumento do interesse e do engajamento dos estudantes (19%) e o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico (21%), comunicação (19%), resolução de problemas (17%) e trabalho colaborativo (2%). Esses objetivos foram classificados em categorias, conforme pode se observar na Tabela 3. Além disso, ao relacionar-se os objetivos com as áreas da Química, obtêm-se os resultados apresentados na seção direita da Tabela 3.

Tabela 3. Número de artigos de acordo com o objetivo e a área da Química.

| Objetivos | Total | Artigos por área | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|------------------|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| | | QG | QA | EQ | QO | QAM | QM | BQ | FQ | OU |
| Efetividade do EC | 18 | 7 | 1 | 7 | 2 | 3 | - | 1 | 1 | - |
| Introdução de conceitos | 13 | 5 | 3 | 1 | 2 | 3 | - | - | 1 | - |
| Pensamento crítico | 9 | 3 | 2 | - | 2 | 1 | 1 | - | - | - |
| Aplicação prática | 8 | 1 | 5 | - | - | 1 | 1 | - | - | - |
| Resolução de problemas | 8 | 1 | 3 | - | - | 1 | 1 | - | - | 1 |
| Comunicação | 8 | 3 | 3 | - | - | - | - | - | - | 2 |
| Curiosidade | 7 | 1 | 1 | 3 | 2 | - | 2 | 1 | - | - |
| Trabalho colaborativo | 2 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |

Fonte: autora.

Um objetivo que se destacou está relacionado à avaliação da eficácia da metodologia da EC, encontrado em 18 artigos (43%). Sete desses estudos são da área de EQ, o que pode ser justificado por essa área ser responsável pelo desenvolvimento de pesquisas que validam diferentes metodologias de ensino. Outros sete artigos são da área de QG, visto que cobre conceitos fundamentais da Química que podem ser mais facilmente relacionados a situações do dia a dia.

Em quatro dos artigos da área de QG e um da área de EQ, respectivamente, esse mesmo objetivo é evidenciado nos títulos: “*Effectiveness of Case-Based Learning Instruction on Epistemological Beliefs and Attitudes Toward Chemistry*”, by Çam and Geban” de Çam e Geban;¹ “*Effect of case studies on primary school teaching students'*

attitudes toward chemistry lesson”,⁴¹ de Ayyildiz e Tarhan; “*The effect of case-based instruction on 10th-grade students’ understanding of gas concepts*”, de Yalçinkaya e Boz;⁴² “*Is case-based learning an effective teaching strategy to challenge students’ alternative conceptions regarding chemical kinetics?*”, de Yalçinkaya *et. al.*;⁴³ e “*What is the Effect of Case-Based Learning on the Academic Achievement of Students on the Topic of ‘Biochemical Oxygen Demand?’*”, de Günter e Alpat.⁴⁴ Quatro desses estudos apresentam um estudo comparativo entre EC e o ensino tradicional.^{1, 42-44} Além desses, Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakcib⁴⁵ também apresentam um estudo comparativo sobre a compreensão dos estudantes em relação a conceitos de eletroquímica, às atitudes em relação à Química, às crenças e à motivação para aprender em Química.

Sendo assim, a efetividade do EC para o ensino de Química foi avaliada pelos estudos em relação à compreensão de conceitos, às atitudes em relação à Química, à superação de crenças epistemológicas e à motivação em aprender Química. Pode-se observar na literatura que uma maneira viável de realizar essas avaliações é através de um estudo comparativo entre um grupo experimental (ensino através do EC) e um grupo de controle (ensino através do método tradicional)^{1, 42-44} e através da utilização de pré e pós-testes (aplicados antes e após o uso do método EC).^{35, 42, 43, 46} Pesquisas sobre a eficácia do método são importantes, uma vez que o seu uso não é o padrão e, para que seja mais difundido no ensino de Química, as vantagens e os desafios para sua aplicação precisam ser evidenciados.

Outro objetivo que se destacou diz respeito à introdução de conteúdos específicos, encontrado em 13 artigos (31%). Entre esses conteúdos estão propriedades dos diferentes estados de oxidação do cromo,⁴⁷ análises forenses⁴⁸ e instrumentação analítica⁴⁹ na área de QA; síntese de cocaína⁵⁰ e quinina⁵¹ na área de QO; gases, líquidos e sólidos,³⁵ conceitos de gases⁴² e cinética química⁴³ na área de QG; demanda bioquímica de oxigênio⁴⁴ na área de QAM; e biodiesel³⁰ nas áreas de FQ e QAM. Outros artigos abordam tópicos relacionados à Química, como projetos de processos metalúrgicos⁵² e a introdução de pesquisa de banco de dados e melhoria das habilidades de leitura de literatura primária⁵³ na área de QG; e relacionados à preparação de casos voltados para a educação básica³⁴ na área de EQ. Assim, o método da EC pode ser utilizado para introduzir conceitos das mais variadas áreas da Química, tanto com alunos em geral, quanto com aqueles que pretendem ser professores, como no estudo de Massena, Guzzi Filho e Sá³⁴ e Pinheiro, Medeiros e Oliveira.³⁰

A demonstração da aplicação de conceitos químicos na prática é o objetivo de oito artigos (31%), com ênfase para a área da QA. O estudo de técnicas instrumentais como espectroscopia de fluorescência e digestão por micro-ondas,⁵⁴ espectrômetro de plasma indutivamente acoplado,⁵⁵ cromatografia líquida de alta performance,⁴⁹ eletroforese em gel⁴⁸ e métodos de análise qualitativa e quantitativa gerais usados com compostos de cromo⁴⁷ foram focadas nesses artigos. As pesquisas relatam que a demonstração da técnica é importante para o aprendizado dos alunos, por isso parte das aulas foi desenvolvida em laboratório. Isso mostra que é possível desenvolver o método EC combinado com práticas experimentais.^{49, 54, 55}

Dentre os demais objetivos, cinco estão relacionados às vantagens que, segundo a literatura, são promovidas pela aplicação do método EC. Esses objetivos são o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, comunicação, resolução de problemas, trabalho colaborativo e o aumento da curiosidade e do engajamento dos estudantes. Ao utilizarem o EC, os professores geralmente buscam esses objetivos, já que esses podem ser negligenciados pela educação tradicional.¹⁴

Um artigo na área de EQ que mostra a aplicação do EC para atingir esses objetivos foi desenvolvido por Hibbard.⁵⁶ O estudo destaca que resolver o caso contribui para que o aluno seja capaz de relacionar o conhecimento teórico a problemáticas reais, permitindo o desenvolvimento de habilidades superiores. Contakes⁵⁷ também busca atingir esses objetivos e corrobora com Hibbard,⁵⁶ acrescentando que o método contribui para ajudar o estudante a melhorar sua consciência profissional como químico.

Por fim, em relação ao objetivo de desenvolvimento da capacidade de trabalhar colaborativamente (2%), pode-se dizer que, de acordo com a literatura, a organização de classes em pequenos grupos é uma das formas mais eficazes de aplicação do método EC.^{14, 56}

2.3.2 Como o método EC vem sendo aplicado pelos professores nas aulas?

Os diferentes formatos de aplicação do EC foram objeto de pesquisa em três artigos. Cornely³ descreve três maneiras diferentes de usar o método: como atividades em grupo em sala de aula, tarefas de casa e como perguntas de exame. Herreid¹⁴ descreve os diferentes formatos de aplicação EC relacionando-os ao “Cone de

Aprendizagem”. Finalmente, Ozdilek⁴⁷ descreve os formatos de aplicação baseado em Herried.^{9, 38}

Os formatos utilizados pelos artigos foram analisados em seis categorias, sendo que cinco delas são descritas por Herried:^{9, 38} pequenos grupos (PG), discussão (D); método misto (M); simulação computacional (SC) e individual (I); a última categoria emergiu da análise dos artigos da presente pesquisa, referente a estudos que não especificam o formato de aplicação (estudos teóricos) e foi classificada como não especificado (NE). A Tabela 4 mostra a quantidade de artigos em cada uma das categorias de formato.

Tabela 4. Número de artigos por formato de aplicação.

| Formato | Número de artigos |
|------------------------------|-------------------|
| Método misto (M) | 15 |
| Pequenos grupos (PG) | 11 |
| Discussão (D) | 3 |
| Simulação computacional (SC) | 5 |
| Individual (I) | 1 |
| Não especificado (NE) | 7 |

Fonte: autora.

Segundo a literatura, a aplicação do método EC através da divisão dos estudantes em pequenos grupos (até seis estudantes) é a forma mais eficaz de se trabalhar a metodologia e isso pode justificar o grande número de pesquisas que utilizam esse formato.^{9, 14, 42} No formato PG, os estudantes realizam discussões entre os membros do grupo a fim de resolver o caso. Isso pode favorecer o desenvolvimento de habilidades como comunicação e trabalho colaborativo, que são objetivos recorrentes buscados com o uso da metodologia.

Entretanto, o maior número de artigos foi classificado no formato M, no qual formas híbridas de aplicação do EC descritas por Herried são utilizadas.^{9, 38} Doze estudos nessa categoria utilizam o formato PG de forma híbrida com outros, sendo a forma híbrida PG + D a mais utilizada.^{42-44, 47, 58- 62} Além disso, outros formatos podem ser utilizados, como palestras, *brainstorming*, técnica de apresentação, recursos de animação, vídeos e técnica de perguntas e respostas.^{9, 38} Esse formato é interessante, pois permite que o professor pense em maneiras inovadoras de aplicação do método.

Apesar de poucos trabalhos terem sido classificados no formato D,^{16, 51, 63} as discussões estão sempre presentes nas aplicações do método, já que o objetivo final é encontrar uma solução para o caso. Essa é uma forma clássica de aplicação do EC,⁹ na qual os estudantes discutem o caso com a turma inteira através de debates, simpósios, julgamentos ou audiências públicas. Entretanto, como alguns estudantes podem não se sentir a vontade em se expor falando para o grupo todo, isso pode explicar o fato de menos trabalhos utilizarem esse formato para a aplicação do EC. Além disso, em turmas grandes, é possível que nem todos os alunos participem da discussão, por isso, em geral, utiliza-se o formato PG.

No formato SC, o caso pode ser apresentado aos alunos em um ambiente virtual ou as discussões e/ou a busca pela solução do caso são realizadas em plataformas virtuais. O enfoque de todos os artigos classificados como SC foi o Ensino Superior.^{53, 56, 64-66} Os ambientes virtuais de dois artigos da área QG foram o *Learning Management System* (LMS)⁵⁶ e o Facebook.⁵³ Já no estudo na área OT, os alunos foram organizados em pequenos grupos e solicitados a resolver um dos quatro casos investigativos inseridos em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) denominado eduqui.info, visando a Aprendizagem Colaborativa com Suporte Computacional (CSCL).⁶⁵ Na área de QA, o artigo descrevia um curso que utilizou casos de histórias que aconteceram em prédios ou locais históricos nas cidades de Pompéia e Herculano e foi organizado um "tour virtual guiado" por essas cidades antigas envolvendo "paradas" naqueles lugares específicos onde os conceitos químicos podiam ser introduzidos.⁶⁴ Por fim, o último estudo nesse formato é das áreas de EQ e QO, no qual é descrita a experiência de um professor na criação de um caso digital.⁶⁶

O formato SC pode ser usado se o professor pretende realizar a atividade de resolução de casos com os alunos de forma assíncrona e online. Esse formato de aplicação mostra que o método é versátil e isso é especialmente interessante se levarmos em consideração a pandemia causada pelo coronavírus, já que em muitos países as aulas presenciais foram canceladas e o ensino tornou-se remoto por um longo período de tempo.

Chamely-Wiik, Haky e Galin⁶⁷ realizaram o único estudo de aplicação do EC no formato I. Nessa forma de abordagem, o estudante é solicitado a resolver o caso por meio de uma tarefa escrita individual.^{9, 38} Assim, é possível que o estudante desenvolva sozinho a habilidade de comunicação escrita, porém isso pode limitar a possibilidade de discussão entre os alunos, não favorecendo o trabalho colaborativo.

Os demais trabalhos foram classificados no formato NE por se tratarem de estudos teóricos sobre o método EC^{14, 68, 69} ou por serem relatos de experiências e resultados com a aplicação do método, mas sem especificar o formato.^{3, 41, 50, 53}

2.3.3 Quais são as percepções dos professores e dos estudantes e os principais resultados observados em relação ao uso do método EC no ensino de Química?

Os principais resultados obtidos pelas pesquisas sobre o EC foram analisados com base na:

- i.* Efetividade do método EC
- ii.* Percepções dos estudantes
- iii.* Percepções dos professores

Para a análise da **efetividade** do EC, foram analisados principalmente os trabalhos que avaliaram a metodologia em comparação ao ensino tradicional através da divisão dos estudantes em dois grupos: experimental (método EC) e controle (método tradicional).

Dentre as principais avaliações realizadas por esses estudos, estão a eficácia do método em relação ao aprendizado de conceitos e à prevenção de concepções alternativas,^{35, 42-44} às atitudes desenvolvidas,^{1, 41, 70} à motivação dos estudantes nas aulas e à superação de crenças epistemológicas quanto ao desenvolvimento da Ciência.^{1, 70}

A eficácia do EC pode ser evidenciada pelos resultados obtidos por Tarkin e Uzuntiryaki-Kondakcib⁴⁵ com o desenvolvimento do tema eletroquímica no Ensino Médio. Os dados foram coletados por meio de pré e pós-testes e os resultados mostram que os estudantes que tiveram aulas através do método obtiveram pontuações significativamente mais altas do que aqueles que tiveram aulas centradas do professor. Os resultados do estudo indicam que o EC pode promover uma compreensão significativa dos conceitos estudados. O estudo também fornece evidências de que a metodologia promove a motivação e as atitudes dos alunos em relação à Química.

A eficácia do método em relação às crenças epistemológicas e atitudes em relação à Química também foi investigada em dois estudos de Çam e Geban.^{1, 70} Um deles foi realizado com estudantes do Ensino Médio¹ e o outro como professores de Química em formação.⁷⁰ Em relação a esses aspectos, os resultados mostram que houve uma diferença significativa a favor de quem foi instruído por meio do EC.

Dois estudos realizados no Ensino Superior por Yildizay e Tarhan³⁵ e Ayyildiz e Tarhan⁴¹ avaliaram a eficácia do EC em relação à prevenção de concepções alternativas sobre gases, líquidos e sólidos³⁵ e sobre as atitudes em relação à Química.⁴¹ Pré e pós-testes foram realizados e os resultados mostram que os alunos que participaram da atividade de EC tiveram menos equívocos do os que participaram de aulas tradicionais. De acordo com essas pesquisas, o método promove as atitudes dos estudantes em relação à Química, contribui para a compreensão de conceitos e mostra a importância da Química na vida real.^{35,41} Esses resultados também corroboram com Yalçinkaya e Boz⁴² e Yalçinkaya *et al.*⁴³ que investigaram a eficácia do EC na prevenção de equívocos de estudantes do Ensino Médio em relação aos conceitos de gases⁴² e cinética química.⁴³ Além desses, Günter e Alpat⁴⁴ obtiveram resultados semelhantes ao investigar a eficácia do método com alunos de 4ª e 5ª séries em o Tópico da Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Dessa forma, todos os estudos comparativos indicam que os estudantes que participaram do método EC melhoram seu entendimento e superam concepções alternativas sobre os conceitos químicos. Segundo as pesquisas, isso pode ser explicado pelo fato de o método contribuir para a habilidade do estudante de conectar os conteúdos de múltiplas áreas, aprofundando seu entendimento e pensamento crítico em relação aos conceitos.⁹

Além dos aspectos cognitivos, a literatura aponta que o método contribui para o desenvolvimento de crenças epistemológicas coerentes e comportamentos atitudinais em relação à Química. Para além das questões do ensino de Química, esses fatores podem ser fundamentais para a superação da descrença na Ciência bem como para a formação cidadã dos estudantes.⁷

As principais **percepções dos estudantes** em relação ao uso do EC para o ensino de Química foram obtidas a partir das pesquisas que analisaram as respostas de alunos a partir de questionários.

Silva, Oliveira e Queiroz⁵⁸ e Sousa, Rocha e Garcia⁵⁹ observaram as impressões de estudantes brasileiros do Ensino Médio sobre sua aprendizagem com o uso do método. Dentre as principais concepções apontadas, os estudantes dessas pesquisas destacam a importância do EC para o desenvolvimento de competências necessárias ao exercício da cidadania e à tomada de consciência na resolução de problemas reais.

Geyer⁵³ e Hibbard⁵⁶ observaram as impressões de estudantes de graduação americanos em relação ao uso do método nas aulas de Química. A análise dos

questionários permite concluir que a maioria dos estudantes aprovou o uso do EC, principalmente porque a metodologia permite a aplicação dos princípios da Química em cenários da vida cotidiana e isso aumenta seus interesses pela área. Entretanto, alguns estudantes apontaram aspectos que consideraram negativos, como a demora na aplicação e a necessidade de pesquisas fora do horário de aula, o que pode evidenciar que os estudantes não estão acostumados a aprender a partir de metodologias ativas de ensino.

A partir da literatura, pode-se concluir que o principal aspecto positivo do uso do EC apontado pelos estudantes é a contextualização. A história trazida pelo caso permite a aplicação do conhecimento teórico em uma possível situação da vida cotidiana. Mostrar a relação dos conceitos químicos com os problemas do cotidiano parece aumentar a motivação e o interesse dos estudantes pela Química.

Apesar de a literatura apontar que a maioria dos estudantes aprova o uso do EC nas aulas de Química, algumas das principais **percepções dos professores** divergem dessa constatação. Herreid¹⁴ observou algumas respostas obtidas a partir de uma pergunta feita em uma conferência online sobre o EC ser pouco utilizado no ensino de Química. Alguns professores ressaltam que não utilizam o método porque o consideram demorado e assim não vão conseguir cumprir todo o conteúdo previsto pelo currículo. Outros apontam que não o utilizam porque os estudantes são resistentes a novas instruções de ensino que os obrigam a pensar. Ainda, alguns confundem o uso do EC com aulas tradicionais de laboratório, alegando que são a mesma coisa.

Apesar de a metodologia apresentar bases de recursos de ensino reconhecidas, como o *National Center for Teaching Case Studies in Science*, e várias pesquisas demonstrarem sua eficácia para o ensino de Química, o estudo de Colyer⁶⁸ também evidencia a resistência de alguns professores em relação ao uso do método. O estudo mostra que a adoção de estratégias ativas de aprendizagem ainda é um desafio para a maioria dos professores, visto que muitos têm dificuldade em utilizar métodos diferentes do tradicional. Além disso, como o EC foge do método padrão de ensino, seu uso pode ser avaliado negativamente pelos outros colegas no ambiente acadêmico.⁶⁸

A resistência de alguns professores em relação ao emprego do EC nas aulas é compreensível, uma vez que muitos, desde a sua formação, estão acostumados com o formato de aula expositiva e não tiveram a oportunidade de aprender ou ensinar de uma forma diferente dessa.¹⁹ Entretanto, essa resistência deve trazer reflexões mais profundas sobre o ensino de Química. Se cumprir todo o conteúdo previsto não é

garantia de que os alunos estão aprendendo, não se deveria repensar o currículo? Além disso, as pesquisas relatadas nesta revisão e em outros estudos^{5, 6, 19} destacam a necessidade de aproximar o conteúdo teórico com a futura prática profissional. Pode-se pensar, então, em alternar a utilização do método centrado no professor com outras metodologias ativas que instiguem o desenvolvimento de diferentes competências e habilidades e que permitam uma maior conexão dos conteúdos de Química com a vida profissional.

Por isso, a fim de que os professores adotem diferentes estratégias de ensino, é fundamental que recebam instrução. Para aplicar o EC, por exemplo, é necessário que o professor saiba direcionar o ensino através da indagação de perguntas orientadas, que façam com que o estudante tenha que criar explicações a partir das evidências empíricas que lhes são apresentadas e seja capaz de justificá-las a partir do conhecimento científico.¹⁹ Esse formato de ensino difere da forma como os professores em geral estão acostumados. Sendo assim, instruir professores é essencial para que superem o filtro de sua própria experiência como alunos e aprendam como e o porquê devem usar diferentes métodos de ensino.^{5, 68}

Massena, Guzzi Filho e Sá³⁴ comentam sobre a falta de orientação pedagógica para professores que, por isso, acabam por vincular o saber pedagógico e o saber científico a seu modo. Nesse sentido, Pinheiro, Medeiros e Oliveira³⁰ relatam um estudo com estagiários de um curso de Licenciatura em Química, que visa instruir os futuros professores para a utilização do método EC nas aulas de Química como uma alternativa que permite a inclusão da interdisciplinaridade envolvida nos conceitos de Físico-Química. Os resultados mostram que a metodologia foi bem aceita pelos acadêmicos e a maioria deles se preocupa em incluir práticas relacionadas ao cotidiano como ferramenta para facilitar a aprendizagem dos alunos. O estudo de Dewprashad⁵⁰ corrobora que o EC pode ser uma boa estratégia. Como professor, ele pôde perceber que grande parte dos alunos não é receptiva a conceitos abstratos ensinados no formato de aula expositiva e o uso de casos envolventes permite criar conexão entre professor e estudante, e não apenas ensinar os conceitos de Química.

2.3.4 Perspectivas da revisão sistemática

A partir desta revisão, pode-se concluir que o método EC desempenha um papel importante no ensino de Química, pois permite aos alunos aprender conceitos e aplicá-

los em diferentes contextos, desenvolvendo habilidades como comunicação, pensamento crítico, resolução de problemas e tomada de decisão. Métodos que levam em consideração os pressupostos construtivistas tendem a ser mais eficazes na promoção da aprendizagem significativa em comparação ao ensino centrado no professor.

Na última década, foi encontrado nas bases de dados investigadas um número considerável de artigos (42) sobre o método de EC na área de Ensino de Química. De acordo com essas pesquisas, o EC pode ser uma alternativa viável para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes dos estudantes. Além disso, a metodologia pode ser utilizada em diferentes níveis de ensino, com ênfase no Ensino Superior.

Um dos objetivos mais recorrentes foi a avaliação da eficácia do método em comparação ao ensino e os resultados são positivos em relação ao EC. Além disso, o método pode ser usado para introduzir conceitos específicos de Química e mostrá-los na prática, o que aumenta a curiosidade e a motivação dos alunos e desenvolve habilidades como comunicação, pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho colaborativo.

Em relação aos formatos, o mais utilizado é o formato M, em que o professor pode utilizar diversos recursos na aplicação do EC, e a forma híbrida “PG + D” é a mais utilizada. Formatos que permitem discussões em grupo são eficazes, pois fazem com que os estudantes troquem ideias durante a busca pela solução do caso e, assim, desenvolvam habilidades, como comunicação e trabalho colaborativo.

Os resultados apresentados nos estudos confirmam que o EC pode contribuir positivamente nas atitudes dos alunos em relação à Química e isso pode refletir no desenvolvimento de habilidades e também mostrar a relevância do conhecimento dos conceitos químicos. Isso aumenta o envolvimento dos estudantes na aprendizagem e na busca por novos conhecimentos na área.

No que se refere à percepção dos sujeitos envolvidos, a maioria dos alunos é favorável à utilização do método de EC nas aulas de Química, enquanto alguns professores ainda demonstram resistência em utilizar metodologias de ensino diferentes das tradicionais.

Portanto, é necessário realizar mais pesquisas voltadas para o desenvolvimento de projetos que busquem superar a resistência à mudança de enfoque e formato das aulas de Química, já que a adesão ao EC, bem como a outras metodologias ativas, ainda

pode ser vista como um desafio. De acordo com Aikenhead⁵ (p. 15), “*A mudança é bem conhecida pela comunidade científica, porque os cientistas mudam paradigmas de vez em quando, mas não sem dificuldade*”. Apesar das dificuldades, como educadores devemos estar sempre preocupados em ensinar Química, ao mesmo tempo em que contribuimos para a formação de cidadãos esclarecidos e responsáveis.

Outra sugestão para pesquisas futuras é investigar se, de fato, ao usar o EC ou outros métodos ativos, os professores conhecem as bases teóricas que os sustentam. A eficácia do ensino por meio dessas metodologias só será significativa se o professor compreender profundamente e proporcionar atividades de acordo com esses pressupostos. Espera-se que esta revisão contribua também para a reflexão sobre a importância de se pensar métodos e outras formas de ensino que aproximem a Química da realidade dos alunos, para que compreendam a sua relevância e se interessem pela área.

3. A TEMÁTICA FÁRMACOS

A fim de engajar os estudantes na resolução dos casos, a escolha do tema abordado é de fundamental importância. Algumas pesquisas^{23, 71} que tratam da abordagem temática no ensino de Química alertam que a utilização de temas não deve ser utilizada apenas como um pretexto para a apresentação de conteúdos químicos, mas sim permitir um estudo aprofundado da realidade cotidiana. O estudante deve reconhecer a importância da temática para si próprio e para o grupo social a que pertence. Dessa forma, pretende-se que a temática dê significado ao aprendizado, pois seu uso deve envolver dados, informações e conceitos para que o aluno possa entender a realidade e propor formas de intervir na sociedade.

Para isso, é necessário observar o público-alvo de aplicação que, nesta pesquisa, foram estudantes de cursos da área da Saúde, em específico de Farmácia e Biomedicina, matriculados, respectivamente, nas disciplinas de Química Orgânica I e Química Orgânica Teórica Fundamental, ofertadas pelo Instituto de Química da UFRGS. Neste contexto, uma temática relevante na vida profissional desses futuros farmacêuticos e biomédicos é a dos fármacos.^{72, 73} Além de despertar o interesse, o tema pode ser facilmente relacionado aos conceitos químicos envolvidos no tópico de estereoisomeria presente nas súmulas das duas disciplinas citadas e, assim, possui utilidade pedagógica. Ainda, a literatura reporta o uso do tema medicamentos para o ensino de Química em diferentes níveis de ensino.^{74, 75} Por isso, optou-se por elaborar as histórias dos casos a partir dessa temática.

Portanto, a fim de elucidar o uso do tema fármacos na presente dissertação, este capítulo foi dividido em duas partes: na primeira é abordada a importância do uso dessa temática no ensino de Química e na segunda parte são apresentadas informações sobre a Química dos fármacos escolhidos para os casos.

3.1 O TEMA FÁRMACOS NO ENSINO DE QUÍMICA

Desde os tempos remotos, os seres humanos utilizam produtos naturais, como folhas e ervas, na busca pelo alívio ou pela cura de doenças. Com o progresso da Ciência, as pesquisas na área da Química possibilitaram o desenvolvimento e a produção de medicamentos fundamentais para o bem-estar da humanidade.^{74, 76} Além disso, os medicamentos contribuíram para o expressivo aumento da expectativa de vida

da população mundial. Eles podem atuar de diferentes formas no organismo, alguns minimizando a sensação de dor, outros induzindo a calma ou eliminando a depressão. Há ainda aqueles que fazem o oposto e incitam a euforia que, algumas vezes, leva à dependência.⁷⁷

Os medicamentos são substâncias ou associações de substâncias químicas que possuem propriedades curativas ou preventivas de doenças em seres humanos.⁷⁸ Através do estudo da Química dos fármacos, é possível compreender a relação entre as estruturas moleculares desses compostos e sua influência sobre o organismo, a fim de entender sua ação no corpo humano.⁷⁴

É importante ressaltar que há diferença entre fármaco e medicamento. O fármaco é qualquer substância que possui atividade farmacológica, sendo utilizado para a prevenção ou para a cura de doenças. Já o medicamento é um produto elaborado em farmácias ou indústrias farmacêuticas que atende especificações técnicas e legais e pode possuir em sua composição um ou mais fármacos. Podemos dizer também que o fármaco é o princípio ativo do medicamento.⁷⁹

Outro termo muito utilizado para fazer referência a medicamentos é a palavra remédio, que possui um significado mais amplo, já que se refere a qualquer recurso utilizado para curar ou aliviar a dor, o desconforto ou a enfermidade. Um chá, por exemplo, pode ser um remédio, mas ainda não é um medicamento. Ainda, tanto os fármacos (ou mesmo os medicamentos) quanto os remédios podem ser classificados como drogas, uma vez que qualquer substância não produzida pelo organismo que tenha propriedade de atuar sobre um ou mais de seus sistemas produzindo alterações em seu funcionamento pode ser considerada uma droga.⁸⁰

Os medicamentos, portanto, possuem fármacos em sua composição, que são, em geral, compostos orgânicos que apresentam atividade farmacológica, sendo que cerca de 50% dos que são comercializados atualmente são substâncias quirais.⁸¹ Entender a estereoquímica do fármaco é fundamental para o entendimento da sua ação no corpo humano, uma vez que seu efeito depende da complementaridade molecular necessária para a interação da micromolécula (fármaco ou princípio ativo) com a biomacromolécula (sítio receptor) a qual vai se ligar no organismo. Essa interação é conhecida como lateralidade e pode ser simplificada ilustrativamente pelo modelo conhecido como chave-fechadura, mostrado na Figura 4, e depende essencialmente da estereoquímica do fármaco.

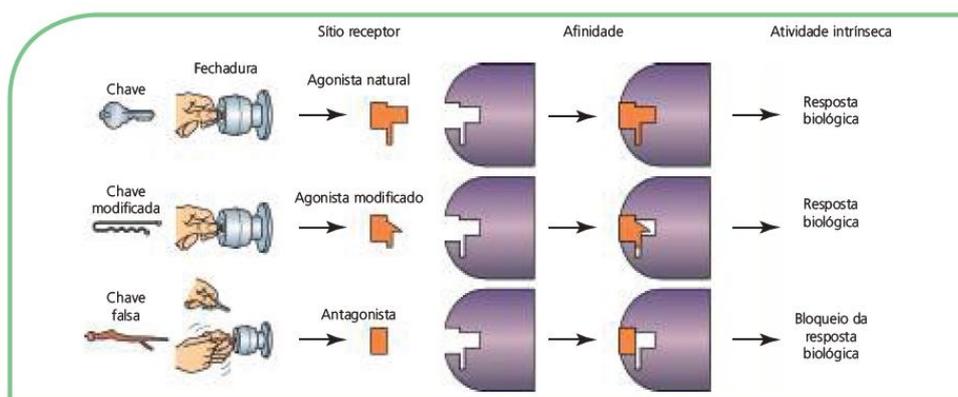


Figura 4. Modelo chave-fechadura e o reconhecimento ligante-receptor.
 Fonte: Barreiro e Fraga.⁷⁹

Dessa forma, o tema fármacos se mostra um excelente aliado para ilustrar a importância e a aplicação dos conhecimentos de estereoquímica em Química Orgânica.⁸² Apesar do clássico caso da Talidomida, já amplamente reportado na literatura como tema para o ensino de isomeria,^{82, 83} inclusive através do método EC,⁸³ o desenvolvimento do assunto medicamentos em sala de aula é carente de relatos que permitam conhecer a diversidade de experiências com fármacos e suas relações com a tecnologia e a sociedade.⁷⁶ Além disso, as novas abordagens para o ensino de estereoisomeria são, em sua maioria, voltadas ao uso de recursos tecnológicos de modelagem molecular.^{84, 85}

Sendo assim, mostrar a importância dos fatores estereoquímicos nas interações fármaco-receptor⁸⁶ é um desafio no ensino de Química Orgânica,⁸⁴ pois o estudante precisa adquirir conhecimento cognitivo suficiente para entender e propor relações entre a estrutura química do fármaco e a sua atividade biológica, tendo de raciocinar criticamente a respeito da intensidade da resposta e dos efeitos colaterais que pode provocar no organismo.^{84, 87}

Por isso, contextualizar o ensino através de um caso que conte uma história da vida cotidiana e que tenha relação com a temática fármacos pode ser uma estratégia interessante para o ensino de estereoisomeria.

3.2 A QUÍMICA DOS FÁRMACOS ENVOLVIDOS

Pensando na utilização do método EC para o ensino de estereoisomeria nas disciplinas de Química Orgânica dos cursos de Farmácia e Biomedicina, optou-se por

duas abordagens específicas: o uso medicinal da *Cannabis sativa* e a eficácia de dois antidepressivos (Citalopram e Escitalopram).

Esses dois enfoques se devem à relevância desses assuntos atualmente e ao fato de que as pessoas, em geral, têm opiniões bastante distintas e, até mesmo, distorcidas sobre essas questões. Além disso, as substâncias relacionadas a esses tópicos são constituídas por moléculas quirais, o que faz com que o caso tenha utilidade pedagógica para a aplicação dos conceitos de estereoisomeria. A partir disso, foram elaborados dois casos para aplicação do método: o Caso 1, intitulado *Toda droga é ruim?*; e o Caso 2, intitulado *A eficácia é a mesma?*.

3.2.1 *Cannabis sativa: CBD e THC*

A *Cannabis sativa*, popularmente chamada de maconha, é uma planta formada por mais de 500 substâncias químicas já identificadas. Dentre elas, duas ganham destaque: o canabidiol (CBD) e o tetraidrocannabinol (THC).⁸⁸ Na literatura, é possível encontrar uma série de estudos sobre o uso desses dois compostos para o tratamento alternativo de doenças neurodegenerativas que, em muitos casos, não tem cura, como a esclerose múltipla e a epilepsia.⁸⁹⁻⁹⁶

O uso da *Cannabis sativa* para fins medicinais aumentou significativamente na última década. Apesar de ilegal em vários países, muitos estão em processo de mudanças ou implementações na legislação.⁸⁸ No Brasil, por exemplo, a maconha é ilegal e ainda não há regulamentação específica para o seu cultivo a fim de extrair o seu óleo medicinal para tratamentos alternativos. Sendo assim, as pessoas que buscam esse método para o tratamento de doenças acabam tendo que recorrer à justiça para conseguir o aval legal e, antes de consegui-lo, ficam sujeitas às sanções penais.⁹⁷ Isso ocorre pois, apesar de a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) já ter registrado o primeiro medicamento à base de *Cannabis sativa* no Brasil para o tratamento de esclerose múltipla,⁹¹ o Mevatyl[®] tem um custo muito alto.⁹⁸

O uso da maconha como tratamento alternativo é, portanto, um assunto polêmico que gera conflitos de opiniões entre os brasileiros, uma vez que ela é classificada como droga ilícita no país.⁹⁹ Além disso, seus dois principais componentes, o CBD e o THC são compostos constituídos por moléculas quirais e, por isso, o tema pode ser relacionado ao ensino de estereoisomeria.

O THC é o canabinoide responsável pelos efeitos psicoativos da maconha. Alguns estudos sugerem a sua utilização para estimular o apetite em pacientes com câncer e portadores de HIV (sigla que vem do inglês: *Human Immunodeficiency Virus*), além de possuir efeitos analgésico, atenua náuseas e vômitos decorrentes do tratamento com quimioterapia.⁸⁹ Entretanto, pode causar efeitos colaterais psicoativos, como alterações perceptivas, disforia, alucinações, anormalidades no pensamento, transtornos de personalidade e sonolência.¹⁰⁰

Por outro lado, o CBD é o principal componente não psicoativo da *Cannabis sativa* e compete com o THC como seu antagonista, atenuando o efeito psicoativo. Nas últimas décadas, estudos revelaram diversas propriedades farmacológicas do CBD, dentre elas ação analgésica e imunossupressora, ação no tratamento de isquemias, diabetes, náuseas e câncer, efeitos sobre os distúrbios de ansiedade, do sono e do movimento, bem como no tratamento dos sintomas decorrentes da epilepsia, esquizofrenia e das doenças de Parkinson e Alzheimer.^{89, 101}

Os dois principais componentes da maconha possuem uma característica comum interessante: suas fórmulas moleculares são a mesma: $C_{21}H_{30}O_2$. Sendo assim, esses compostos são isômeros constitucionais de função e possuem estereoisômeros.

A isomeria plana de função é caracterizada pelas diferentes funções orgânicas existentes nesses compostos. Na Figura 5 podemos observar que o CBD possui função orgânica fenol e o THC possui a função éter.

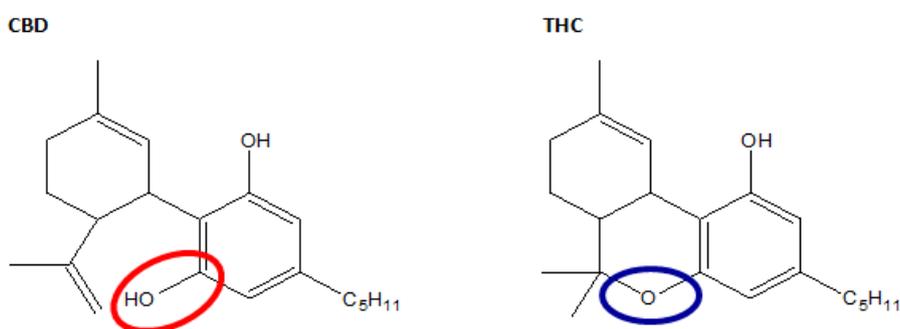


Figura 5. Estruturas químicas do CBD com a função fenol e do THC com a função éter. Fonte: autora.

Ainda, as moléculas do CBD e do THC possuem dois carbonos assimétricos e, dessa forma, cada um deles possui quatro estereoisômeros, ou seja, dois pares de

enantiômeros. As fórmulas estruturais dos enantiômeros do CBD e do THC estão mostradas na Figura 6.

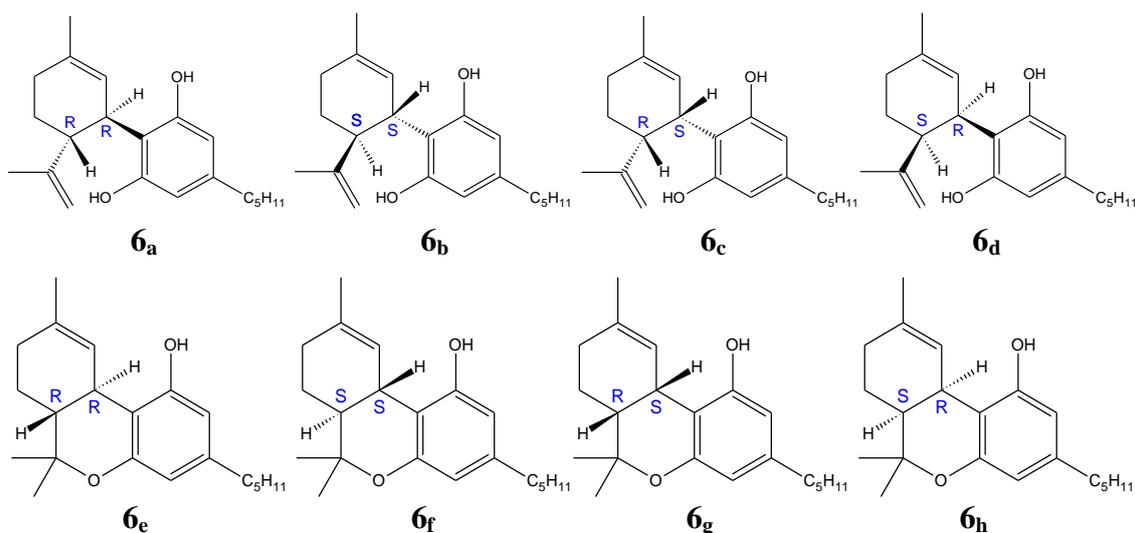


Figura 6. Estruturas das moléculas de CBD (6_a, 6_b, 6_c e 6_d) e de THC (6_e, 6_f, 6_g e 6_h).
Fonte: autora.

Em relação às propriedades físico-químicas dos compostos, ambos apresentam caráter ácido, visto que possuem em sua estrutura a função fenol. A temperatura de fusão das duas substâncias, nas condições ambientes, é de 66 °C e a temperatura de ebulição do THC e do CBD, nas condições ambientes, é de 157 °C e 180 °C, respectivamente. As diferentes temperaturas de ebulição podem ser explicadas pela maior polaridade do CBD, que apresenta em sua estrutura duas regiões com a função fenol ao invés da função éter do THC. Ainda, os dois compostos são lipossolúveis, uma vez que apresentam baixa polaridade. Vale ressaltar que as propriedades físico-químicas dos pares de enantiômeros são as mesmas, podendo apresentar diferentes características somente em relação às atividades biológicas que exercem no organismo.

Sendo assim, a partir de pesquisas na literatura e em vídeos documentários, elaborou-se o Caso 1: *Toda droga é ruim?* (Apêndice B) a partir do uso medicinal da maconha com enfoque nessas duas substâncias.

3.2.2 Antidepressivos: *Citalopram e Escitalopram*

Os antidepressivos são uma classe de medicamentos descoberta no fim da década de 50 e sua utilização na prática clínica trouxe avanços no tratamento e no entendimento de transtornos depressivos. Esses medicamentos são indicados para o

tratamento da depressão, mas também são utilizados para tratar outras doenças, como transtornos de ansiedade, transtornos alimentares, distúrbios do sono, disfunção sexual e dor crônica.^{102, 103}

No Brasil, estima-se que 10 milhões de pessoas sofram de depressão e os transtornos mentais representam a terceira causa de afastamento de brasileiros do trabalho.¹⁰³ A venda de antidepressivos aumenta a cada ano, devido principalmente ao seu baixo custo em relação a outras classes de medicamentos, uma vez que são utilizados também para o tratamento de outras doenças que não a depressão. Além disso, esses fármacos são muitas vezes prescritos por médicos sem que haja um diagnóstico aprofundado, o que leva a sua utilização de forma incorreta, podendo até configurar como abuso.¹⁰³

Apesar da grande venda de medicamentos antidepressivos, a depressão é uma doença muitas vezes subdiagnosticada e subtratada, principalmente pela presença de sintomas depressivos que também podem ocorrer em doenças crônicas, como fadiga e anorexia. Ainda, diversas doenças podem estar associadas à depressão, com destaque para as doenças cardiovasculares, endocrinológicas, neurológicas, renais, oncológicas e outras síndromes dolorosas crônicas.¹⁰⁴

Nesse contexto, o uso de antidepressivos se mostra uma questão social importante e, como esses medicamentos são formados principalmente a partir de compostos orgânicos, esse tema pode ser facilmente relacionado ao ensino de Química. A partir disso, foram escolhidos dois antidepressivos para serem utilizados no caso: o Citalopram e o Escitalopram.

O Citalopram é um antidepressivo da classe dos inibidores seletivos de recaptação de serotonina e possui em sua composição racêmica dois enantiômeros: o R(-) e o S(+)-enantiômero. Já o Escitalopram é um medicamento que possui apenas o enantiômero S(+) do Citalopram em sua formulação. Estudos comparando esses dois medicamentos mostram que, para doses equivalentes, o Escitalopram apresenta melhor efeito.¹⁰⁵⁻¹⁰⁷ As estruturas químicas desses compostos estão espostas na Figura 7.

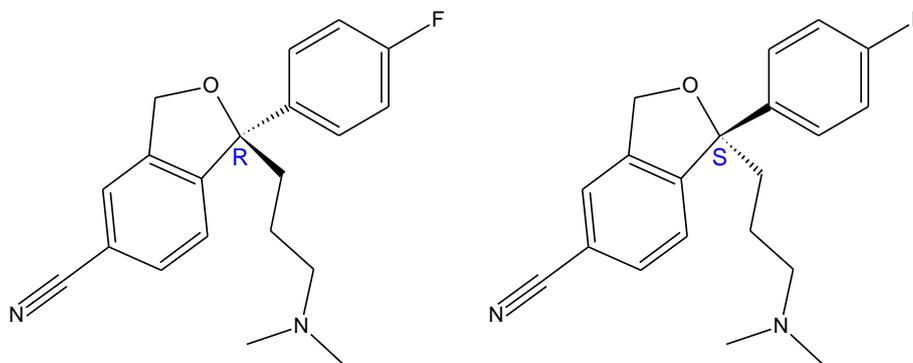


Figura 7. Estruturas das moléculas de R(-)-Citalopram e S(+)-Citalopram (Escitalopram).

Fonte: autora.

Por serem enantiômeros (o Escitalopram compõe 50% da composição do Citalopram), ambas as moléculas apresentam as mesmas propriedades físico-químicas: apresentam caráter básico (por possuírem a função amina terciária) e suas temperaturas de fusão e ebulição, nas condições ambientes, são de 147 °C e 428 °C, respectivamente e, por isso, são sólidos. Além disso, são considerados fármacos lipossolúveis, pois apresentam baixa solubilidade em água. Por outro lado, a atividade biológica exercida por eles no organismo é diferente e essa questão pode explicar o fato de o Escitalopram apresentar melhor efeito no organismo do que o Citalopram.

Por esses dois medicamentos serem formados por moléculas enantiômeras (já que possuem um carbono assimétrico) e por poderem apresentar efeitos distintos no organismo, optou-se por esses dois antidepressivos como foco do Caso 2: *A eficácia é a mesma?* (Apêndice C).

O intuito é que, após a aplicação do método, os estudantes entendam os conceitos de estereoisomeria e sejam capazes de relacionar esse conteúdo com o problema trazido pelo caso, a fim de elaborarem uma solução baseada no conhecimento de Química.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo estão apresentados os métodos que foram utilizados nesta pesquisa, sendo este dividido em seis partes. Na primeira parte, encontra-se a classificação da pesquisa e, na segunda, o contexto da mesma. Na terceira parte, têm-se os dois casos que foram elaborados e aplicados na atividade de EC. Na quarta parte, estão mostrados os cinco instrumentos utilizados para a coleta de dados. Na penúltima parte, apresenta-se como foram desenvolvidas as atividades e, por fim, na última parte discorreu-se sobre os métodos utilizados para a análise dos dados.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida com uma abordagem predominantemente qualitativa, associada a algumas técnicas da pesquisa quantitativa. Dessa forma, pode ser considerada de natureza mista, pois combina ou mescla os métodos quali e quantitativo, preconizando a obtenção de dados precisos e a compreensão aprofundada desses.¹⁰⁸

Segundo Tashakkori e Creswell¹⁰⁹, a pesquisa de métodos mistos pode ser definida como aquela em que “*o investigador coleta e analisa os dados, integra achados e extrai inferências usando abordagens ou métodos qualitativos e quantitativos em um único estudo ou programa de investigação*” (p. 207). No contexto da presente investigação, características das duas abordagens foram sendo mescladas, visto que teve o ambiente natural como fonte direta de dados¹¹⁰ parte dos dados coletados foram descritivos¹¹¹, bem como se utilizou instrumentos validados e padronizados¹¹²; a análise dos dados seguiu um processo indutivo¹⁰⁶, ao passo que foram utilizadas medidas estatísticas e verificadas hipóteses.¹⁰⁸

4.2 CONTEXTO DA PESQUISA

Os 56 sujeitos envolvidos nesta pesquisa foram divididos em 13 grupos de quatro a cinco estudantes, sendo sete grupos compostos por estudantes do curso de Farmácia (31 estudantes), matriculados na disciplina de Química Orgânica I no primeiro semestre de 2021, que corresponde ao período letivo 2020/2 do calendário da UFRGS, bem como 6 grupos formados por estudantes do curso de Biomedicina (25 estudantes),

matriculados na disciplina de Química Orgânica Teórica Fundamental no segundo semestre de 2021, que corresponde ao período letivo 2021/1 do calendário da UFRGS. Ambas as disciplinas são ofertadas pelo Departamento de Química Orgânica do Instituto de Química da UFRGS e espera-se que os estudantes as cursem nos semestres iniciais dos cursos (segunda etapa da Farmácia e primeira etapa da Biomedicina).

As duas disciplinas possuem carga-horária de 60 h (4 créditos) distribuídas em duas aulas semanais e fazem parte do currículo de vários cursos de graduação, dentre eles os da área da saúde, em específico, os de Farmácia e Biomedicina. No Quadro 4 são apresentadas as súmulas e os objetivos das duas disciplinas.

Quadro 4. Súmulas e objetivos de cada disciplina segundo os respectivos planos de ensino.

| Química Orgânica I | Química Orgânica Teórica Fundamental |
|--|---|
| Súmula | |
| Estrutura e reatividade de compostos orgânicos: características estruturais e eletrônicas em reações orgânicas em compostos de cadeia saturada e insaturada. | Estudo das propriedades dos compostos orgânicos com vistas a sua aplicação no estudo de biomoléculas e substâncias de interesse biológico, tecnológico e ambiental. |
| Objetivos | |
| Estudar as várias classes de compostos orgânicos do ponto de vista estrutural e eletrônico bem como suas nomenclaturas específicas. Proporcionar conhecimentos que permitam fundamentação teórica para a compreensão do comportamento dos compostos químicos, dos mecanismos de suas reações químicas gerais e específicas, visando métodos de síntese e análise das substâncias orgânicas. | Apresentar os conceitos fundamentais da química orgânica, estudar os compostos orgânicos e suas propriedades físicas. Proporcionar conhecimentos que permitam fundamentação teórica para a compreensão das principais classes de biomoléculas. |

Fonte: Planos de ensino.

No que se refere ao tópico de estereoquímica, nas duas disciplinas são destinadas duas semanas (10^a e 11^a das 19 semanas do semestre letivo) para o desenvolvimento dos conceitos relacionados à estereoisomeria. Durante o ano de 2021, por consequência da pandemia de COVID-19, as aulas ocorreram de forma síncrona e assíncrona no formato do Ensino Remoto Emergencial (ERE) através da plataforma *MTeams*[®] e o desenvolvimento das atividades será explicado no item 4.5.

4.3 CASOS APLICADOS

Para a aplicação do método EC, os casos utilizados podem ser criados ou pode-se utilizar casos já existentes na literatura ou em sites, como o *National Center for Case Study Teaching in Science* e o site do GPEQSC, citados anteriormente.

Apesar de o site do GPEQSC possuir um caso desenvolvido para o ensino de conceitos de estereoisomeria (Gêmeos, Genéricos, Quirais - São mesmo todos iguais?), nesta pesquisa, optou-se pela elaboração de dois casos com foco na temática fármacos que abordassem assuntos atuais e relevantes para o contexto dos dois cursos investigados. Para isso, as características de um “bom” descritas por Sá e Queiroz¹⁷, Herreid³⁸ e Serra e Vieira³⁷ foram levadas em consideração.

O Caso 1, intitulado *Toda droga é ruim?*, aborda o uso medicinal da maconha com enfoque em duas das principais substâncias a constituem: o CBD e o THC. O caso conta a história do João, um jovem de 20 anos que descobriu que tinha esclerose múltipla e não estava respondendo bem ao tratamento convencional. Dessa forma, ele teve que buscar tratamentos alternativos e, assim, passou a considerar o uso da *Cannabis* para tratar a doença. O Caso 1 pode ser consultado na íntegra no Apêndice B. Além disso, ressalta-se que esse caso começou a ser elaborado na disciplina Metodologias de Aprendizagem no Ensino Superior de Química do Programa de Pós-Graduação em Química, já com a pretensão de ser utilizado nesta pesquisa. O caso foi apresentado e discutido com as professoras e colegas da disciplina, sendo feitas alterações e ajustes sugeridos.

Já o Caso 2, intitulado *A eficácia é a mesma?* aborda o uso dos antidepressivos Citalopram e Escitalopram. O caso narra a história da Laura, uma jovem de 18 anos que, ao mudar de cidade para fazer graduação, começa a ter crises de ansiedade e, a partir disso, lhe foi prescrito o medicamento Escitalopram. Após algum tempo, ao mudar a medicação para o Citalopram, a jovem volta a ter crises. O Caso 2 pode ser consultado na íntegra no Apêndice C.

Em ambos os casos, os estudantes são convidados a ajudar as personagens, explicando com base nos conceitos de química e estereoisomeria o que pode estar acontecendo em cada situação problema e sugerindo uma solução para resolver seus dilemas.

4.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

De acordo com Lüdke e André,¹¹⁰ a diversidade de instrumentos para a coleta de dados em uma pesquisa possibilita uma análise mais adequada. Nesse sentido, os dados desta investigação foram obtidos através dos seguintes instrumentos:

4.4.1 Instrumento 1 - Questionário sobre o perfil dos estudantes

Foi elaborado com o propósito de caracterizar os sujeitos envolvidos nesta pesquisa e é constituído por 10 perguntas abertas que visaram conhecer algumas de suas perspectivas, opiniões e experiências em relação à Química. Esse instrumento está disposto no Apêndice D.

4.4.2 Instrumento 2 - Questionário sobre as atitudes em relação à Química

Foi elaborado com base no questionário *Attitudes Toward Chemistry Lessons Scale* (ATCLS) descrito por Ayyildiz e Tarhan⁴¹ e aplicado com os estudantes antes e após as aulas através do método EC. O questionário contém 14 afirmações divididas em três dimensões: interesse do estudante nas aulas de Química, importância da Química na vida real e relação da Química com a escolha profissional. As afirmações foram avaliadas pelos estudantes a partir da escala *Likert*,¹¹³ que será descrita no item 4.6. Dessa forma, os estudantes puderam expressar seu nível de concordância ou discordância em relação às afirmações antes e após as aulas através do EC. Esse instrumento está disposto no Apêndice E.

4.4.3 Instrumento 3 - Questionário sobre as contribuições do método EC

Utilizou-se o questionário proposto por Fernandes,¹¹⁴ o qual foi aplicado após as aulas através do método EC. O questionário é constituído 10 afirmações relacionadas às contribuições do método EC para o ensino de Química e para o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores. As afirmações foram avaliadas pelos estudantes a partir da escala *Likert*,¹¹³ que será descrita no item 4.6. Dessa forma, os estudantes puderam expressar seu nível de concordância ou discordância em relação às afirmações após as aulas através do EC. Esse instrumento está disposto no Apêndice F.

4.4.4 Instrumento 4 - Pré e Pós-Testes

Foram elaborados um pré e um pós-teste com nove questões descritivas sobre conceitos de estereoisomeria (cinco questões) e outros relacionados à Química Orgânica, tais como funções orgânicas (uma questão) e propriedades físico-químicas (três questões). O pré-teste foi aplicado antes e o pós-teste foi aplicado após as aulas desenvolvidas por meio do método EC. Diversos trabalhos da literatura utilizam a aplicação de pré e pós-testes para avaliar as contribuições do método na aprendizagem de conceitos químicos.^{35, 42, 43, 45-47} As questões de ambos os testes não eram exatamente iguais, mas avaliavam os mesmos conceitos. As questões dos testes foram estruturadas a partir de compostos químicos diferentes, ou seja, os princípios ativos dos medicamentos na Ketamina e Ibuprofeno no pré-teste e Talidomida e Naproxeno no pós-teste. Esses dois testes foram validados pelos dois professores que ministraram as disciplinas de Química Orgânica I e Química Orgânica Teórica Fundamental nas turmas investigadas. O pré e o pós-teste estão dispostos nos Apêndices G e H, respectivamente.

4.4.5 Instrumento 5 - Relatório em grupo

Foi solicitado que cada um dos 13 grupos entregasse de forma escrita uma breve descrição da solução que considerou a mais adequada para o caso. Essa descrição devia conter informações relevantes sobre os dois medicamentos e suas propriedades físico-químicas, além de argumentos baseados em referências bibliográficas que sustentassem a solução proposta.

Além desses instrumentos, também foram levadas em consideração as apresentações orais da solução encontrada pelos grupos, as discussões nos grupos do *WhatsApp*[®] e as observações e anotações da pesquisadora durante todas as atividades. A seguir, é apresentada de forma mais detalhada como cada uma das atividades foi aplicada com os sujeitos desta pesquisa.

4.5 DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

As atividades foram desenvolvidas no formato do ERE e realizadas de forma síncrona e assíncrona em cinco momentos descritos a seguir:

Momento 1: atividade assíncrona.

Foi enviado um e-mail aos estudantes solicitando que assistissem quatro vídeos: um com apresentação da proposta da pesquisa, contendo orientações para as atividades (Vídeo 1), dois sobre a Química dos fármacos e o conteúdo de estereoisomeria (Vídeos 2 e 3) e o último apresentando o método EC e com orientações sobre a resolução dos casos (Vídeo 4). Após assistir aos vídeos, os estudantes foram orientados a responder ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), Apêndice I, e os seguintes instrumentos de coleta de dados: questionário sobre o perfil dos estudantes, questionário inicial sobre as atitudes em relação à Química e o pré-teste individualmente.

Os links para acesso aos vídeos estão disponíveis a seguir:

- Vídeo 1 - Orientações para as atividades: <https://bit.ly/30zDB68>
- Vídeo 2 - A Química dos fármacos: <https://bit.ly/3DZbs5V>
- Vídeo 3 - A estereoquímica dos fármacos: <https://bit.ly/3IOU5Zg>
- Vídeo 4 - Orientações para a resolução dos casos: <https://bit.ly/3pYf7w2>

Momento 2: atividade síncrona.

O horário de uma das duas aulas semanais da disciplina, que corresponde a 2 h/aula, foi destinado para interagir com as turmas, sanar dúvidas em relação aos vídeos e às atividades, organizar os grupos e apresentar os casos.

Os dois casos foram lidos juntamente com os estudantes e, após, cada grupo escolheu um deles para analisar. Essa escolha foi guiada de forma que mais de um grupo de cada turma ficasse com um dos casos. Além disso, nesse encontro, foram criados grupos no *WhatsApp*[®] com a mestrandia e os membros de cada grupo, a fim de orientar as investigações dos acadêmicos, tirar dúvidas e obter registros do processo de resolução dos casos.

Momento 3: atividade assíncrona.

Os estudantes nos grupos deveriam buscar informações para a resolução dos casos, escrever um relatório com uma breve explicação da solução encontrada e organizar uma apresentação oral para a aula seguinte. Essas trocas de informações, bem como a resolução de qualquer dúvida que os estudantes tivessem, foram realizadas através dos grupos do *WhatsApp*[®].

Salienta-se que essa iniciativa foi importante para termos um acompanhamento das atividades, ideias, diálogos e participação dos estudantes. O trabalho em grupo é uma característica do método EC, o que acaba ficando limitado no contexto do ERE, sendo fundamental empregar estratégias que favorecem a discussão entre os integrantes de cada grupo.

Momento 4: atividade síncrona.

As apresentações orais de cada grupo das resoluções propostas para os casos foram realizadas no horário de aula (2 h/aula). Após cada apresentação, foi disponibilizado um momento para comentários e discussões entre os membros dos grupos, restante da turma e professores.

Momento 5: atividade assíncrona.

Após a aula de apresentação, foi enviado um e-mail solicitando que os estudantes respondessem ao questionário final sobre as atitudes em relação à Química, questionário sobre o método EC e pós-teste. A orientação foi para que respondessem individualmente e no prazo de uma semana.

4.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados desta pesquisa foram obtidos por meio dos cinco instrumentos de coleta de dados, descritos no item 4.4, a partir dos quais foram obtidas respostas individuais dos questionários e dos testes (pré e pós), bem como textos coletivos que compõem os relatórios de cada grupo. A diversidade de instrumentos utilizada gerou uma quantidade considerável de informações e dados, os quais foram tratados a partir de técnicas qualitativas e quantitativas. A Figura 8 apresenta um esquema que resume a avaliação dos dados empregada nesta pesquisa.

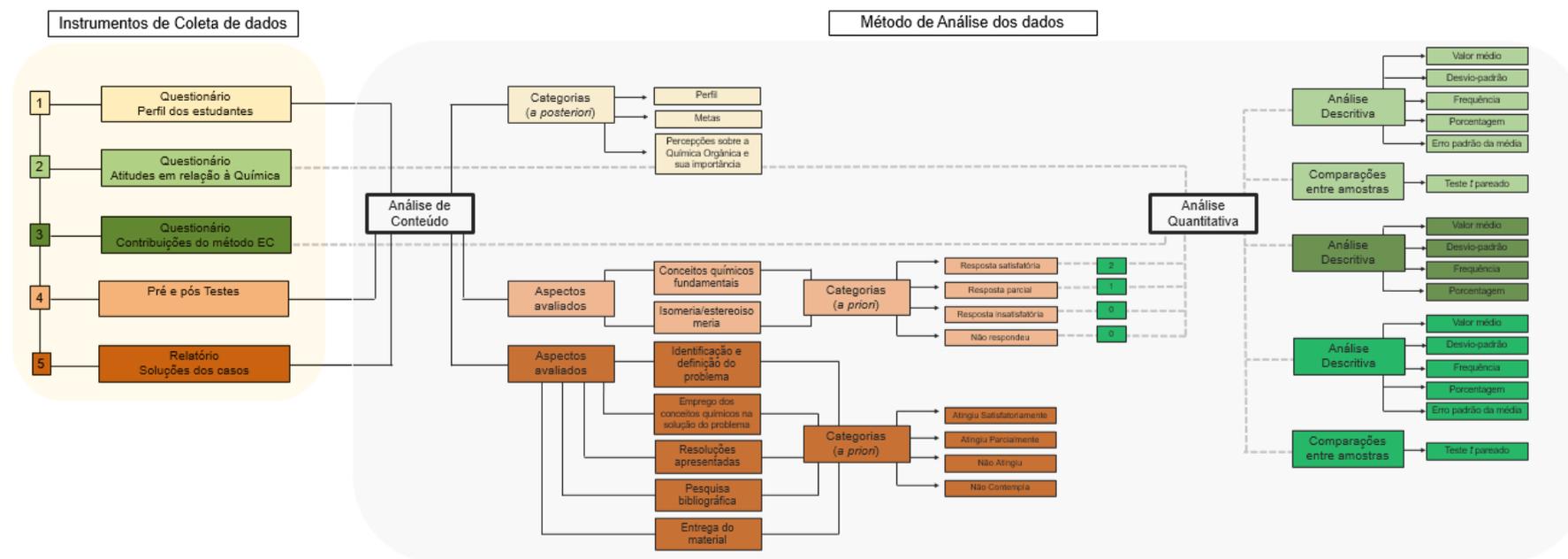


Figura 8. Esquema dos métodos utilizados para a análise dos dados.
 Fonte: autora.

O questionário sobre o perfil dos estudantes (Instrumento 1), os pré e pós-testes (Instrumento 4) e os textos dos relatórios (Instrumento 5) de cada grupo forneceram dados predominantemente descritivos, por isso, foram analisados ou inicialmente avaliados através da técnica de análise de conteúdo (AC) descrita por Bardin.¹¹⁵ A AC é um método que permite o tratamento de dados e informações sob forma de discursos pronunciados em diferentes linguagens: escritos, orais, imagens ou gestos. Essa técnica visa identificar o que está sendo dito a respeito de determinado tema a fim de se compreender o sentido manifesto ou oculto das comunicações.¹¹⁶

Dessa forma, as respostas dos estudantes foram classificadas por intermédio da análise temática ou categorial, que consiste em operações de desmembramento dos textos das respostas dos estudantes em unidades. Essas unidades correspondem aos núcleos que dão sentido ao texto e são agrupadas de acordo com a semelhança em categorias.¹¹⁵

A elaboração de categorias de análise pode surgir *a priori* (categorias predefinidas) ou *a posteriori* (categorias que surgem do próprio material). Segundo Lüdke e André¹¹⁰

A categorização, por si mesma, não esgota a análise. É preciso que o pesquisador vá além, ultrapasse a mera descrição, buscando realmente acrescentar algo à discussão já existente sobre o assunto focalizado. Para isso ele terá que fazer um esforço de abstração, ultrapassando os dados, tentando estabelecer conexões e relações que possibilitem a proposição de novas explicações e interpretações (p. 49).

Após a categorização, são feitos o tratamento, a inferência e interpretação dos dados. Esses momentos são intuitivos, de análise reflexiva e crítica. Segundo Bardin,¹¹⁵ o fator comum destas técnicas múltiplas e multiplicadas, desde o cálculo de frequências que fornece dados cifrados, até à extração de estruturas traduzíveis em modelos, é uma hermenêutica controlada, baseada na dedução: a inferência.¹¹⁵

Por meio da AC das respostas obtidas no Instrumento 1, que compreende um questionário com 10 perguntas sobre o perfil dos estudantes e foi respondido de forma assíncrona antes da aplicação do método EC, emergiram três categorias:

- Perfil;
- Metas;
- Percepções sobre a Química Orgânica e sua importância.

Na categoria **Perfil**, os sujeitos foram categorizados de acordo com a idade, o gênero, o curso de graduação, o tipo de escola que frequentou no Ensino Médio (pública

ou privada) e se foi a primeira vez que cursaram a disciplina de Química Orgânica correspondente. Na categoria **Metas**, verificaram-se os planos e interesses dos estudantes após finalizarem o curso de graduação. Por fim, na categoria **Percepções sobre a Química Orgânica e sua importância**, discutiram-se os interesses dos estudantes no estudo dessa disciplina e a relação dela com a temática fármacos e a sua futura profissão.

Os relatórios produzidos pelos grupos (Instrumento 5) contêm uma breve descrição da solução considerada a mais adequada para o caso. Os textos foram produzidos coletivamente pelos estudantes de cada grupo e foram avaliados por meio de categorias *a priori*, já sinalizadas pela literatura, empregadas previamente em outros trabalhos que utilizaram a metodologia PBL (da qual o método EC é uma variante). Toma, Greca e Meneses-Villagr¹⁹ destacam cinco aspectos importantes de serem analisados quando se utiliza a resolução de problemas, sendo eles: 1) Identificação e definição do problema; 2) Emprego dos conceitos químicos na solução do problema; 3) Resoluções apresentadas; 4) Pesquisa bibliográfica; 5) Entrega do material.

De forma análoga, no presente trabalho, cada um dos cinco aspectos foi avaliado qualitativamente em: Atingiu Satisfatoriamente (AS), Atingiu Parcialmente (AP), Não Atingiu (NA) e Não Contempla (NC). O Quadro 5 apresenta o que foi levado em consideração para a classificação dos relatórios dos grupos de acordo com cada aspecto.

Quadro 5. Aspectos e categorias para análise dos relatórios.

| Aspectos avaliados | AS | AP | NA | NC |
|---|--|--|--|--|
| 1. Identificação e definição do problema | Identifica e apresenta uma definição do problema. | Identifica o problema, mas não apresenta uma definição. | Identifica parcialmente o problema, sem apresentar uma definição. | Não há uma identificação e nem uma definição do problema. |
| 2. Emprego dos conceitos químicos na solução do problema | Apresenta relação entre a estereoquímica dos fármacos e seus efeitos no organismo. Cita características físico-químicas dos compostos. | Foca em aspectos farmacológicos. Apresenta uma relação pouco satisfatória entre a estereoquímica dos fármacos e seus efeitos no organismo. Cita pouco ou não cita características físico-químicas dos compostos. | Foca em aspectos farmacológicos. Não apresenta uma relação satisfatória entre a estereoquímica dos fármacos e seus efeitos no organismo. Não cita características físico-químicas dos compostos. | Não apresenta relação entre a estereoquímica dos fármacos e seus efeitos no organismo. |

| | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|--|
| 3. Resoluções apresentadas | Apresenta solução eficiente com argumentos consistentes baseados na Ciência. O posicionamento do grupo fica claro. | Apresenta solução eficiente com poucos argumentos baseados na Ciência. O posicionamento do grupo fica claro. | Apresenta solução pouco eficiente com falta de argumentos baseados na Ciência. O posicionamento do grupo não fica claro. | Não apresenta solução, nem argumentos baseados na Ciência. O posicionamento do grupo não fica claro. |
| 4. Pesquisa bibliográfica | Utilizou fontes bibliográficas sugeridas e outras a mais e as indicou. | Utilizou somente as fontes bibliográficas sugeridas e as indicou. | Utilizou as fontes bibliográficas sugeridas e não as indicou. | Não indicou e não utilizou fontes bibliográficas. Utilizou somente sites como referência. |
| 5. Entrega do material | Entregou o material no formato de relatório com formatação e organização definida. | Entregou o material no formato de relatório sem formatação ou sem organização definida. | Entregou o material sem formatação e sem organização definida. | Não entregou o material. |

Fonte: autora.

Os pré e pós-testes (Instrumento 4) são constituídos por nove questões descritivas sobre dois fármacos diferentes cada. Inicialmente, as respostas obtidas nesses testes foram avaliadas pela AC, considerando dois aspectos:

1. Conceitos químicos fundamentais: quatro perguntas que envolviam os tópicos funções orgânicas, solubilidade, estado físico e caráter ácido-base dos compostos (Questões 1, 6, 7 e 8 de cada teste).

2. Conceitos de isomeria/estereoisomeria: cinco perguntas sobre os tópicos isomeria/estereoisomeria, carbono assimétrico, estruturas dos estereoisômeros e atividade biológica (Questões 2, 3, 4, 5 e 9 de cada teste).

As respostas de cada um dos estudantes foram classificadas em quatro categorias definidas *a priori*, que são: resposta satisfatória (RS), resposta parcial (RP), resposta insatisfatória (RI) e não respondeu (NR). De maneira geral, a categoria RS corresponde às respostas mais embasadas e que atingiram o objetivo da pergunta utilizando conceitos químicos. Já a categoria RP representa as respostas que não apresentaram clareza teórica, muitas vezes pela falta de interpretação ou de conhecimento dos acadêmicos. Na categoria RI os participantes responderam incorretamente à questão, apresentando confusão ou erros de conceitos. Por fim, a categoria NR contempla os estudantes que não responderam as questões.

Considerando que cada questão abordou conceitos distintos, julgou-se importante elaborar critérios para a classificação das respostas de cada pergunta em

cada aspecto avaliado. Os Quadros 6 e 7 apresentam as definições esperadas para cada conceito em cada categoria.

Quadro 6. Aspecto 1 - Conceitos químicos fundamentais.

| Conceito | Categoria | Descrição |
|------------------------|-----------|---|
| Q1 – Funções orgânicas | RS | Identifica corretamente todas as funções orgânicas. |
| | RP | Esquece de identificar ou confundiu alguma das funções. |
| | RI | Não identifica corretamente nenhuma das funções. |
| | NR | Não respondeu. |
| Q6 – Solubilidade | RS | Relaciona a solubilidade com a polaridade. |
| | RP | Associa a solubilidade a outras propriedades, como forças intermoleculares. |
| | RI | Associa incorretamente a solubilidade a propriedades físico- químicas, como pH, classificação da cadeia carbônica, funções orgânicas, elétrons livres, etc) |
| | NR | Não respondeu. |
| Q7. Estado físico | RS | Cita o estado físico e explica relacionando à massa molecular, à polaridade e ou às forças intermoleculares. |
| | RP | Cita o estado físico e não explica ou apresenta alguma confusão de conceitos na explicação. |
| | RI | Erra o estado físico de um ou ambos os compostos. |
| | NR | Não respondeu. |
| Q8. Caráter ácido-base | RS | Cita o caráter corretamente e o relaciona à função orgânica. |
| | RP | Cita o caráter corretamente, mas não o relaciona à função orgânica. Erra o caráter de um dos compostos. |
| | RI | Erra o caráter de ambos compostos. |
| | NR | Não respondeu. |

Fonte: autora.

Quadro 7. Aspecto 2 - Conceitos de isomeria/estereoisomeria.

| Conceito | Categorias | Descrição |
|---|------------|---|
| Q2 – Conceito de isomeria. | RS | Explica que a isomeria é o fenômeno que ocorre quando dois os mais compostos possuem a mesma fórmula química, mas apresentam diferenças na estrutura da molécula ou no arranjo espacial dos átomos. |
| | RP | Explica o conceito de isomeria de forma parcial, apresentando alguns erros conceituais. |
| | RI | Explica o conceito de isomeria de forma equivocada, com erros conceituais. |
| | NR | Não respondeu. |
| Q3 – Conceito de estereoisomeria | RS | Explica corretamente o conceito de estereoisomeria (isômeros configuracionais) e cita que é um tipo de isomeria. |
| | RP | Explica corretamente o conceito de estereoisomeria (isômeros configuracionais), mas não a diferencia da isomeria. Apresenta confusão de conceitos. |
| | RI | Explica o conceito de estereoisomeria de forma equivocada, com erros conceituais. |
| | NR | Não respondeu. |
| Q4 – Identificação do carbono assimétrico | RS | Identifica todos os carbonos assimétricos. |
| | RP | Esquece de algum dos carbonos assimétricos ou identifica carbonos assimétricos a mais. |
| | RI | Não identifica carbonos assimétricos. |
| | NR | Não respondeu. |

| | | |
|------------------------------------|----|--|
| Q5 – Estrutura dos estereoisômeros | RS | Desenha corretamente as estruturas dos estereoisômeros de ambos compostos. |
| | RP | Desenha a estrutura correta dos estereoisômeros de apenas um dos compostos . |
| | RI | Desenha de forma incorreta a estrutura dos estereoisômeros de ambos compostos. |
| | NR | Não respondeu. |
| Q9 – Atividade biológica | RS | Explica que a atividade biológica dos compostos está relacionada com a sua estrutura molecular de acordo com o modelo chave-fechadura. |
| | RP | Explica que a atividade biológica dos compostos está relacionada com a sua estrutura molecular de acordo com o modelo chave-fechadura, mas apresenta alguns erros conceituais. |
| | RI | Não relaciona a atividade biológica dos compostos com a sua estrutura molecular. |
| | NR | Não respondeu. |

Fonte: autora.

Após a avaliação qualitativa das respostas, foram atribuídos valores usando uma escala de 0 a 2 para cada categoria, sendo: 0 = NR e RI, 1 = RP e 2 = RS. Os dados foram tabulados em planilhas do *Microsoft Office Excel*[®] e a para análise estatística empregou-se o programa *Statistical Package for Social Sciences (SPSS)* versão 23.

Na sequência, utilizou-se a estatística descritiva para uma apreciação geral dos dados e foram calculados valores-médios, desvios-padrões, frequências, porcentagens e erros padrão da média.

Além disso, os dados obtidos no pré e pós-testes foram comparados por meio do teste *t Student*, para amostras pareadas. De acordo com Hair Jr. *et al.*,¹¹⁷ o teste *t* é apropriado para comparar dois conjuntos de dados quantitativos por meio de seus valores médios. Dessa forma, justifica-se a utilização do teste *t* emparelhado, pois se deseja comparar as respostas de um mesmo indivíduo a dois instrumentos distintos, ou seja, os pré e pós-testes.

Neste contexto, o teste *t* permite avaliar se as diferenças entre as médias no pré e pós-testes foram significativas estatisticamente. Assim, considera-se a seguinte hipótese da presente investigação:

H₁: O emprego da metodologia EC contribui para avanços conceituais de Química Orgânica, especificamente de estereoisomeria.

Se a diferença entre os valores for significativa, se aceita a hipótese alternativa (H₁) e rejeita-se a hipótese nula (H₀), a qual significa que as respostas dos estudantes não se alteraram com o desenvolvimento da metodologia EC. Para isso, compara-se o valor calculado no teste *t* (t_{cal}) com o valor tabelado (t_{tab}) (Anexo A) e a significância (p). Se t_{cal}>t_{tab} e p<0,05, se aceita a H₁ e rejeita a H₀.

Os questionários referentes às atitudes em relação à Química (Instrumento 2) e às contribuições do método EC (Instrumento 3) eram compostos por 14 e 10 afirmações, respectivamente. Esses dois instrumentos forneceram dados das avaliações dos estudantes em relação a cada afirmação a partir da escala *Likert*¹¹³ de cinco pontos, sendo o ponto central neutro, indo de (1) “Discordo totalmente” até (5) “Concordo totalmente”, como pode ser visto no Quadro 8.

Quadro 8. Escala numérica para julgar as afirmações.

| Nível | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------|---------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| Descrição | Discordo totalmente | Discordo parcialmente | Não concordo nem discordo | Concordo parcialmente | Concordo totalmente |

Fonte: autora.

Dessa forma, os estudantes puderam expressar seu nível de concordância ou discordância em relação às afirmações antes (questionário sobre as atitudes em relação à Química) e após a aula através do EC (questionários sobre as atitudes em relação à Química e sobre as contribuições do método EC).

Inicialmente, os dados obtidos em ambos os instrumentos foram transcritos e tabulados em planilhas do *Microsoft Office Excel*[®] e analisados por meio do programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) versão 23, que forneceu os valores-médios, desvios-padrões, frequências e porcentagens.

Além disso, para os dados obtidos nos Instrumentos 2 e 3, calculou-se o grau de concordância, que pode ser expresso por meio de porcentagem, o que pode classificar os valores médios obtidos para cada afirmação em quatro grupos: Grau de discordância forte, Grau de discordância moderado, Grau de concordância moderado e Grau de concordância forte. Para isso, utilizou-se a Equação (1) que permitiu a obtenção de valores equivalentes do valor-médio (VM) em porcentual.

$$\text{Grau de Concordância em \%} = (\text{VM} - 1) \times \frac{100}{(\text{número de pontos da escala Likert} - 1)} \quad (1)$$

A Figura 9 apresenta a análise qualitativa do grau de concordância dos estudantes por meio da escala *Likert* e a relação com avaliação quantitativa representada pelos graus de discordância e concordância.

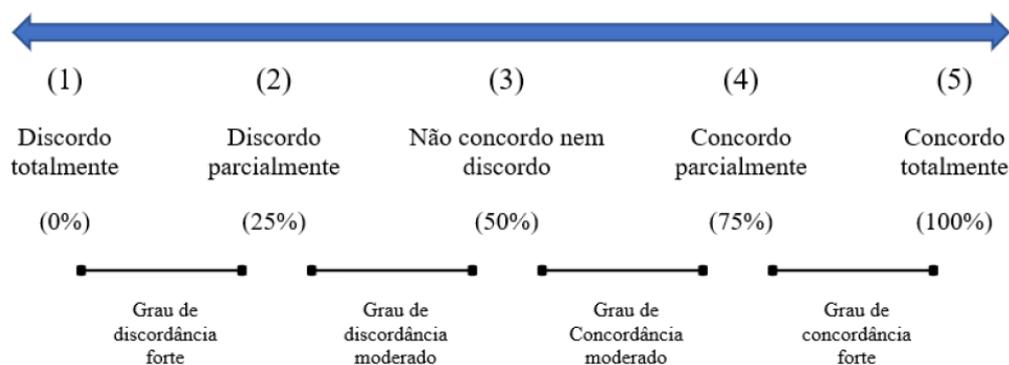


Figura 9. Escala do grau de concordância.

Fonte: autora.

Por fim, os dados obtidos nos questionários sobre as atitudes em relação à Química (Instrumento 2), aplicados antes e após a participação dos estudantes nas atividades do método EC, foram comparados por meio do teste *t Student*, para amostras pareadas. Conforme já descrito, o teste *t* permite avaliar se as diferenças entre as médias dos dois questionários foram significativas estatisticamente. Assim, considera-se a seguinte hipótese para essa investigação:

H_1 : O emprego da metodologia EC contribui para promover o desenvolvimento de atitudes dos estudantes em relação ao interesse nas aulas, à importância da Química na vida real e a sua relação com a escolha profissional.

Se a diferença entre os valores for significativa, se aceita a hipótese alternativa (H_1) e rejeita a hipótese nula (H_0).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos a partir da análise dos dados dos instrumentos desta pesquisa, bem como as discussões decorrentes dos mesmos. Para isso, o capítulo foi dividido em cinco partes: na primeira, tem-se o perfil e as perspectivas dos estudantes. Na segunda parte estão mostrados os resultados provenientes dos relatórios contendo a resolução dos casos de cada grupo. Na parte seguinte, é apresentada a avaliação conceitual, proveniente dos resultados dos pré e pós-testes. Na sequência, está apresentada a avaliação atitudinal, proveniente dos resultados dos questionários sobre as atitudes em relação à Química. Por fim, na última parte, têm-se os resultados da avaliação dos estudantes em relação à atividade de EC, obtidos a partir do questionário sobre as contribuições do método.

5.1 PERFIL E PERSPECTIVAS DOS ESTUDANTES

As turmas eram compostas por 33 estudantes do curso de Farmácia e 37 estudantes do curso de Biomedicina, sendo que desses, respectivamente, 31 (Ef1 a Ef31) e 25 (Eb1 a Eb25) se propuseram a participar da pesquisa, ou responderam a todos os instrumentos de coleta de dados. Dos 70 acadêmicos matriculados nas duas turmas, foram considerados como sujeitos da pesquisa os 56 (80%) estudantes que responderam ao TCLE e participaram de todas das atividades.

Em relação ao **Perfil**, os sujeitos tinham idades entre 18 e 39 anos, com média de 21 anos (somente 12% dos estudantes tinham 24 anos ou mais) e 69% eram do gênero feminino. Em torno de 48% deles estudaram integralmente em escolas públicas no Ensino Médio e 90% estavam cursando respectiva disciplina de Química Orgânica pela primeira vez.

No que se refere às **Metas**, foi possível perceber que, dentre os estudantes, 72% pretendem trabalhar e continuar estudando após a formação, 12% aspiram apenas a trabalhar, 9% têm a intenção apenas de continuar estudando e os demais (7%) ainda estão indecisos sobre o que vai fazer após se formar na graduação.

Na categoria **Percepções sobre a Química Orgânica e sua importância**, 95% dos estudantes consideram que é importante estudar Química Orgânica para a sua futura profissão e todos acreditam que a Química tem um papel fundamental no

desenvolvimento da área farmacêutica. A maioria (91%) afirma conseguir relacionar a Química Orgânica com o estudo dos fármacos e apenas 14% dizem não gostar dessa disciplina ou área do conhecimento.

Dentre algumas das respostas sobre a relação da Química Orgânica com o estudo dos fármacos, estão:

Ef3: A Química Orgânica nos permite entender o comportamento de moléculas que são usadas em fármacos, e com isso podemos entender como elas atuam no organismo.

Ef9: Tenho a noção de que a maioria dos fármacos são compostos orgânicos e suas propriedades influenciam em muitos fatores no nosso organismo.

Eb20: A partir dos conhecimentos adquiridos em Química Orgânica, podemos compreender como os fármacos reagem em nosso organismo, como se comportam em determinados pH, bem como a variabilidade de sua absorção.

Alguns estudantes, no entanto, mostram dificuldade em associar o estudo da Química Orgânica com os fármacos, como pode ser visto nas respostas:

Ef2: Ainda não consigo criar uma linha de raciocínio entre o conteúdo de estereoquímica e os fármacos.

Eb15: Tenho dificuldade de entender a relação, pois não consigo "visualizar" o que atrapalha o meu entendimento sobre.

Ainda, ao serem questionados sobre quais os conteúdos de Química Orgânica lembravam, apenas 25 estudantes (44,6%) citaram o conteúdo de isomeria/estereoisomeria, ou seja, menos da metade dos sujeitos.

5.2 RESOLUÇÃO DOS CASOS

A resolução dos casos foi analisada a partir dos relatórios escritos por cada grupo (Instrumento 5), que continham a solução proposta para o problema. Além do texto entregue, foram feitas observações sobre as apresentações orais e as discussões realizadas durante as aulas e via *WhatsApp*[®]. Os 56 sujeitos da pesquisa se organizaram em 13 grupos para a solução dos dois casos propostos.

O Quadro 9 mostra o resultado da avaliação realizada sobre os relatórios dos sete grupos que tiveram que solucionar o Caso 1: *Toda droga é ruim?*. Os grupos eram

formados por quatro ou cinco estudantes, totalizando 30 acadêmicos que resolveram esse caso. Os grupos identificados como Gf2, Gf3 (cinco estudantes cada), Gf4 e Gf5 (quatro estudantes cada) eram da turma de Farmácia e os identificados como Gb4, Gb5 e Gb6 (todos com quatro estudantes) eram da turma de Biomedicina.

Quadro 9. Avaliação dos relatórios do Caso 1: *Toda droga é ruim?*

| Grupos | 1. Identificação e definição do problema | 2. Emprego dos conceitos químicos na solução do problema | 3. Resoluções apresentadas | 4. Pesquisa bibliográfica | 5. Entrega do material |
|--------|--|--|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| Gf2 | AP | AS | AS | AS | AS |
| Gf3 | AS | AP | AS | NA | AP |
| Gf4 | AS | AS | NA | NA | AS |
| Gf5 | NA | AS | NA | AS | AS |
| Gb4 | AS | AS | AS | AP | AP |
| Gb5 | AP | AP | AP | NA | AP |
| Gb6 | AS | AS | AS | NA | AS |

Fonte: autora.

O Quadro 10 expõe o resultado da avaliação realizada sobre os relatórios de cada um dos seis grupos que tiveram que solucionar o Caso 2: *A eficácia é a mesma?*. Cada grupo era formado por quatro ou cinco estudantes, totalizando 26 estudantes que propuseram soluções para esse caso. Os grupos identificados como Gf1, Gf7 (quatro estudantes cada) e Gf6 (cinco estudantes) eram da turma de Farmácia e os identificados como Gb1, Gb3 (quatro estudantes cada) e Gb2 (cinco estudantes) eram da turma de Biomedicina.

Quadro 10. Avaliação dos relatórios do Caso 2: *A eficácia é a mesma?*

| Grupos | 1. Identificação e definição do problema | 2. Emprego dos conceitos químicos na solução do problema | 3. Resoluções apresentadas | 4. Pesquisa bibliográfica | 5. Entrega do material |
|--------|--|--|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| Gf1 | AS | AP | AS | AP | AS |
| Gf6 | AS | NA | AS | NA | AP |
| Gf7 | AS | NA | AS | AP | AP |
| Gb1 | AP | NA | AS | AP | AS |
| Gb2 | AP | AP | AS | NA | AP |
| Gb3 | AP | NA | AS | NA | AP |

Fonte: autora.

A Tabela 5 apresenta a avaliação geral dos relatórios dos 13 grupos nos quais os 56 estudantes estavam organizados

Tabela 5. Análise dos relatórios dos 13 grupos.

| Aspectos avaliados | AS | AP | NA | NC |
|--|----|----|----|----|
| 1. Identificação e definição do problema | 7 | 5 | 1 | 0 |
| 2. Emprego dos conceitos químicos na solução do problema | 5 | 4 | 4 | 0 |
| 3. Resoluções apresentadas | 10 | 1 | 2 | 0 |
| 4. Pesquisa bibliográfica | 2 | 4 | 7 | 0 |
| 5. Entrega do material | 6 | 7 | 0 | 0 |

Fonte: autora.

Quase a totalidade dos grupos (12) conseguiu identificar o problema (AS e AP), mas, dentre esses, cinco (Gf2, Gb1, Gb2, Gb3 e Gb5) não apresentaram sua definição e, por isso, foram classificados como AP. Alguns exemplos de grupos classificados como AS na identificação e definição do problema do Caso 1 (Gf3 e Gb6) de Caso 2 (Gf6) estão apresentados a seguir:

Gf3: João deve usar? Para responder essa pergunta proposta por esse estudo, vamos estudar um pouco mais sobre os princípios ativos encontrados na *Cannabis sativa*, THC e CBD, respectivamente tetrahydrocannabinol e canabidiol.

Gb6: Este relatório visa dar embasamento para o uso de *Cannabis sativa* para o tratamento de esclerose múltipla. Entendendo a diferença entre THC e CBD e as formas de consumo.

Gf6: Neste estudo de caso clínico, se avalia o uso de dois medicamentos semelhantes; tanto o Citalopram como o Escitalopram podem ser prescritos para transtorno de ansiedade.

A explicação para que praticamente todos os grupos não tenham apresentado dificuldades na identificação dos problemas, provavelmente, se deve ao fato de os dois casos aplicados serem considerados bem estruturados¹¹⁸. Uma das principais características desse tipo de caso é que o problema a ser solucionado é de fácil detecção, ou seja, está explícito no texto, além de poder apresentar várias alternativas de solução, cabendo ao estudante a tarefa de optar pela mais viável.

Já o grupo Gf5 identificou parcialmente o problema do Caso 1 e não apresentou uma definição própria do mesmo ou levantou outras questões auxiliares (NA), como se observa no trecho inicial do relatório:

Gf5: Diversos estudos afirmam que medicamentos formulados a partir dos canabinóides 9- δ -tetra-hidrocanabinol (THC) e canabidiol (CBD) podem ser utilizados como forma de tratamento alternativo da esclerose múltipla.

Percebe-se que os estudantes têm noção de que o problema do Caso 1 está associado ao tratamento da esclerose múltipla, mas o grupo não o relaciona no relatório ao fato de o personagem (João) ter essa doença e estar na dúvida se deve ou não utilizar a *Cannabis* como tratamento alternativo. Considera-se a dificuldade em identificar o problema e relacioná-lo ao contexto do caso um aspecto relevante para discussão e que merece a atenção dos professores quando aplicam o método em aula. Isso porque, durante a resolução de um caso, segundo Sá e Queiroz¹⁷, os estudantes devem cumprir algumas etapas básicas: identificação e definição do problema, bem como acesso, avaliação e uso de informações necessárias à resolução do mesmo. O não cumprimento de alguma dessas etapas pode comprometer todo o processo de investigação que, além disso, requer também a formulação de hipóteses e avaliação e verificação de dados.

No que diz respeito ao emprego dos conceitos químicos na resolução do problema, cinco grupos (Gf2, Gf4, Gf5, Gb4 e Gb6) apresentaram resultado satisfatório (AS). Esses relacionaram a estereoquímica e as características dos fármacos dos casos com o seu efeito no organismo, identificando as estruturas moleculares de cada composto. Alguns exemplos de relatórios classificados na categoria AS são os dos grupos Gf2 e Gb4 (ambos do Caso 1), dos quais foram retirados os trechos a seguir:

Gf2: Apesar de possuírem a mesma fórmula molecular ($C_{21}H_{30}O_2$) o THC e o CBD agem de forma antagônica. Isso é possível, pois são classificados na química, como isômeros estruturais, ou seja, substâncias com a mesma fórmula molecular, mas com arranjo atômico diferente. (...) Essas diferenças em grupos funcionais influenciam na interação ligante-receptor.

Gb4: O CBD e o THC possuem em comum a mesma fórmula molecular $C_{21}H_{30}O_2$, logo, são isômeros estruturais, pois apresentam funções orgânicas distintas. No THC, temos o grupo funcional éter e no CBD há a função orgânica fenol o que lhes garante diferentes propriedades entre si.

Quatro grupos (Gf1, Gf3, Gb2 e Gb5) empregaram de forma superficial ou com alguns equívocos os conceitos químicos na resolução do problema, sendo classificados na categoria AP. Esses grupos focaram em apresentar uma solução a partir dos aspectos farmacológicos dos compostos, relacionando de forma pouco satisfatória, ou com alguns erros conceituais, a estereoquímica e as características dos fármacos envolvidos com seus efeitos no organismo, além de não identificarem as estruturas moleculares das substâncias. Alguns apresentaram as estruturas dos compostos na apresentação oral, mas não as colocaram no relatório. Na sequência, são mostrados trechos dos textos dos relatórios dos grupos Gf1 (Caso 2) e Gf3 (Caso 1):

Gf1: Apesar de serem indicados para tratamentos semelhantes, o citalopram, é a forma racêmica do R-enantiômero e do S-enantiômero (escitalopram). (...) o S-enantiômero liga-se ao sítio primário por sua afinidade ser de 30 a 40 vezes mais forte que a afinidade do R-enantiômero por este sítio, já que a estereosseletividade pelos enantiômeros no sítio alostérico é baixa.

Gf3: O THC e o CBD são isômeros, o que significa que apresentam a mesma fórmula química (número de átomos), porém apresentam arranjos espaciais e ligações entre esses átomos diferentes (...). Esses compostos agem no sistema endocanabinoide, no organismo, se ligam aos receptores canabinoides (CB1 e CB2) (...). O THC tem afinidade por ambos receptores, ativando parcialmente ambos. Já o CBD tem uma afinidade muito maior pelo CB2 do que pelo CB1, e pode atuar modulando a ação do THC sobre o CB1.

Observa-se que o Gf1 emprega corretamente os nomes de cada enantiômero presente nos medicamentos e relaciona-os com a afinidade (estereosseletividade) pelo sítio ativo. Entretanto, o grupo não faz a associação de que essa afinidade (chamada também de lateralidade no modelo chave-fechadura) só ocorre devido à estrutura específica de cada enantiômero. Já o grupo Gf3 apresenta erros conceituais ao explicar o que são isômeros e, assim como o Gf1, dá enfoque à característica farmacológica da afinidade, mas não a relaciona com a estrutura específica de cada enantiômero.

Ainda sobre esse aspecto, quatro grupos foram classificados na categoria NA em relação ao emprego dos conceitos químicos na resolução do problema. Esses grupos focaram sua solução nos aspectos farmacológicos dos compostos e não apresentaram uma relação satisfatória e/ou apresentaram erros/confusões conceituais entre a estereoquímica e as características dos fármacos e seus efeitos no organismo, além de não diferenciarem estruturalmente as substâncias, conforme pode ser verificado nos trechos dos relatórios dos grupos Gf6 e Gf7 (Caso 2):

Gf6: O enantiômero S (+) do Citalopram, que é o Escitalopram, é responsável pela ação antidepressiva e ansiolítica, sendo que inibe duas vezes mais a recaptação da serotonina que o enantiômero R (-) do citalopram. Isso ocorre porque o R-enantiômero do Citalopram neutraliza o efeito do S-enantiômero.

Gf7: O citalopram e o escitalopram, por serem estereoisômeros, têm a mesma fórmula molecular ($C_{20}H_{21}FN_2O$) e mesma massa molecular (324,4 g). O citalopram apresenta um centro quiral e é comercializado na forma de mistura racêmica dos enantiômeros (R) e (S). Toda a atividade inibitória do citalopram na recaptação da serotonina se encontra no enantiômero (S) (S-citalopram), sendo o (S)-citalopram 167 vezes mais potente do que o (R)-citalopram ao inibir a recaptação da serotonina no cérebro de camundongos.

É importante ressaltar que, na avaliação do aspecto “Emprego dos conceitos químicos na solução do problema”, somente grupos que resolveram o Caso 1 foram classificados como AS e apenas grupos que resolveram o Caso 2 foram classificados na categoria NA. Uma explicação para isso pode ter relação como o tipo de isomeria que os compostos de cada caso apresentam: o CBD e THC (Caso 1) possuem estereoisômeros cada, mas, entre si, são isômeros planos de função. Já o Citalopram e o Escitalopram (Caso 2) possuem apenas relação estereoisomérica, sendo o Escitalopram um dos enantiômeros presentes no Citalopram. Assim, no Caso 1, os compostos apresentam um tipo de isomeria constitucional, que pode ser identificada com maior facilidade pelos estudantes, o que possivelmente contribuiu para que eles conseguissem relacioná-la na resolução do caso. Ressalta-se que a literatura aponta que os estudantes apresentam dificuldades na compreensão dos conceitos de isomeria, mas isso se agrava principalmente na parte da estereoisomeria.²⁰⁻²²

Também, destaca-se que o conteúdo de isomeria já deveria ser de conhecimento dos alunos, uma vez que se presume que foi ensinado a eles no Ensino Médio. No entanto, nesse nível, a maior parte das aulas é destinada à isomeria plana, sendo que, em muitos casos, a estereoisomeria não é abordada. Ademais, como as aulas de Química ainda são majoritariamente realizadas através de práticas descontextualizadas,¹¹⁹ é compreensível que os estudantes apresentem dificuldade em fazer associações dos conceitos químicos para resolver problemas do cotidiano. Por fim, o contexto dos cursos dos estudantes, Farmácia e Biomedicina, pode justificar a ênfase dada aos aspectos farmacológicos em vez das características físico-químicas dos compostos para explicar os seus efeitos no organismo.¹²⁰

A maioria dos grupos (10) conseguiu apresentar uma solução eficiente de forma clara e com argumentos que sustentassem a resolução proposta e, por isso, foram classificados na categoria AS. As soluções sugeridas pelos grupos foram compartilhadas com a turma oralmente e a maioria utilizou recursos como o *Microsoft Office PowerPoint*[®] para organizar as apresentações. O grupo Gb6 (Caso 1) chamou a atenção pela criatividade, pois apresentou sua solução através de um vídeo que mostrava uma simulação de conversa em um grupo de *WhatsApp*[®] entre os membros do grupo e a personagem. De forma geral, os estudantes foram criativos e demonstraram domínio na habilidade de comunicação ao apresentarem as soluções propostas para os casos.

A fim de exemplificar algumas resoluções consideradas satisfatórias, estão expostos a seguir trechos dos relatórios dos grupos Gf2 e Gf3 (Caso1), bem como Gf7 (Caso2):

Gf2: Os potenciais benefícios dos canabinóides já são bem evidenciados em estudos observacionais em seres humanos. Com certeza devem ser considerados como fortes aliados na condução do tratamento de pacientes com esclerose múltipla, oferecendo ao paciente qualidade de vida e eliminando ainda os sintomas adversos frequentemente causados por terapias convencionais. (...) A legalização da produção de *Cannabis* pelas indústrias farmacêuticas brasileiras garantiria um medicamento seguro e de preço mais acessível além de trazer mais qualidade de vida para os portadores de esclerose múltipla e outras doenças.

Gf3: Com base em vários relatos de pessoas que usam e tem quadro de melhoras, por exemplo, em doenças como esclerose múltipla e tantas outras, baseados nos estudos feitos dos benefícios dos compostos isômeros THC e CBD aconselhamos o João a fazer o seu uso com monitoramento médico. No estudo, verificamos que algumas pessoas não apresentam melhora em seus quadros, porém muitas sim, por isso, interpretamos como válida a tentativa de uso com a cautela e acompanhamento médico para verificar reações adversas.

Gf7: Chegamos à conclusão de que a Laura deve retornar a médica para relatar o que está acontecendo e para que ela decida o que é melhor para a Laura. Nós acreditamos que a Laura deva continuar o tratamento com o escitalopram, pois era o medicamento que ela já utilizava e possui mais benefícios que o citalopram, que tem 50% de substâncias desnecessárias.

Apenas o grupo Gb5 (Caso 1) foi classificado na categoria AP, pois apresentou confusão nos argumentos utilizados para defender a solução proposta, como pode ser visto no trecho abaixo:

Gb5: Desta forma, é possível ressaltar a importância que o tratamento com *Cannabis* tem no caso clínico de João. Apesar de que apenas alguns quadros clínicos apresentam melhora, pode ser que este tratamento devolva ao João a possibilidade de ter uma vida com surtos de esclerose múltipla mais controlados e espaçados no tempo.

Ainda, dois grupos (Gf4 e Gf4), que deveriam resolver o problema do Caso 1, apresentaram soluções pouco eficientes e sem argumentos. As propostas desses estudantes não são claras, pois apenas citam os efeitos dos compostos no organismo, sem esclarecerem os seus posicionamentos em relação ao personagem João fazer uso ou não dessas substâncias, conforme os trechos abaixo:

Gf4: Para tranquilizarmos o João, fizemos uma busca sobre os principais benefícios do uso da *Cannabis sativa* medicinal, dentre os quais destacamos a

desaceleração do processo neurodegenerativo, limitando a evolução da doença, tudo isso devido às propriedades anti- inflamatórias e antioxidantes do canabidiol. (...) Atualmente, é liberado o uso de um único fitofármaco derivado da Cannabis, chamado Mevatyl, entretanto há incertezas sobre a segurança do uso do produto a longo prazo.

Gf5: A ação, principalmente, do THC promoveu a diminuição de tremores e da espasticidade, redução de dores neuropáticas, além da redução da gravidade clínica geral da doença.

Ressalta-se que é compreensível que alguns estudantes apresentem dificuldades na resolução dos casos, já que isso envolve o desenvolvimento das habilidades como pensamento crítico e tomada de decisão. Como muitos podem não estar acostumados com abordagens de ensino investigativas que os incitem a se posicionar, alguns podem se sentir constrangidos perante os demais ou, ainda, serem influenciados por sua cultura e experiências prévias ao realizarem suas escolhas. Apesar disso, resultados apontados pela literatura mostram que o método EC contribui para a autonomia do estudante na busca por conhecimento e para o desenvolvimento da capacidade argumentativa e do pensamento crítico para a tomada de decisão.^{18, 121}

Sobre o aspecto “Resoluções apresentadas”, pode-se observar que todos os grupos que receberam o Caso 2 foram classificados como AS. Isso pode estar relacionado ao fato de que esse caso trata de medicamentos amplamente utilizados no Brasil, enquanto o Caso 1 aborda o uso alternativo de uma substância considerada ilegal no país (*Cannabis*), o que pode ter dificultado a formulação de uma solução.

Apesar disso, a abordagem de um tema controverso pelo caso mostra-se interessante, pois incita a discussão, contribuindo para o desenvolvimento da comunicação e da argumentação.¹⁸ Além dessas habilidades, a temática polêmica pode promover o pensamento crítico e a tomada de decisão, já que exige que o estudante forme uma opinião e isso implica a análise de juízos pessoais e sociais e a relação de valores e aspectos éticos com um problema social.¹²¹ Questões controversas exigem dos estudantes conhecimentos e capacidades para avaliar responsabilmente problemas e isso pode contribuir para a formação de cidadãos esclarecidos e responsáveis.^{5, 27}

O quarto aspecto avaliado nos relatórios, “Pesquisa bibliográfica”, demonstrou que a maior parte dos estudantes não está acostumada a referenciar suas pesquisas, já que apenas cinco grupos indicaram de forma correta as fontes de pesquisa no final do trabalho. Desses, apenas dois grupos (Gf2 e Gf5) utilizaram outras referências além das sugeridas e, por isso, foram classificados na categoria AS. Outros três grupos (Gf1, Gf7 e Gb1), apesar de terem indicado as referências consultadas, utilizaram apenas as

sugeridas e, por isso, foram classificadas como AP. Ainda, um grupo (Gb4) não utilizou as fontes bibliográficas sugeridas e indicou outras referências ao final do trabalho e ao longo do texto, porém, o grupo se baseou apenas em informações provenientes de sites de notícias e *blogs* não acadêmicos e, por isso, foi classificado na categoria AP. Os últimos sete grupos, apesar de ficar visível no relatório que utilizaram as referências sugeridas, não as indicaram e, por isso, foram classificados como NA.

Nesse contexto, ressalta-se a importância da pesquisa bibliográfica em atividades de investigação, já que a educação científica tem um papel fundamental no desenvolvimento das habilidades de pesquisa. É de suma importância alertar os estudantes sobre o cuidado que devem ter em buscar dados e basear seus argumentos somente a partir de fontes confiáveis. Ademais, com a facilidade de acesso à informação proporcionada pela internet e com a disseminação de *fake news*, a atenção a essa questão pela educação se torna ainda mais imprescindível.¹²²

Por fim, foi avaliada a entrega do relatório. Seis grupos entregaram o relatório com formatação padrão e organização bem definida e foram classificados na categoria AS. Já sete grupos foram classificados como AP, pois o relatório estava com diferentes formatações (2) ou em formato de texto corrido sem uma organização clara e didática (5), sendo que um desses (Gb4) não possuía os nomes dos integrantes do grupo.

Apesar de nenhum grupo ter atingido a classificação AS em todos os aspectos, pode-se afirmar que, em geral, todos conseguiram concluir a atividade de EC e os propósitos didáticos com o uso do método foram atingidos, considerando que os estudantes não estão acostumados com o ensino através de métodos ativos.¹⁸ De forma geral, os relatórios forneceram indícios de que eles compreenderam a proposta da atividade, além de participaram ativamente das discussões durante a leitura, a resolução e a apresentação das soluções dos casos. Além disso, ressalta-se a importância da criação dos grupos no *WhatsApp*[®], pois facilitou a discussão de forma remota entre os estudantes e permitiu à professora acompanhar as mesmas, direcionado a investigação e esclarecendo dúvidas quando solicitado, mesmo à distância.

Ainda, apesar de o ensino através de temáticas, como a dos fármacos, que é relevante para a vida profissional dos sujeitos envolvidos, não ser garantia de que uma aprendizagem eficiente ocorrerá, pode-se afirmar que o tema promoveu a contextualização do ensino de conceitos abstratos da Química, como os de estereoisomeria. Percebeu-se que aliar a temática fármacos a situações problema, como as trazidas pelos casos, implicou em uma estratégia eficiente para demonstrar a utilização

prática dos conceitos químicos. Assim, futuramente, isso pode levar os estudantes a utilizarem esse conhecimento de forma crítica e produtiva.¹²³ Essa questão está de acordo com o que é reportado pela literatura em relação ao emprego do EC, de que o método possibilita o desenvolvimento de habilidades como tomada de decisão e pensamento crítico.^{6, 9, 17, 38, 58, 60, 65}

5.3 AVALIAÇÃO CONCEITUAL

Para a avaliação conceitual dos estudantes, foram aplicados testes antes (pré-teste) e após (pós-teste) a atividade de EC, a fim de verificar se o método contribuiu para a aprendizagem dos conceitos químicos estudados.

Os testes eram compostos por nove questões que foram apreciadas de forma geral e pelos aspectos avaliados: conceitos químicos fundamentais (questões 1, 6, 7 e 8) e conceitos de isomeria/estereoisomeria (questões 2, 3, 4, 5 e 9).

No que se refere à avaliação geral, após análise qualitativa das respostas, foram atribuídos valores em uma escala de zero a dois para as categorias (0 = NR e RI; 1 = RP e 2 = RS). Dessa forma, a pontuação máxima que poderia ser obtida por um estudante seria 18, visto que ambos os testes eram constituídos por nove questões. A Tabela 6 apresenta o resultado geral do teste *t* de amostra pareada, que foi feito para determinar se houve uma diferença significativa entre as médias do pré e pós-teste.

Tabela 6. Resultados da análise geral do teste *t* de amostra de pares para a avaliação conceitual.

| Pré-teste | | | Pós-teste | | | t | p |
|-----------|---------------|----------------------|-----------|---------------|----------------------|--------|-------|
| Média | Desvio Padrão | Erro padrão da média | Média | Desvio Padrão | Erro padrão da média | | |
| 10,52 | 3,77 | 0,505 | 12,86 | 2,95 | 0,394 | -5,138 | 0,000 |

Fonte: autora.

Os resultados do teste *t* para amostra de pares revelaram que houve uma diferença estatística significativa entre os resultados dos pré e pós-testes ($p < 0,05$). A partir do valor de t_{tab} (Anexo A) para o grau de liberdade 55 ($n=56$), com um intervalo de confiança de 95%, o valor de t_{cal} deve ser, em módulo, maior que aproximadamente 2. Dessa forma, se aceita a hipótese alternativa: O emprego da metodologia EC contribui para avanços conceituais de Química Orgânica, especificamente de

estereoquímica. Isso é corroborado pelas médias obtidas em ambos os testes, em que houve um aumento de 10,52 para 12,86 do pré para o pós-teste.

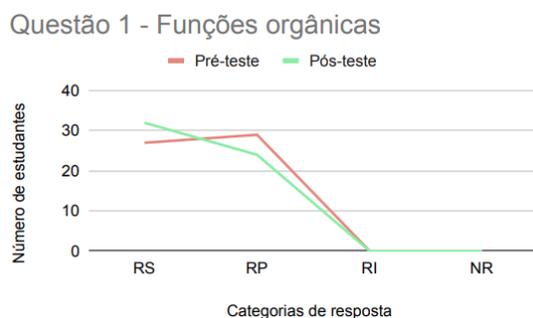
Em específico, no que se refere aos conceitos químicos fundamentais, as quatro questões dos pré e pós-testes foram avaliadas e a pontuação máxima que poderia ser obtida por um estudante seria 8. A Tabela 7 apresenta o resultado geral do teste *t* de amostra pareada, que foi feito para determinar se houve uma significativa diferença entre as médias do pré e pós-teste nesse aspecto.

Tabela 7. Resultados da análise de teste *t* de amostra de pares referente aos conceitos químicos fundamentais.

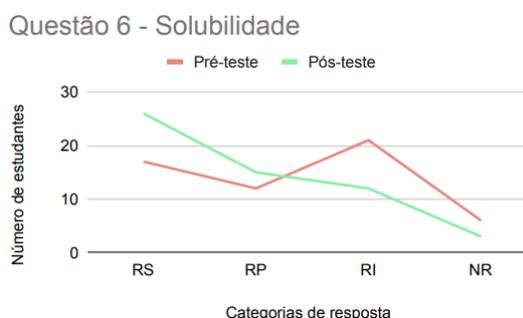
| Conceitos químicos fundamentais | Pré-teste | | | Pós-teste | | | t | p |
|---------------------------------|-----------|---------------|----------------------|-----------|---------------|----------------------|--------|-------|
| | Média | Desvio Padrão | Erro padrão da média | Média | Desvio Padrão | Erro padrão da média | | |
| | 4,09 | 2,08 | 0,278 | 4,84 | 1,60 | 0,214 | -2,829 | 0,007 |

Fonte: autora.

O resultado do teste *t* para os conceitos químicos fundamentais foi $t(55) = -2,829$ e $p < 0,05$, o que indica que houve uma diferença estatística significativa entre os resultados dos testes. As médias obtidas aumentaram de 4,09 para 4,84 do pré para o pós-teste. A Figura 10 apresenta os resultados obtidos a partir da análise das respostas dos estudantes em categorias para as questões sobre os conceitos químicos fundamentais.

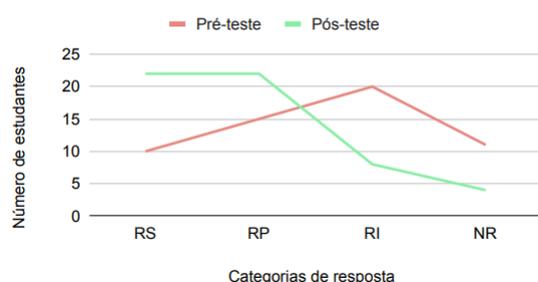


10_a



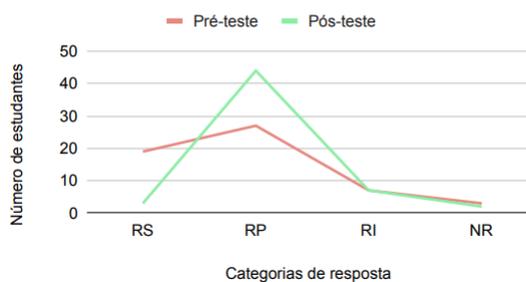
10_b

Questão 7 - Estado físico



10_c

Questão 8 - Caráter ácido-base



10_a

Figura 10. Resultados obtidos a partir da análise das respostas dos estudantes para as quatro questões (figuras 10_a, 10_b, 10_c e 10_d) do aspecto conceitos químicos fundamentais.

Fonte: autora.

O objetivo dessas questões foi avaliar os conhecimentos dos estudantes em relação a conceitos que são estudados previamente ao tópico de isomeria e são fundamentais para o entendimento da Química Orgânica e, inclusive, da estereoisomeria.²¹ Esses conceitos, ou a maior parte deles, já foram apresentados aos estudantes no Ensino Médio e em disciplinas prévias de cada curso, como a Química Geral. Entretanto, pode-se observar que alguns acadêmicos não os compreendem, uma vez que em todas as questões, em ambos os testes, foram obtidas respostas insatisfatórias (RI) e ausência de resposta (NR).

Na Questão 1, os estudantes tinham que identificar as funções orgânicas presentes na estrutura molecular de dois medicamentos em cada teste. No pré-teste, os compostos eram a Ketamina (funções amina secundária, cetona e haleto) e o Ibuprofeno (função ácido carboxílico). No pós-teste, os compostos eram a Talidomida (função amida) e o Naproxeno (funções éter e ácido carboxílico).

Como pode ser observado na Figura 10_a, houve um aumento de 27 para 32 respostas satisfatórias do pré para o pós-teste. Já as respostas classificadas como RP diminuíram de 29 para 24, nas quais os estudantes confundem uma função com outra ou esquecem-se de identificar alguma delas. Os equívocos mais comuns foram: a não identificação da função haleto orgânico no pré-teste e a confusão entre as funções orgânicas amina e cetona com a amida presente na estrutura da Talidomida no pós-teste. Nenhum estudante teve resposta classificada como RI, pois ao menos uma das funções presentes nas estruturas químicas dos fármacos foi identificada.

A aprendizagem de funções orgânicas é tida, muitas vezes, como um processo difícil pelos estudantes por serem muitas funções e algumas apresentarem semelhanças entre si.¹²⁴ Além disso, algumas pesquisas^{125, 126} relatam que os estudantes apresentam maior dificuldade na identificação das funções orgânicas em moléculas polifuncionais, devido à complexidade estrutural, o que é o caso das estruturas dos princípios ativos dos medicamentos. Esses fatores podem justificar o elevado número de respostas (53) classificadas como RP em ambos os testes e servem como um alerta para professores, independentemente do nível de escolaridade, pois, conforme evidenciado, algumas dificuldades permanecem mesmo após o estudo do tópico na graduação.

Na Questão 6, os estudantes deveriam explicar a diferença de solubilidade em água entre os compostos, sendo fornecido o valor da constante de solubilidade (K_{PS}) de cada substância. Esperava-se que eles explicassem a diferença de solubilidade de espécies orgânicas a partir da polaridade e das interações intermoleculares, visto que, de maneira geral, pode-se fazer previsões relacionando esse fatores com a solubilidade do soluto em um determinado solvente.¹²⁷ Conforme pode ser observado na Figura 10_b, houve um considerável aumento de respostas classificadas como RS do pré (17) para o pós-teste (26), como por exemplo:

Ef5: Em sua composição, a ketamina apresenta grupos funcionais que aumentam a sua polaridade, tais como -Cl, =O e -NH, o que aumenta e muito a hidrofiliabilidade do composto. Em contrapartida, a molécula do ibuprofeno apresenta somente o grupo -COOH, que confere menor polaridade comparado aos grupos presentes na ketamina.

As respostas parciais, que apresentaram algumas confusões ou equívocos conceituais, aumentaram de 12 no pré para 15 no pós-teste, como as expostas a seguir:

Eb23: A ketamina possui mais ligações de hidrogênio e fragmentos polares. Além de possuir a diferença de eletronegatividade do oxigênio da dupla O, como uma grande influência.

Eb1: Por causa da polaridade das moléculas e da cadeia de carbono que faz serem hidrofóbicas ou hidrofílicas. O naproxeno tem um carbono a mais e por isso é menos solúvel.

Observa-se que o estudante Eb23 cita que a Ketamina realiza “mais ligações de hidrogênio”, no entanto, tanto essa molécula, quanto a do Ibuprofeno, possuem apenas uma região na sua estrutura onde essas ligações podem ocorrer e, ainda, essa região tem maior influência na solubilidade do que o oxigênio que possui dupla ligação. Já o

acadêmico Eb1 confunde alguns conceitos, como o fato de o Naproxeno ser menos solúvel por possuir um carbono a mais.

Já as respostas incorretas diminuíram de 21 para 12, bem como seis e três estudantes não responderam a essa questão no pré e no pós-testes, respectivamente. Duas respostas categorizadas como RI são:

Eb15: Quanto maior é a cadeia maior é a sua solubilidade, portanto o ibuprofeno é mais solúvel, até porque tem mais hidrogênio disponível para fazer ligações com a água.

Eb11: A ketamina é formada pelo íon Cl^- , o que a torna uma ligação polar e insolúvel em água.

Apesar do aumento nas respostas RS e RP, chama a atenção o número significativo (33) de respostas insatisfatórias e de sujeitos que não responderam (9) a essa questão em ambos os testes. A solubilidade é um tópico fundamental para a Química, devido à variedade de fenômenos e características envolvidas no seu entendimento. Se considerarmos a Química dos fármacos, o entendimento da solubilidade é essencial, uma vez que influencia fortemente as propriedades farmacocinéticas no organismo, tais como absorção, distribuição, metabolismo e excreção.¹²⁷

Proporcional à importância da solubilidade é a sua complexidade conceitual, uma vez que é influenciada por vários fatores, tais como o tamanho molecular ou iônico, a polaridade (ou carga), as forças dispersivas e dipolares, as ligações de hidrogênio e a temperatura.¹²⁹ Nas aulas de Química, muitas vezes, todos esses aspectos não são contemplados durante a análise do processo de solubilização de uma substância em outra, o que pode resultar em um entendimento fragmentado do conceito. Além disso, a dificuldade encontrada pelos acadêmicos pode ter relação com o fato de que os livros de Química geralmente abordam esse tema de forma superficial ou incompleta, dando atenção especial aos compostos inorgânicos e pouca atenção à polaridade nos compostos orgânicos.¹²⁷

A Figura 10c apresenta a análise da previsão do estado físico de algumas substâncias nas condições ambientais. No pré-teste, apenas 10 estudantes apresentaram respostas classificadas na categoria RS, sendo que esse número subiu para 22 no pós-teste. Esperava-se que os estudantes explicassem o estado físico de acordo com a massa

molecular e as forças intermoleculares (ou polaridade) presentes em cada substância. Isso pode ser evidenciado na resposta a seguir:

Ef21: Ambos apresentam estado físico sólido, pois são moléculas de grande massa molecular e ambas as moléculas fazem ligações de hidrogênio, o que dificulta a passagem para o estado líquido.

As respostas parcialmente satisfatórias aumentaram de 15 para 22 do pré para o pós-teste, nas quais os estudantes conseguiram prever o estado físico do composto, mas não explicaram a razão que os fundamenta ou apresentam ideias incompletas e/ou ainda erros conceituais. Alguns exemplos classificados na categoria RP são:

Ef25: O naproxeno está em estado sólido por ser um ácido monocarboxílico com vários carbonos, e essas fortes interações aumentam o ponto de ebulição da molécula.

Ef11: Os dois compostos são sólidos a temperatura ambiente, a explicação seria que por conterem ligações duplas entre carbonos, ligações carbononitrogênio e ligações carbono-oxigênio, as ligações seriam mais próximas e mais fortes mantendo assim as moléculas dos compostos unidas.

Pelo considerável número de respostas classificadas como parciais (37) em ambos os testes, nota-se que muitos estudantes conseguem identificar os estados físicos das substâncias em questão, mas não são capazes de citar os fatores que os determinam, como a massa molecular, as forças intermoleculares e/ou a polaridade.¹²⁹ Uma das causas para isso pode ser a desvinculação da Química Orgânica dos demais conteúdos de Química, que segundo Marcondes *et al.*¹³⁰ é um dos grandes problemas do ensino dessa área no Brasil. Os autores comentam que a maneira como a Química tradicionalmente vem sendo estruturada, principalmente pelos livros didáticos, cristalizou na prática uma abordagem compartimentada dos conteúdos. Eles comentam que os conhecimentos das diferentes áreas não são conectados uns aos outros e, assim, os estudantes podem não conseguir relacionar os conhecimentos sobre ligações químicas ou solubilidade com as propriedades físico-químicas dos compostos orgânicos. As relações entre esses conteúdos não são exploradas no ensino e isso pode explicar a dificuldade encontrada nessa questão.

Ainda se destaca que as respostas incorretas diminuíram de 20 para oito e o número de sujeitos que não respondeu decaiu de 11 para quatro do pré para o pós-teste. Dentre as respostas classificadas como RI estão:

Eb21: A Talidomida é líquida na temperatura ambiente, por conta das funções orgânicas cetona e amida, que possuem pontos de fusão baixos, porém os seus pontos de ebulição são altos. O Naproxeno é líquido também, apesar de possuir como função orgânica o ácido carboxílico, que tem ponto de fusão alto, possui em sua estrutura dois anéis aromáticos, que fazem com que o ponto de fusão seja baixo e o de ebulição alto.

Dentre os erros conceituais das respostas classificadas como RI, destaca-se a previsão da Ketamina como um composto líquido nas condições ambientes, como pode ser observado nas seguintes respostas:

Eb11: A ketamina em temperatura ambiente é líquida injetável, devido ser uma mistura racêmica. Já o ibuprofeno é um pó sólido, praticamente insolúvel em água.

Eb15: A ketamina é líquida, pois a amina é catalizadora de reações e a cetona é um solvente, e o ibuprofeno pode ser encontrado como sólido devido a sua função orgânica.

Esse erro pode ter relação com a forma comercial da Ketamina, que é vendida como solução aquosa, uma vez que é utilizada de forma injetável.¹³¹

Na Questão 8, os estudantes deveriam prever a acidez ou basicidade dos compostos. Para isso, esperava-se que eles associassem os grupos funcionais presentes nas estruturas da Ketamina e Ibuprofeno (pré-teste), bem como da Talidomida e Naproxeno (pós-teste) com possíveis comportamentos ácidos ou básicos dessas substâncias.

Por meio da Figura 10_d, percebe-se que esse tópico merece destaque, uma vez que o índice de respostas satisfatórias diminuiu de 19 para apenas três do pré para o pós-teste. Um exemplo de RS está mostrada abaixo:

Eb15: O ibuprofeno é mais ácido por possuir o ácido carboxílico. Já a Ketamina tem caráter básico, pois possui a amina.

O número de respostas parciais aumentou de 17 (pré-teste) para 44 (pós-teste), totalizando 61 respostas parciais em ambos os testes, nas quais muitos estudantes previram o caráter ácido ou básico do composto, mas não o relacionaram à função orgânica presente. A frequência de respostas insatisfatórias manteve-se igual (7) nos pré e pós-testes e o número de sujeitos que não respondeu a essa questão diminuiu de três para dois. Na sequência, uma das respostas classificadas como RI:

Ef23: A talidomida apresenta maior caráter básico pelo fato de apresentar mais átomos eletronegativos e átomos que possuem pares de elétrons livres quando comparado ao naproxeno. Esse fato a torna com caráter mais básico, pois esses átomos se ligam mais facilmente aos íons H^+ , promovendo uma alcalinização do meio.

Uma observação importante é que, no pós-teste, um número significativo de estudantes (30) relacionou a função amida (Talidomida) ao caráter básico. Ao que parece isso é decorrente de uma dedução feita a partir da associação com as propriedades das aminas, como se todos os compostos nitrogenados se comportassem da mesma maneira. Esse fato pode ser consequência do que é reportado na literatura a respeito das definições de acidez e basicidade, nos livros-texto do Ensino Médio, estarem relacionadas à composição das substâncias e não à reatividade ou ao comportamento dessas frentes a outras.^{132, 133} No caso das amidas, elas são menos básicas que as aminas e isso pode ser explicado devido ao par de elétrons não ligante do nitrogênio estar em ressonância com a carbonila, além do efeito retirador de elétrons desse grupo. Esses fatores contribuem para que o par de elétrons do nitrogênio não esteja disponível.^{134, 135}

Além disso, no Ensino Superior, há poucas discussões sobre os aspectos epistemológicos dos tópicos incluídos nos conteúdos programáticos nas disciplinas de Química. Isso pode tornar a previsão do caráter ácido-base dos compostos um obstáculo para o conhecimento, uma vez que muitos estudantes reproduzem a definição equivocada encontrada nos livros de Ensino Médio de que ácido é a espécie que, em solução aquosa, libera íons H^+ e base é a espécie que, em solução aquosa, libera íons OH^- .^{132, 133} Dessa forma, é importante alertar os professores que uma abordagem baseada no acúmulo de classificações quanto à composição faz com que as definições não só se confundam como causem distorções ao aprendizado.¹³³ Sugere-se enfatizar que os termos acidez e basicidade são relativos à reatividade e não à composição.

De forma geral, a partir da análise das questões sobre conceitos químicos fundamentais, percebe-se que a atividade através do método EC contribuiu para avanços na aprendizagem conceitual, já que, exceto na avaliação do tópico acidez e basicidade, houve um aumento quantitativo de respostas satisfatórias do pré para o pós-teste, o que é corroborado também pelos resultados das médias e do teste *t*.

Apesar disso, em virtude da quantidade significativa de RP e RI em ambos os testes, os resultados mostraram que, embora os estudantes já tenham visto esses

conteúdos no Ensino Médio e em outras disciplinas do Ensino Superior, há lacunas na aprendizagem desses conceitos. Uma das hipóteses para esse problema é que a aprovação na educação básica não reflete necessariamente a aprendizagem em Química, já que os métodos de ensino e as avaliações adotadas por professores podem estar contemplando apenas aprovações em provas (vestibulares ou concursos), mas não a aprendizagem de fato.¹³⁶

Somado a isso, destaca-se a falta de contextualização nas aulas, o uso de metodologias inadequadas, a falta de incentivo por parte dos professores e familiares e de recursos nas instituições de ensino, como laboratórios de Ciência e de informática.^{119,}
¹²⁰ Dessa forma, é fundamental encontrar meios para superar as lacunas e as dificuldades no processo de ensino e aprendizagem de Química, principalmente de conceitos fundamentais.

No que se refere aos conceitos de isomeria e estereoisomeria, as cinco questões dos pré e pós-testes foram avaliadas e a pontuação máxima que poderia ser obtida por um estudante seria 10. A Tabela 8 apresenta o resultado geral do teste *t* de amostra pareada, que foi feito para determinar se houve uma significativa diferença entre as médias do pré e pós-teste nesse aspecto.

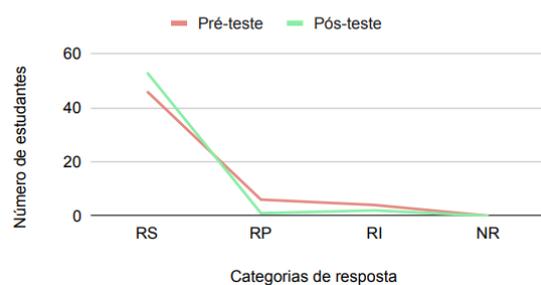
Tabela 8. Resultados da análise de teste *t* de amostra de par referente aos conceitos de isomeria/estereoisomeria.

| Isomeria/ Estereois. | Pré-teste | | | Pós-teste | | | t | p |
|-------------------------|-----------|---------------|----------------------|-----------|---------------|----------------------|--------|------|
| | Média | Desvio Padrão | Erro padrão da média | Média | Desvio Padrão | Erro padrão da média | | |
| | 6,43 | 2,12 | 0,284 | 8,02 | 1,72 | 0,230 | -6,093 | 0,00 |

Fonte: autora.

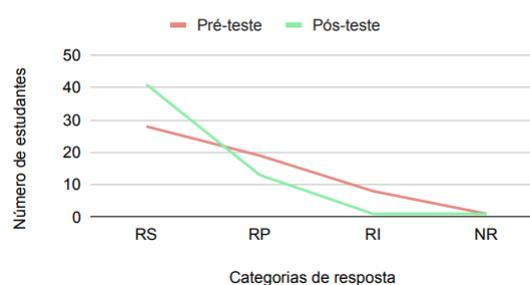
O resultado do teste *t* para os conceitos de isomeria/estereoisomeria foi $t(55)=-6,093$ e $p<0,05$, o que indica que houve uma diferença estatística significativa entre os resultados dos testes. As médias obtidas aumentaram de 6,43 para 8,02 do pré para o pós-teste. A Figura 11 apresenta os resultados obtidos a partir da análise das respostas dos estudantes em categorias para as questões sobre os conceitos químicos fundamentais.

Questão 2 - Isomeria



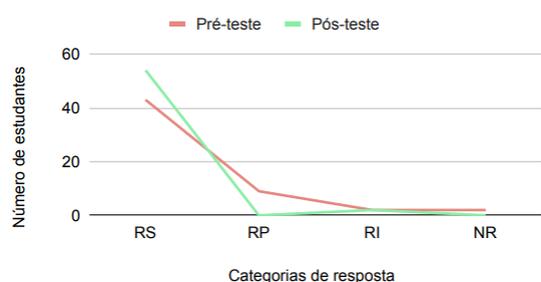
11_a

Questão 3 - Estereoisomeria



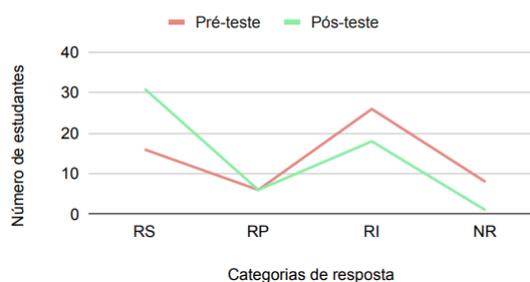
11_b

Questão 4 - Carbono assimétrico



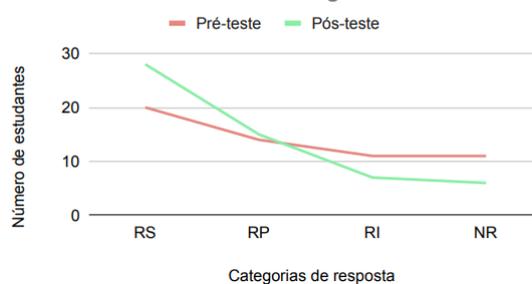
11_c

Questão 5 - Estrutura estereoisômeros



11_d

Questão 9- Atividade biológica



11_e

Figura 11. Resultados obtidos a partir da análise das respostas dos estudantes para as cinco questões (figuras 11_a, 11_b, 11_c e 11_d e 11_e) do aspecto conceitos de isomeria/estereoisomeria.

Fonte: autora.

O objetivo das questões foi avaliar os conhecimentos dos estudantes em relação a conceitos de isomeria e, mais especificamente, de estereoisomeria. Esses tópicos já foram apresentados aos estudantes no Ensino Médio, no entanto, diversos trabalhos da literatura apontam que a isomeria é um conteúdo considerado de difícil compreensão.²¹,²² Além disso, para entendê-la, é necessária a compreensão das representações químicas no plano e tridimensionais e, no Ensino Superior, isso nem sempre é retomado, uma vez que esses modelos são considerados pré-requisitos de um estudante de graduação, o que pode prejudicar seu aprendizado.¹³⁷ Isso ficou evidenciado pelos resultados obtidos no

presente trabalho, uma vez, que em todas as questões, em ambos os testes, houve respostas classificadas como insatisfatórias (RI) e alguns estudantes não responderam as questões (NR).

Na Questão 2, os estudantes deveriam explicar o conceito de isomeria. A Figura 11_a mostra que houve um aumento no número de respostas satisfatórias do pré (46) para o pós-teste (53). Para exemplificar, a resposta de um estudante da Biomedicina é exposta a seguir:

Eb7: Isomeria é um fenômeno na química orgânica em que a mesma fórmula molecular representa mais de uma substância. Essas substâncias podem adquirir diferentes cadeias, diferentes posições de grupos na cadeia, diferentes funções orgânicas, diferentes configurações espaciais, diferentes desvios de luz e diferentes atividades biológicas.

Apesar de o estudante ter restringido o isomerismo à Química Orgânica, o que é uma concepção alternativa bastante comum, a sua resposta contempla a isomeria constitucional e a estereoisomeria e, por isso, foi considerada satisfatória. Já o número de respostas parciais diminuiu de seis para apenas uma do pré para o pós-teste. Dentre as principais confusões, podem-se citar: respostas muito gerais, por exemplo, afirmaram que isômeros são substâncias que possuem a mesma fórmula química; associaram a isomeria apenas a diferentes conectividades entre os átomos (isômeros planos); definiram o conceito, mas citaram que isômeros precisam apresentar um carbono assimétrico.

Já o número de respostas categorizadas como RI diminuiu de quatro para apenas duas e, dentre elas estão as expostas a seguir:

Eb17: O conceito de isomeria vem de átomos distintos que apresentam a mesma estrutura molecular.

Ef22: Isômeros são a mesma molécula.

Embora poucos estudantes tenham cometido erros ou confusões para conceituar o isomerismo, o ensino desse merece atenção, visto que é basilar para o estudo da Química dos fármacos. O não entendimento da isomeria pode ser atribuído à falta de compreensão de tópicos básicos, como os de teorias estruturais atômicas e moleculares, ligações químicas e representações de fórmulas químicas. Ainda, os próprios professores podem ter dificuldade no ensino desse conceito, o que pode dificultar ainda mais a aprendizagem dos estudantes.¹³⁸

A Questão 3 avaliou as explicações para o conceito de estereoisomeria. Esperava-se que os estudantes relacionassem a estereoisomeria a um dos tipos de isomeria, diferenciando esses dois termos. Conforme a Figura 11_b, percebe-se um considerável aumento no número de respostas satisfatórias, que foi de 28 no pré para 41 no pós-teste. Esse resultado pode ser atribuído à escolha dos princípios ativos dos medicamentos envolvidos nos casos, pois todos eram constituídos por moléculas que apresentavam estereoisômeros, bem como aos problemas que só poderiam ser resolvidos com o entendimento desse conceito. Na sequência, é apresentado um exemplo de RS:

Eb7: Estereoisomeria é uma das partes do estudo da isomeria que diz respeito aos compostos com mesma fórmula molecular, mas que adquirem diferentes configurações espaciais.

O número de respostas parciais diminuiu de 19 para 13 do pré para o pós-teste, nas quais se destacam a não diferenciação entre a isomeria e a estereoisomeria e a concepção de que a estereoisomeria corresponde apenas à isomeria óptica. Já as respostas classificadas como insatisfatórias diminuíram de oito para um e apenas um estudante não respondeu (NR) a essa questão em ambos os testes. Seguem as respostas de dois estudantes categorizadas como RI:

Ef23: Etereoisomeria é o estudo das diferentes conformações tridimensionais quem um composto pode assumir, mantendo sempre a mesma ordem nas ligações.

Ef10: Estereoisômeros são moléculas que podem se apresentar de formas distintas, mas ainda são a mesma molécula.

Na Questão 4, os estudantes precisavam identificar o carbono assimétrico presente em cada um dos compostos. Tanto as moléculas do pré, quanto as do pós-teste, apresentavam um carbono assimétrico cada em sua estrutura. Percebe-se pela Figura 11_c que houve um aumento de 43 para 54 respostas satisfatórias e uma diminuição de nove para apenas duas respostas parciais do pré para o pós-teste. Dentre os erros que fizeram com que a resposta fosse classificada como RP, estão a identificação de carbonos assimétricos a mais ou aquelas em que o estudante identificou carbono assimétrico em apenas um dos compostos. Ainda nessa questão, a quantidade de RI manteve-se igual (2) em ambos os testes e apenas dois estudantes não a responderam (NR) no pré-teste.

Logo após identificar o carbono assimétrico, os estudantes deveriam representar as estruturas dos estereoisômeros de cada um dos compostos, como solicitado na Questão 5. Nota-se pela Figura 11_d que houve um aumento de 16 para 32 respostas satisfatórias do pré para o pós-teste. Já as parciais mantiveram-se iguais (6) em ambos os testes, sendo que a maior parte delas estava incompleta, com a representação dos estereoisômeros de apenas um dos compostos. Ainda, do pré para o pós-teste, houve uma diminuição de 26 para 18 respostas insatisfatórias, bem como um decréscimo de oito para um estudante que não respondeu a essa questão.

Os equívocos e confusões conceituais detectados nas questões 3, 4 e 5 estão relacionados aos obstáculos enfrentados na aprendizagem de estereoquímica. Dentre esses, pode-se citar as dificuldades relativas à visualização tridimensional dos compostos e os problemas na aquisição e no domínio de conceitos que são pré-requisitos para a compreensão e a diferenciação dos estereoisômeros.²¹ Esses problemas foram inclusive evidenciados pelas respostas das questões sobre os conceitos químicos fundamentais, nas quais percebeu-se que alguns estudantes ainda têm dificuldades para entender conceitos básicos da Química Orgânica, que são necessários para o entendimento de estereoisomeria, como as funções orgânicas e propriedades físico-químicas.

Por fim, os estudantes deveriam explicar os diferentes efeitos dos estereoisômeros no organismo, associando a configuração espacial de cada enantiômero com o modelo chave-fechadura. Assim, a Questão 9 exigiu um domínio cognitivo mais complexo, já que as demais estavam relacionadas à habilidade de lembrar e entender os conceitos. Essa questão foi escolhida para finalizar os testes, pois só após conhecer e compreender um determinado assunto, o estudante será capaz de aplicá-lo e analisá-lo.¹³⁹ Por intermédio da Figura 11_e, percebe-se um aumento de 20 para 28 respostas satisfatórias do pré para o pós-teste nessa questão. Dentre as respostas consideradas satisfatórias estão as duas descritas a seguir:

Eb7: Apesar de possuírem a mesma fórmula molecular, os enantiômeros possuem diferentes configurações espaciais. Os sítios ativos do organismo são super específicos e só interagem com um tipo de molécula, ou seja, com um dos enantiômeros apenas. Esse modelo foi chamado de chave-fechadura, em que as moléculas representam as chaves e os sítios ativos representam as fechaduras. O outro enantiômero que não se encaixa nesse biorreceptor pode não possuir atividade biológica ou também acaba por manifestar efeitos negativos para o organismo.

Ef16: A mudança na configuração espacial das moléculas interfere na interação destas com receptores e outras moléculas do organismo, sendo assim, pode não ocorrer um encaixe com receptores ou encaixe em receptores diferentes o que altera o efeito biológico da substância.

Para que a resposta fosse classificada na categoria RS, foi necessário interpretar o contexto da questão para aplicar o conteúdo aprendido em uma situação específica, uma vez que foi preciso identificar quais conceitos de estereoisomeria deveriam ser associados aos efeitos do fármaco no organismo segundo o modelo chave-fechadura. Dessa forma, os acadêmicos que responderam satisfatoriamente a essa questão conseguiram compreender a importância da estereoquímica na atividade biológica de determinadas substâncias, como as responsáveis pelos efeitos da Ketamina e do Ibuprofeno (pré-teste) e do Naproxeno e Talidomida (pós-teste).

Ainda, observou-se um sutil aumento das respostas parciais, de 14 para 15 do pré para o pós-teste, as quais apresentaram confusões de termos e/ou conceitos, estavam incompletas ou, ainda, mal formuladas, o que dificultou o seu entendimento. Alguns exemplos de RP são:

Eb17: Isso acontece, pois a especificidade de ligação de uma molécula quiral a um sítio receptor quiral só é favorável de uma maneira (lateralidade).

Ef12: O modelo chave fechadura é quando o receptor tem um encaixe específico para enantiômero, o que torna o enantiômero desejado mais eficiente que o enantiômero inativo ou sem o efeito biológico desejado, pois não irá se encaixar no mesmo receptor.

Apesar de compreender o modelo chave-fechadura, a resposta do acadêmico Eb17 está incompleta, pois não estabelece relação com os enantiômeros, além de conter termos, como “ligação”, mal empregados. Já a resposta do estudante Ef12 está confusa, pois o fato de um dos enantiômeros ser inativo não aumenta a eficiência do outro.

Já o número de estudantes que respondeu insatisfatoriamente diminuiu de 11 para sete e o número de estudantes que não respondeu decaiu de 11 para seis, do pré para o pós-teste, respectivamente. Pode-se observar também que essa questão foi a que apresentou o maior número de estudantes que não a respondeu em ambos os testes (17).

De maneira geral, após a avaliação do aspecto isomeria/estereoisomeria verificou-se um expressivo acréscimo de respostas satisfatórias no pós-teste em todas as questões. Isso foi identificado também na análise quantitativa, por meio de um aumento significativo da média corroborado pelo teste *t*. Esse avanço no entendimento conceitual dos estudantes pode estar atrelado à atividade de EC, já que a literatura aponta que um

dos entraves para o entendimento da estereoisomeria é a falta de conexão desse conteúdo com o cotidiano.²² Dessa forma, considera-se que o método empregado proporcionou a contextualização desse conceito através da sua aplicação por meio de problemas que envolveram uma temática relevante para os estudantes. Esse resultado corrobora com o que é reportado pela literatura, de que o método EC contribui para uma aprendizagem conceitual com menos concepções alternativas.^{35, 42, 45}

5.4 AVALIAÇÃO ATITUDINAL

A avaliação atitudinal dos estudantes foi realizada através do questionário sobre as atitudes em relação à Química (Instrumento 2), o qual foi aplicado antes e após a atividade de EC, a fim de identificar se o método contribuiu para promover o desenvolvimento atitudinal dos estudantes. Os conteúdos atitudinais estão relacionados às capacidades afetivas e sociais, como valores, atitudes e normas que permitem aos estudantes emitirem um juízo ou exercerem determinada conduta.¹⁴⁰

O questionário possibilitou a investigação atitudinal dos estudantes a partir de três dimensões, dentre as quais as 14 afirmações foram divididas:

1. Interesse nas aulas de Química: afirmações A1, A3, A5, A7, A10 e A12.
2. Importância da Química na vida cotidiana: afirmações A2, A6, A8, A11 e A14.
3. Relação da Química com a escolha profissional: afirmações A4, A9 e A13.

No que se refere à análise quantitativa geral das afirmações sobre as atitudes em relação à Química, os estudantes avaliaram as assertivas segundo a escala *Likert* de cinco pontos, em que o grau de concordância aumenta quanto mais próximo de cinco. A Tabela 11 apresenta o resultado geral do teste *t* de amostra pareada, que foi feito para determinar se houve uma diferença significativa entre as médias das respostas dos estudantes antes e após a atividade de EC.

Tabela 9. Resultado da análise geral do teste *t* de amostra de pares para a avaliação atitudinal.

| Atitudes antes | | | Atitudes após | | | t | p |
|----------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|----------------------|--------|------|
| Média | Desvio Padrão | Erro padrão da média | Média | Desvio Padrão | Erro padrão da média | | |
| 4,43 | 0,43 | 0,06 | 4,50 | 0,44 | 0,06 | -0,897 | 0,37 |

Fonte: autora.

Os resultados do teste t para amostra de pares revelaram que não houve uma diferença estatística significativa entre os resultados do questionário sobre as atitudes aplicado antes e após a atividade de EC ($p > 0,05$). A partir do valor de t_{tab} (Anexo A) para o grau de liberdade 55 ($n=56$), com um intervalo de confiança de 95%, o valor de t_{cal} deve ser, em módulo, maior que aproximadamente 2. Como $t_{\text{cal}} < t_{\text{tab}}$, se rejeita H_1 e aceita H_0 : O emprego da metodologia EC não contribuiu para promover o desenvolvimento de atitudes dos estudantes em relação ao interesse nas aulas, à importância da Química na vida real e a sua relação com a escolha profissional.

Apesar de a análise quantitativa mostrar que não houve diferença significativa nas atitudes dos estudantes, ressalta-se que a média teve um discreto aumento de 4,43 para 4,50 do questionário respondido antes para o após a participação dos estudantes na atividade de EC. Algumas circunstâncias específicas podem justificar esse resultado.

Primeiramente, observa-se que a média inicial (4,43) das respostas já demonstrava um alto grau de concordância dos estudantes, o que pode ter contribuído para a diferença entre as respostas antes e após o EC não ser tão expressiva. Isso pode estar relacionado ao fato de os sujeitos da pesquisa serem acadêmicos dos cursos de Farmácia e Biomedicina, os quais, geralmente, já têm interesse pela Química e reconhecem sua importância na sociedade e em suas futuras profissões.

Um segundo fator que pode justificar o resultado é que, para o desenvolvimento de atitudes em relação à Química, seria necessário um maior tempo para o desenvolvimento do método EC. A aplicação da estratégia, que envolveu apresentação dos casos, organização dos grupos, pesquisa dos estudantes para a resolução dos problemas e apresentação e discussões da proposta de solução, durou aproximadamente duas semanas letivas, ou seja, quatro dias de aulas das disciplinas. Provavelmente, esse período não foi suficiente para desenvolver atitudes nos estudantes que fossem estatisticamente válidas. É pertinente ressaltar que se partiu do pressuposto de que a pesquisa não deve prejudicar o andamento e a programação das aulas, devendo-se moldar à realidade do tempo direcionado para se trabalhar esses conteúdos nas disciplinas. Acredita-se que, na prática, pouco adianta se obter resultados em uma situação ideal se essa não corresponde à realidade do contexto investigado. Dessa forma, a pesquisa se adaptou ao contexto do ERE, bem como ao cronograma das disciplinas, que previam duas semanas letivas para o tópico de estereoquímica.

Embora não se possa afirmar estatisticamente que o método contribuiu para o desenvolvimento de atitudes dos estudantes, o discreto aumento da média e uma

avaliação qualitativa das afirmações podem fornecer alguns indícios de que houve avanços no que se refere ao desenvolvimento atitudinal. Conforme reportado pelos estudos de Yildizay e Tarhan³⁵ e Çam e Geban¹, o aumento de respostas positivas e aspectos qualitativos também podem ser parâmetros empregados, alternativos ao teste *t*, para avaliar se o método EC contribui para promover as atitudes dos estudantes em relação à Química. Dessa forma, são apresentados na sequência os resultados obtidos.

Em relação ao “Interesse nas aulas de Química”, a Tabela 12 apresenta os valores-médios e o desvio-padrão para cada afirmação e a apreciação geral de todas as afirmações nessa dimensão. As afirmações assinaladas com o sinal (-) são negativas e, por isso, invertem-se os valores ao realizarem-se os cálculos.

Tabela 10. Valores médios e desvios-padrões das afirmações sobre “Interesse nas aulas de Química” antes e após a atividade de EC.

| Afirmação | Atitudes antes | | Atitudes após | |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|
| | Valor médio | Desvio padrão | Valor médio | Desvio padrão |
| A1. Eu gosto das aulas de Química Orgânica. | 3,98 | 0,88 | 4,18 | 0,81 |
| A3. Eu gostaria de ter aulas de Química Orgânica mais frequentemente. | 3,32 | 1,06 | 3,36 | 0,94 |
| A5. (-) Eu acho que as aulas de Química Orgânica são desnecessárias. | 4,94 | 0,23 | 4,77 | 0,79 |
| A7. (-) Eu odeio as aulas de Química Orgânica. | 4,64 | 0,75 | 4,71 | 0,59 |
| A10. (-) Eu gostaria de ter menos tópicos de Química Orgânica nas aulas. | 4,00 | 1,01 | 4,00 | 1,18 |
| A12. Eu acho as aulas de Química Orgânica interessantes. | 4,19 | 0,84 | 4,28 | 0,91 |
| Geral | 4,18 | 0,58 | 4,21 | 0,94 |

Fonte: autora.

A Figura 12 ilustra o grau de concordância dos estudantes para cada uma das afirmações e o geral da dimensão 1, antes e após a atividade através do método EC.

Interesse nas aulas de Química

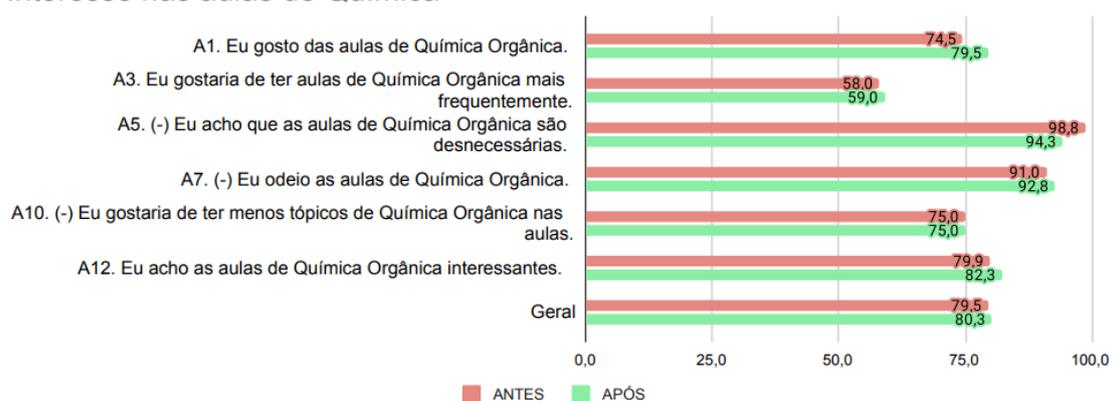


Figura 12. Grau de concordância dos estudantes sobre o “Interesse nas aulas de Química” antes e após a atividade de EC.

Fonte: autora.

Observa-se que os estudantes concordam moderadamente apenas com a afirmação A3. Nas demais, apresentaram um grau de concordância forte, tanto antes quanto após a atividade de EC. Sobre a quantidade de aulas de Química Orgânica (A3), acredita-se que os estudantes consideram adequada a carga-horária destinada à disciplina nos currículos dos cursos, visto que são destinados quatro créditos, ou seja, 60 horas semestrais. Ressalta-se também que, na maioria das afirmações, houve um ligeiro aumento na média das respostas, exceto na afirmação A5, na qual a média diminuiu de 4,94 para 4,77, e na A10, que se manteve igual (4,00) antes e após o EC. Com isso, percebe-se que o método contribuiu para que os estudantes gostassem mais da matéria (A1) e achassem as aulas mais interessantes (A12), pois foram as afirmações em que as diferenças entre as médias (Tabela 12) e o grau de concordância (Figura 12) foram maiores.

Quanto à “Importância da Química na vida real”, na Tabela 13 estão resultados referentes aos valores-médios e desvios-padrão para cada afirmação, bem como a apreciação “Geral” de todas as afirmações dessa dimensão.

Tabela 11. Valores médios e desvios-padrões das afirmações sobre a “Importância da Química na vida real” antes e após a atividade de EC.

| Afirmação | Atitudes antes | | Atitudes após | |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|
| | Valor médio | Desvio padrão | Valor médio | Desvio padrão |
| A2. Eu acredito que o conhecimento em Química ajuda a interpretar eventos importantes do nosso dia a dia. | 4,59 | 0,83 | 4,75 | 0,64 |
| A6. Eu acho que o desenvolvimento da Química aumenta a nossa qualidade de vida. | 4,54 | 0,69 | 4,68 | 0,54 |
| A8. Eu acho que o nível de tecnologia em Química de um país é um importante indicador do desenvolvimento do mesmo. | 4,52 | 0,63 | 4,71 | 0,62 |
| A11. Eu acho que a Química tem um importante papel na vida moderna. | 4,73 | 0,59 | 4,75 | 0,64 |
| A14. Eu acho que a Química tem um papel importante no desenvolvimento da área farmacêutica. | 4,98 | 0,13 | 5,00 | 0 |
| Geral | 4,67 | 0,42 | 4,78 | 0,39 |

Fonte: autora.

A Figura 13 ilustra o grau de concordância das afirmações e o geral da dimensão 2, antes e após a atividade através do método EC.

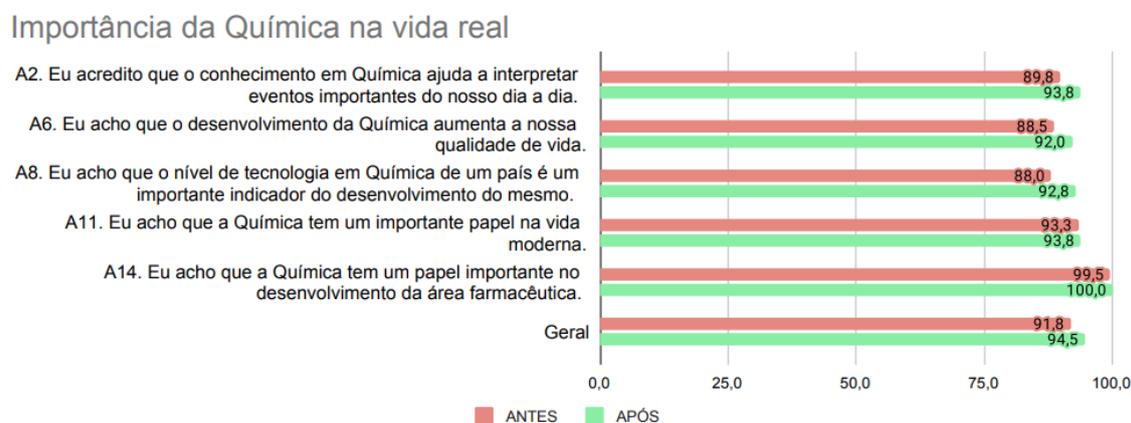


Figura 13. Grau de concordância dos estudantes sobre a “Importância da Química na vida real” antes e após a atividade de EC.

Fonte: autora.

Pode-se observar que os estudantes apresentaram um grau de concordância forte em todas as afirmações dessa dimensão, tanto antes quanto após as aulas através do método EC. Ressalta-se também que, em todas as afirmações, houve um ligeiro aumento na média das respostas, com destaque para a A14, na qual todos os estudantes assinalaram que concordam totalmente com afirmação no questionário aplicado após o EC. Dessa forma, a metodologia e a abordagem temática contribuiram para que eles ampliassem sua visão sobre a Química, relacionando-a com: interpretação do dia a dia

(A2), qualidade de vida (A6), desenvolvimento tecnológico e do país (A8) e para a vida moderna (A11). Esses resultados demonstram que os acadêmicos perceberam o papel de destaque da Química em diversas frentes, bem como se identificam com a temática fármacos, visto que ela tem um significado para si próprios e para o grupo social a que pertencem.^{23, 132}

No tocante à “Relação da Química com a escolha profissional”, a Tabela 14 apresenta os valores-médios e os desvios-padrões para cada afirmação e a avaliação “Geral” das afirmações nessa dimensão.

Tabela 12. Valores médios e desvios-padrões das afirmações sobre a “Relação da Química com a escolha profissional” antes e após a atividade de EC.

| Afirmação | Atitudes antes | | Atitudes após | |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|
| | Valor médio | Desvio padrão | Valor médio | Desvio padrão |
| A4. Eu acredito que o conhecimento em Química será útil após a minha graduação. | 4,75 | 0,55 | 4,68 | 0,64 |
| A9. (-) Eu acredito que eu não preciso do conhecimento em Química para minha carreira. | 4,75 | 0,64 | 4,79 | 0,65 |
| A13. (-) Eu acho que trabalhos relacionados à Química não são atrativos. | 4,04 | 1,03 | 4,36 | 0,88 |
| Geral | 4,51 | 0,53 | 4,61 | 0,54 |

Fonte: autora.

A Figura 14 ilustra o grau de concordância das afirmações e o geral da dimensão 3 antes e após a atividade através do método EC.

Relação da Química com a escolha profissional

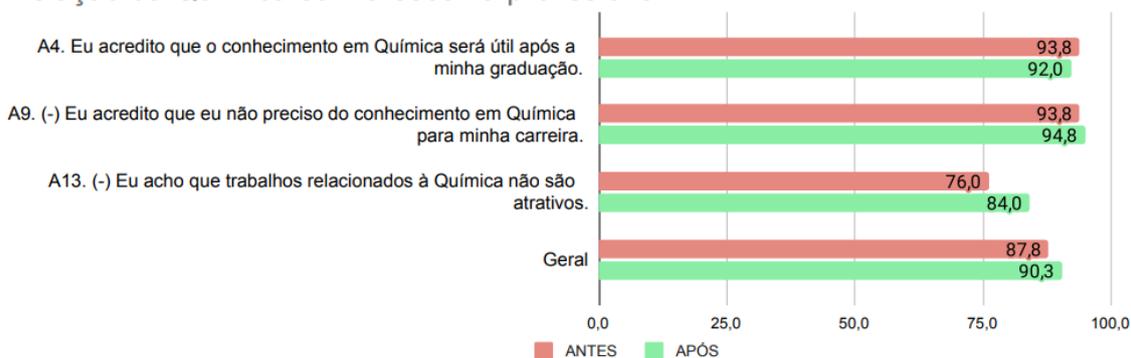


Figura 14. Grau de concordância dos estudantes sobre a “Relação da Química com a escolha profissional” antes e após a atividade de EC.

Fonte: autora.

Observa-se que os estudantes apresentaram um grau de concordância forte em todas as afirmações dessa dimensão, tanto antes, quanto após as aulas através do método EC. Na maioria das afirmações, houve um ligeiro aumento na média das respostas, exceto na afirmação A4, na qual a média diminuiu de 4,75 para 4,68.

Por fim, destaca-se que, a partir dos resultados obtidos das avaliações dos estudantes sobre as atitudes em relação à Química, houve um aumento positivo nas avaliações das afirmações, já que, em todas as dimensões, a média geral cresceu após a atividade de EC. Entretanto, as médias gerais das respostas de ambos os questionários (antes e após) da dimensão 1 (4,18 e 4,21) foram menores do que as das dimensões 2 e 3 (4,67 e 4,78; 4,51 e 4,61, respectivamente).

Esse fato pode ter relação com os resultados obtidos na avaliação conceitual desta pesquisa, em que se observou que alguns estudantes apresentam dificuldades na compreensão dos conceitos químicos e isso pode causar atitudes negativas em relação ao interesse nas aulas de Química.³⁵ O desenvolvimento atitudinal dos estudantes é fundamental, uma vez que a literatura aponta que atitudes positivas em relação ao que é estudado contribuem para um melhor desempenho acadêmico.³⁵

Considerou-se o aumento das médias no questionário após a atividade de EC como um indício de que o método auxiliou no desenvolvimento atitudinal dos estudantes em relação à Química, especificamente, no que diz respeito ao interesse nas aulas, à importância da Química na vida real e na escolha profissional. Esse resultado vai ao encontro do que é reportado por outros estudos,^{1, 35, 41, 70} os quais afirmam que o método EC promove as atitudes dos estudantes.

Além disso, a melhor avaliação das afirmações pode estar associada ao envolvimento dos estudantes durante o processo de aplicação dos casos. Quando eles participam de forma ativa das atividades, compreendem melhor os conceitos e isso pode refletir no seu comportamento atitudinal em relação à Química.^{1, 41}

5.5 AVALIAÇÃO DO MÉTODO ESTUDO DE CASO PELOS ESTUDANTES

Os dados desta seção foram obtidos a partir do questionário sobre as contribuições do método EC (Instrumento 3), o qual foi respondido considerando a escala *Likert* de cinco pontos por todos os estudantes (56). A Tabela 15 mostra os resultados obtidos a partir da avaliação dos estudantes em relação às contribuições do

método EC para o desenvolvimento de habilidades e aprendizagem dos conceitos químicos relacionados aos fármacos.

Tabela 13. Resultados da avaliação dos estudantes em relação às contribuições da atividade de EC.

| Afirmação | Valor médio | Desvio padrão |
|---|--------------------|----------------------|
| A1. A atividade de Estudo de Caso contribuiu para que eu desenvolvesse minha capacidade de comunicação oral. | 4,14 | 0,80 |
| A2. A atividade de Estudo de Caso contribuiu para que eu desenvolvesse minha capacidade de comunicação escrita. | 4,16 | 0,83 |
| A3. Aprimorei meus conhecimentos a respeito do tema fármacos com a atividade de Estudo de Caso. | 4,64 | 0,55 |
| A4. A atividade de Estudo de Caso contribuiu para que eu desenvolvesse minha capacidade de realizar trabalhos em grupo. | 4,43 | 0,71 |
| A5. A atividade de Estudo de Caso contribuiu para que eu desenvolvesse minha habilidade de investigação na busca de soluções para resolver problemas. | 4,63 | 0,70 |
| A6. A atividade de Estudo de Caso contribuiu para que eu desenvolvesse minha capacidade de argumentação diante de questionamentos. | 4,41 | 0,83 |
| A7. A atividade de Estudo de Caso contribuiu para que eu desenvolvesse minha capacidade de persuasão na apresentação das minhas conclusões. | 4,11 | 0,93 |
| A8. A atividade de Estudo de Caso contribuiu para que eu desenvolvesse o meu entendimento sobre a forma como a ciência é construída. | 4,54 | 0,63 |
| A9. A atividade de Estudo de Caso contribuiu para que eu desenvolvesse minha capacidade de solucionar problemas. | 4,46 | 0,74 |
| A10. A atividade de Estudo de Caso contribuiu para que eu desenvolvesse minha capacidade de tomar decisões diante de problemas da vida real. | 4,46 | 0,83 |

Fonte: adaptado de Velloso.¹⁴¹

A Figura 15 mostra o grau de concordância dos estudantes com relação às afirmações sobre as contribuições da atividade realizada através da metodologia EC em relação ao desenvolvimento de habilidades e aprendizagem de conceitos de Química relacionados aos fármacos.

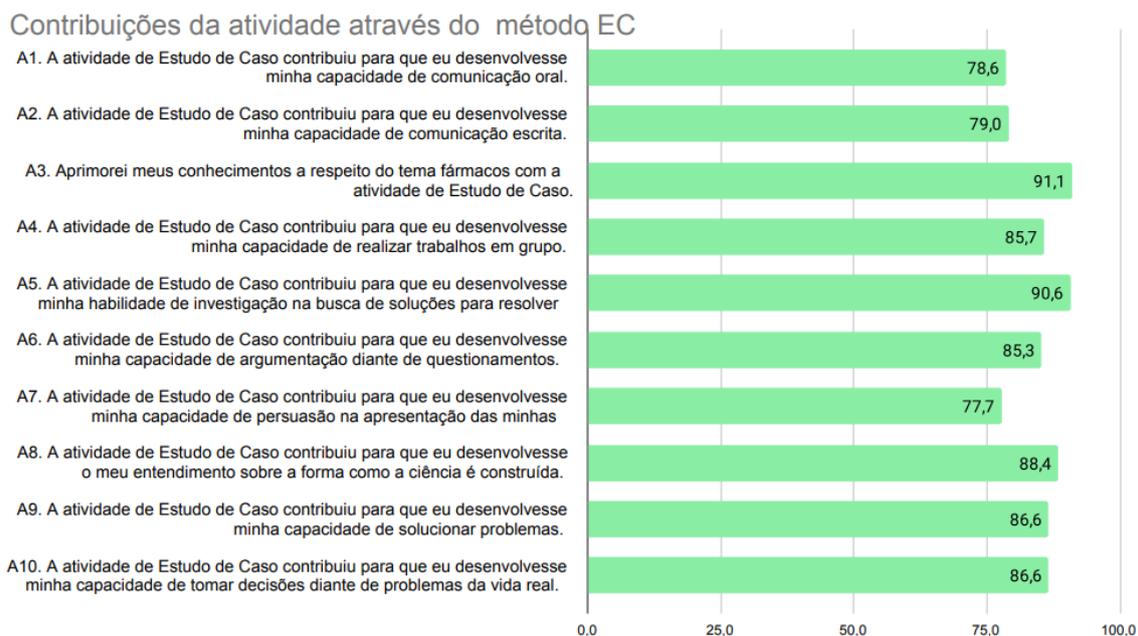


Figura 15. Grau de concordância dos estudantes sobre as contribuições da atividade de EC.

Fonte: autora.

Ressalta-se que, em todas as afirmações, o valor médio das respostas foi maior que 4 e isso demonstra que a maioria dos estudantes concorda ou concorda totalmente com o conteúdo das afirmações. Além disso, obteve-se um grau de concordância forte (>75%) em todas as afirmações em relação às contribuições do método EC para o desenvolvimento de habilidades e aprendizagem de conceitos.

As duas afirmações melhor avaliadas (A3 e A5) apresentaram valor médio de 4,64 e 4,63 e graus de concordância acima de 90%. Essas afirmações se referem, respectivamente, às contribuições da atividade de resolução dos casos para o aprimoramento dos conhecimentos sobre o tema fármacos e para o desenvolvimento da habilidade de investigação na busca de soluções para resolver problemas.

Em relação à afirmação A3, esse resultado pode ter associação com o tema abordado pelos casos (fármacos), já que, mesmo que a Química Orgânica esteja intrinsecamente relacionada ao estudo dos medicamentos, os próprios professores podem ter dificuldade em contextualizar esse conteúdo em aula.⁷⁴ Assim, como a temática era de fato um assunto relevante para os sujeitos, isso contribuiu positivamente para o aprendizado dos conceitos químicos relacionados a ela. Esse dado é corroborado pela análise quantitativa e qualitativa dos pré e pós-testes, a qual demonstrou que houve um avanço conceitual significativo após a participação dos estudantes na resolução dos casos. Ainda, ressalta-se que o uso de temáticas no ensino de Química, além de

favorecer o processo de ensino e aprendizagem, contribui para a formação do caráter cidadão dos estudantes.²³

Em relação à afirmação A5, o resultado pode ser atribuído à necessidade de formular soluções para os problemas trazidos pelos casos. Sabe-se que estratégias metodológicas de investigação, como o EC, que visam desenvolver a habilidade de resolução de problemas, oportunizam o desenvolvimento de pequenas pesquisas, ou seja, o levantamento de informações e buscas de referências sobre o assunto, o que acaba contribuindo para uma aprendizagem mais eficiente. Dessa forma, esses métodos promovem uma melhor compreensão dos conceitos, já que proporcionam ao estudante um processo de aprendizagem ativo, incitando o desafio, a instigação, a criação e a decodificação de informações coletas em suas buscas ou pesquisas.^{141, 142}

As três afirmações com os menores valores médios foram, nesta ordem: A7, A1 e A2, as quais apresentaram médias iguais a 4,11, 4,14 e 4,16 e graus de concordância de 77,7%, 78,6% e 79,0%, respectivamente. Essas afirmações se referem às contribuições da atividade de resolução dos casos para o desenvolvimento de habilidades de persuasão e comunicação oral e escrita. Nota-se que afirmações A1 e A2 estão relacionadas a habilidades de comunicação e afirmação A7 está relacionada à capacidade de persuasão que, de certa forma, tem relação com a capacidade comunicativa também.

Em relação à comunicação escrita, pode-se dizer que, como os estudantes tiveram que exercitar essa habilidade durante a elaboração do relatório em grupo, o fato de terem que escrever a solução coletivamente pode ter contribuído para que alguns dos membros não participassem de forma efetiva e, por isso, esses podem ter concluído que o método não os ajudou tanto no desenvolvimento dessa habilidade.

Já em relação à comunicação oral e a capacidade de persuasão, esse resultado pode estar associado ao fato de a atividade de EC ter sido desenvolvida totalmente *online*, de forma síncrona e assíncrona. Isso pode ter comprometido parte dos momentos de discussão entre os grupos e de apresentação dos casos, o que levou alguns estudantes a pensarem que o método não contribuiu tanto para o desenvolvimento dessas habilidades. Além disso, a falta de experiência de alguns estudantes com atividades investigativas pode ter dificultado as discussões.¹⁸

Apesar das afirmações A1, A2 e A7 terem apresentado os menores valores médios nas avaliações, ainda assim, esses valores foram superiores a 4, com graus de concordância fortes (>75%). Isso indica que a maioria dos estudantes concordou ou

concordou totalmente que a atividade de EC contribuiu para o desenvolvimento de tais habilidades.

Destaca-se, portanto, que o método EC incitou a discussão, criando um ambiente de debate e de compartilhamento de ideias e conhecimento, permitindo a conexão de conceitos novos com prévios, possibilitando, assim, a construção do conhecimento de forma eficaz.^{27, 45} Além disso, as avaliações dos estudantes mostraram que a atividade de EC propiciou o desenvolvimento de habilidades, como pensamento crítico, resolução de problemas, tomada de decisão, comunicação e trabalho colaborativo e isso está de acordo com o que é reportado por outras pesquisas da área sobre o método.^{9, 17, 38}

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou as contribuições do método EC aliado à temática fármacos na aprendizagem de conceitos químicos, principalmente os de estereoquímica, e no desenvolvimento de atitudes em relação à Química e habilidades, tais como: comunicação, resolução de problemas, tomada de decisão, pensamento crítico e trabalho colaborativo.

Para isso, inicialmente, foi realizada uma revisão sistemática que possibilitou analisar os artigos sobre a metodologia EC publicados na área de Ensino de Química na última década (2010 a 2019). O foco da análise foi em relação aos objetivos buscados com a utilização do método, formatos de aplicação e principais resultados. A pesquisa foi realizada nas bases de dados *SciFinder* e *Education Resources Information Center* e 42 artigos foram analisados. A maior parte deles é voltada ao Ensino Superior e diversas áreas da Química foram contempladas, com ênfase para a Química Geral. Na maioria das vezes, os casos foram aplicados a pequenos grupos de alunos, sendo, portanto, o formato mais indicado pelas publicações, o qual visa principalmente promover o diálogo e a colaboração. Além disso, os resultados dos artigos indicam que o método pode ser eficaz para desenvolver habilidades como pensamento crítico e comunicação, além de estimular a curiosidade e o engajamento. No entanto, quanto às percepções dos sujeitos envolvidos nos contextos pesquisados, embora alguns professores sejam resistentes, a maioria dos alunos é receptiva e aprova o emprego do EC nas aulas.

A fundamentação teórica desta dissertação está ancorada nos trabalhos desenvolvidos pelos grupos coordenados pelos professores Herreid^{6, 9, 14, 38} e Queiroz,^{2, 17, 58, 60, 65} os quais forneceram os direcionamentos para a elaboração de um “bom” caso, os processos para a sua utilização, bem como os papéis do professor e dos alunos durante as aulas.

Aliado a isso, é fundamental que os casos abordem uma temática atual e relevante para os sujeitos envolvidos, que neste trabalho foram 56 acadêmicos dos cursos de Farmácia e Biomedicina da UFRGS, com média de idade de 21 anos e a maioria desses (90%) estava cursando a disciplina de Química Orgânica pela primeira vez. Nesse contexto, escolheu-se a temática fármacos por sua indiscutível relevância na vida profissional dos futuros farmacêuticos e biomédicos, bem como por permitir relacionar facilmente os conceitos químicos envolvidos no tópico de estereoisomeria.

Foram elaborados dois casos sobre os fármacos THC e CBD (Caso 1: *Toda droga é ruim?*) e Citalopram e Escitalopram (Caso 2: *A eficácia é a mesma?*), os quais foram aplicados nas disciplinas de Química Orgânica dos cursos de Farmácia e Biomedicina da UFRGS. Para solucionar os dilemas dos personagens centrais, os estudantes foram organizados em grupos e precisaram analisar as informações fornecidas, pesquisar em outras fontes bibliográficas, bem como compreender e aplicar conceitos químicos, principalmente os de estereoisomeria.

A fim de analisar as contribuições do método no desenvolvimento conceitual e atitudinal, bem como na promoção de habilidades, cinco instrumentos de coleta de dados foram empregados: questionários sobre o perfil do estudante (Instrumento 1), as atitudes em relação à Química (Instrumento 2) e as contribuições do método EC (Instrumento 3); além de pré e pós-testes (Instrumento 4) e relatórios elaborados pelos grupos (Instrumento 5), contendo a solução que consideraram a mais adequada.

Seguindo os princípios da pesquisa de natureza mista, foram empregados métodos de análise quali e quantitativos. Em relação aos relatórios contendo as resoluções dos casos, apesar de nenhum grupo ter desenvolvido satisfatoriamente todos os aspectos avaliados, todos conseguiram concluir a atividade. Dos 13 grupos formados, apenas dois não propuseram soluções para os casos com argumentos convincentes e baseados na Ciência ou não se posicionaram na tomada de decisão. Além disso, os relatórios fornecem indícios de que os estudantes compreenderam a proposta da atividade, visto que 12 grupos identificaram e definiram o problema de forma parcial ou satisfatória. Isso pode ser consequência de os dois casos serem bem estruturados¹⁷ e da temática ter interessado os acadêmicos.^{21, 23}

Além disso, a maior parte dos grupos (9) aplicou os conceitos químicos para a solução dos casos, ou seja, relacionou os aspectos estruturais e a estereoquímica das moléculas com as características dos fármacos e seus efeitos no organismo. A maior dificuldade nesse aspecto foi para proposição de soluções para o Caso 2, em que a relação enantiomérica dos compostos não foi facilmente identificada, enquanto no Caso 1, a solução poderia ser elaborada por meio da explicação de que os compostos são isômeros de função, apesar de cada um apresentar estereoisômeros. Alguns grupos focaram apenas em aspectos farmacológicos dos princípios ativos, não explicitando os conceitos químicos e, por isso, não atingiram satisfatoriamente essa parte da tarefa, o que está associada à dificuldade na compreensão dos conceitos de estereoquímica.²⁰⁻²²

Por fim, ressalta-se que a maioria dos estudantes não está acostumada a referenciar suas pesquisas, já que apenas cinco grupos indicaram as fontes e utilizaram referências confiáveis. Nesse contexto, destaca-se a importância da pesquisa bibliográfica em atividades como o EC, uma vez, com que a facilidade de acesso à informação proporcionada pela internet e com a disseminação de *fake news*, é imprescindível que a área de Ensino dê atenção a essa questão.

Os resultados obtidos nos pré e pós-testes permitiram avaliar o desenvolvimento conceitual dos estudantes. A partir do teste *t*, pode-se concluir que houve uma diferença estatisticamente significativa entre os resultados do pré e do pós-teste ($t_{cal} > t_{tab}$ e $p < 0,05$). Assim, aceitou-se a hipótese alternativa (H_1), sendo possível afirmar que o método EC contribuiu para o avanço conceitual dos tópicos de Química Orgânica estudados, especificamente de estereoquímica, no qual houve o maior aumento dos valores médios.

Ainda, destaca-se que a atividade de EC contribuiu para o avanço da compreensão dos estudantes acerca dos conceitos químicos fundamentais. Entretanto, é importante alertar sobre o considerável número de respostas parciais e insatisfatórias em ambos os testes nesse aspecto, principalmente no tópico de acidez e basicidade. Isso demonstra que, apesar de os estudantes já terem visto esses conteúdos anteriormente, ainda há lacunas na aprendizagem desses conceitos.

Em relação à avaliação atitudinal, os resultados indicaram que, apesar de não se poder afirmar que houve uma diferença estatística significativa nas respostas antes e após o EC ($t_{cal} < t_{tab}$ e $p > 0,05$), observa-se um aumento das respostas positivas no questionário respondido após a atividade. Ainda, o grau de concordância dos estudantes em relação às atitudes no que se refere ao interesse nas aulas de Química, à importância dessa área na vida real e a sua relação na escolha profissional foi forte em ambos os questionários (>75%).

No que se refere às contribuições do método EC, conclui-se que os estudantes consideraram que a atividade contribuiu para o desenvolvimento de habilidades e aprendizado de conceitos. Os acadêmicos destacam o aprimoramento dos conhecimentos sobre o tema fármacos (4,64) e o desenvolvimento da capacidade de investigação na busca de soluções para resolver problemas (4,63) como as principais contribuições dos casos aplicados. O grau de concordância dessas duas afirmações foi de 91,1% e 90,6%, respectivamente.

Considerando os objetivos iniciais desta pesquisa, conclui-se que esses foram alcançados, uma vez que a atividade de EC obteve resultados positivos. A partir desta

pesquisa, evidencia-se que o método EC aliado a um tema de interesse dos estudantes pode ser uma estratégia eficiente para a contextualização no ensino de Química Orgânica, principalmente o tópico de estereoquímica, além de promover o desenvolvimento conceitual, atitudinal e de habilidades cognitivas superiores nos estudantes, como comunicação, pensamento crítico, resolução de problemas, tomada de decisão e trabalho colaborativo.

Espera-se que este estudo incite o desenvolvimento de mais pesquisas em torno dessa metodologia, para que seja superada a resistência à utilização de métodos de ensino diferentes do tradicional. Dessa forma, mais professores e estudantes se tornarão adeptos à utilização de métodos ativos, como o EC, nas aulas de Química. Por fim, almeja-se com essa dissertação que mais professores tenham a oportunidade de refletir sobre o ensino de Química a partir de uma perspectiva crítico-transformadora, para que a educação seja utilizada de fato como uma ferramenta de transformação.

7. REFERÊNCIAS

1. Çam, A.; Ömer, G. Effectiveness of case-based learning instruction on epistemological beliefs and attitudes toward chemistry. *J. Technol. Sci. Educ.*, **2011**, *20* (1), 26-32.
2. Sá, L. P.; Francisco, C. A.; Queiroz, S. L. Estudos de caso em química. *Quim. Nova*, **2007**, *30*(3), 731-739.
3. Cornely, K. ConfChem Conference on Case-Based Studies in Chemical Education: The Use of Case Studies in an Introductory Biochemistry Course. *J. Chem. Educ.*, **2013**, *90*(2), 258-259.
4. Reis, P. Desafios à educação em Ciências em tempos conturbados, 2021.
5. Aikenhead, G. S. Research into STS science education. *Educ. Quim.*, **2005**, *9*(1), 384-397.
6. Herreid, C. F. Case Studies in Science - A Novel Method of Science Education. *J. Coll. Sci. Teach.*, **1994**, *23* (4), 221-229.
7. Arede, M.; Bravo-Araya, M.; Bouchard, É.; Gill, G. S.; Plajer, V.; Shehraj, A.; Shuaib, A. Combating vaccine hesitancy: teaching the next generation to navigate through the post truth era. *Front. Public Health.*, **2019**, *6*, 381. (DOI: 10.3389/fpubh.2018.00381)
8. Dror, A.A.; Eisenbach, N.; Taiber, S.; Morozov, N. G.; Mizrachi, M.; Zigron, A.; Srouji, S.; Sela, E. Vaccine hesitancy: the next challenge in the fight against COVID-19. *Eur. J. Epidemiol.*, **2020**, *35*, 775-779.
9. Herreid, C. F. Case study teaching. *New Dir. Teach. Learn.*, **2011**, *128*, 31-40.
10. Lauthartte, L. C.; Junior, W. E. F. Bulas de medicamentos, vídeo educativo e biopirataria: uma experiência didática em uma escola pública de Porto Velho - RO. *Quim. Nova Esc.*, **2011**, *33*(3), 178-184.
11. Liu, C. C.; Chen, I. J. Evolution of constructivism. *Contemporary issues in education research*, **2010**, *3*(4), 63-66.
12. Bada, S. O.; Olusegun, S. Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. *J. Res. Method Educ.*, **2015**, *5*(6), 66-70.
13. Leão, D. M. M. Paradigmas contemporâneos de educação: escola tradicional e escola construtivista. *Cadernos de pesquisa*, **1999**, 187-206.

14. Herreid, C. F. ConfChem conference on case-based studies in chemical education: the future of case study teaching in science. *J. Chem. Educ.*, **2013**, *90* (2), 256-257.
15. Belford, R.; Herreid, C. F. ConfChem Conference on Case-Based Studies in Chemical Education: An Online Conference. *J. Chem. Educ.*, **2013**, *90* (2), 254-255.
16. Frerichs, V. A. ConfChem conference on case-based studies in chemical education: use of case study for the introductory chemistry laboratory environment. *J. Chem. Educ.*, **2013**, *90* (2), 268-270.
17. Sá, L.; Queiroz, S. Estudo de caso no ensino de Química. Campinas, **2010**, Editora Átomo.
18. Selbach, Á. L.; Daniel, D. P.; Ribeiro, D. C. A.; Passos, C. G. O método de Estudos de Caso na promoção da argumentação no Ensino Superior de Química: uma revisão bibliográfica. *Quim. Nova Esc.*, **2020**, 43.
19. Toma, R. B.; Greca, I. M.; Meneses-Villagrà, J. Á. Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación. *Rev. Eureka Enseñ. Divulg. Cienc.*, **2017**, *14*(2), 441-457.
20. Fernando A. S. Coelho. Fármacos e Quiralidade. Cadernos Temáticos, *Quim. Nova Esc.*, **2001**, 3.
21. Rockenbach, L. C.; Raupp, D. T.; Reppold, D. P.; Schnorr, C. E. Uma revisão sistemática de literatura sobre as estratégias e temáticas para ensino de estereoisomeria. *Res., Soc. Dev.*, **2020**, *9*(11).
22. Simões, J. N. E.; Campos, A. F.; Marcelino, C. J. D. A. C. Abordando a isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos: uma atividade fundamentada no uso de situações-problema na formação inicial de professores de Química. *Investig. Ensino Ciênc.*, **2016**, *18*(2), 327-346.
23. Braibante, M. E. F.; Pazinato, M. S. O Ensino de Química através de temáticas: contribuições do LAEQUI para a área. *Ciência e Natura*, **2014**, *36*(II), 819-826.
24. Ribeiro, A. R.; Afonso, C.; Castro, P. M.; Tiritan, M. E. Fármacos quirais em diferentes matrizes ambientais: ocorrência, remoção e toxicidade. *Quim. Nova*, **2016**, *39*, 598-607.
25. Lima, V. L. E. Os fármacos e a quiralidade: uma breve abordagem. *Quim. Nova*, **1997**, *20*(6), 657-663.

26. Fagundes, V. O.; Massarani, L.; Castelfranchi, Y.; Mendes, I. M.; Carvalho, V. B. D.; Malcher, M. A.; Lopes, S. C. Young people's perception about fake news in science. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, **2021**, *16*(1).
27. Pitanga, Â. F. Crise da modernidade, educação ambiental, educação para o desenvolvimento sustentável e educação em química verde: (re)pensando paradigmas. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, **2016**, *18*, 141-159.
28. Santos, V. D.; Bitencourt, R. Estudo sobre um modelo de educação ultrapassado. *III CONEDU – Congresso Nacional de Educação*, **2016**.
29. Barboza, D. A. P. Desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio de uma sequência de aulas experimentais investigativas de química orgânica no ensino médio. *Dissertação Mestrado Profissional UFRGS*, **2021**.
30. Pinheiro, A. N.; Medeiros, E. de L.; Oliveira, A. C. Estudo de casos na formação de professores de química. *Quim. Nova*. **2010**, *33* (9), 1996-2002.
31. Rodrigues, L. P.; Moura, L. S.; Testa, E. O tradicional e o moderno quanto a didática no ensino superior. *Revista científica do ITPAC*, **2011**, *4*(3), 1-9.
32. Pedroso, F. P.; Silva, J. G. M. D.; Failace, D. M. A relação entre pesquisa e experimentação: a experiência do PIBID/Química da UFRGS, *XV Salão de Ensino da UFRGS*, **2019**.
33. Nguyen, L. A.; He, H.; Pham-Huy, C.; Chiral drugs: an overview. *Int. J. Biomed. Sci.*, **2006**, *2*(2), 85-100.
34. Massena, E. P.; de Guzzi Filho, N. J.; Sá, L. P. Produção de casos para o ensino de química: uma experiência na formação inicial de professores. *Quim. Nova*. **2013**, *36* (7), 1066-1072.
35. Yildizay, A.; Tarhan, L. Case study applications in chemistry lesson: gases, liquids, and solids. *Chem. Educ. Res. Pract.*, **2013**, *14* (4), 408-420.
36. Santos, W. L. P. D.; Schnetzler, R. P. Educação em química: compromisso com a cidadania, **2003**.
37. Serra, F. R.; Vieira, P. R. S. *Estudos de Casos: como redigir, como aplicar*. **2006**, LCT.
38. Herreid, C. F. Using Case Studies to Teach Science. Education: Classroom Methodology. *American Institute of Biological Sciences*, **2005**.
39. Pazinato, M. S. Alimentos: uma temática geradora do conhecimento químico, *Dissertação de Mestrado UFSM*, **2012**.

40. Wei, J.; Treagust, D. F.; Mocerino, M.; Lucey, A. D.; Zadnik, M. G.; Lindsay, E. D. Understanding interactions in face-to-face and remote undergraduate science laboratories: a literature review. *Discip. Interdiscip. Sci. Educ. Res.* **2019**, *1* (1), 14.
41. Ayyildiz, Y.; Tarhan, L. Effect of case studies on primary school teaching students' attitudes toward chemistry lesson. *Hacettepe University Journal of Education*, **2012**, *43* (43), 62-70.
42. Yalçinkaya, E.; Boz, Y. The effect of case-based instruction on 10th grade students' understanding of gas concepts. *Chem. Educ. Res. Pract.*, **2015**, *16* (1), 104-120.
43. Yalçinkaya, E.; Taştan-Kirik, Ö.; Boz, Y.; Yildiran, D. Is case-based learning an effective teaching strategy to challenge students' alternative conceptions regarding chemical kinetics?. *Res. Sci. Technol. Educ.*, **2012**, *30* (2), 151-172.
44. Günter, T.; Alpat, S. K. What is the effect of case-based learning on the academic achievement of students on the topic of "biochemical oxygen demand"?. *Res. Sci. Teach.*, **2019**, *49* (6), 1707-1733.
45. Tarkin, A.; Uzuntiryaki-Kondakci, E. Implementation of case-based instruction on electrochemistry at the 11th grade level. *Chem. Educ. Res. Pract.*, **2017**, *18* (4), 659-681.
46. Bariyanga, J. Enhancing Student Performance in Chemistry for Non-Majors Using Critical Thinking and Case Studies. *Chem. Educator*, **2010**, *15*, 264-267.
47. Ozdilek, Z. Teaching the properties of chromium's oxidation states with a case study method. *Chem. Educ. Res. Pract.*, **2015**, *16* (1), 39-52.
48. Cresswell, S. L.; Loughlin, W. A. An interdisciplinary guided inquiry laboratory for first year undergraduate forensic science students. *J. Chem. Educ.*, **2015**, *92* (10), 1730-1735.
49. Schaber, P. M.; Hobika, G. Determining the antifungal agent clioquinol by HPLC, the Not So Pure Preparation: a laboratory-based case study for an instrumental analytical chemistry course. *J. Chem. Educ.*, **2018**, *95* (3), 445-450.
50. Dewprashad, B. ConfChem conference on case-based studies in chemical education: Case study teaching in the community college. *J. Chem. Educ.*, **2013**, *90* (2), 262-263.
51. Souza, K. A. F. D.; Porto, P. A. History and Epistemology of Science in the Classroom: The Synthesis of Quinine as a Proposal. *J. Chem. Educ.*, **2012**, *89* (1), 58-63.

52. Herrera, S.; Cruza, C.; Ramírez, Y.; Cisternas, L. Conceptual process design for Boric Acid: A case study for engineering education. *Comput. Aided Chem. Eng.*, **2016**, *38*, 1437-1442.
53. Geyer, A. M. Social networking as a platform for role-playing scientific case studies. *J. Chem. Educ.*, **2014**, *91* (3), 364-367.
54. Schaber, P. M.; Pines, H. A.; Larkin, J. E.; Shepherd, L. A.; Wierchowski, E. E. The Case of Nut Poisoning (or Too Much of a Good Thing?): Implementation and Assessment. *J. Chem. Educ.*, **2012**, *88* (7), 1012-1013.
55. Schaber, P. M.; Dinan, F. J.; Phillips, M. S.; Larson, R.; Pines, H. A.; Larkin, J. E. Juicing the juice: A laboratory-based case study for an instrumental analytical chemistry course. *J. Chem. Educ.* **2011**, *88* (4), 496-498.
56. Hibbard, L. Case Studies for General Chemistry: Teaching with a Newsworthy Story. *J. Chem. Educ.*, **2019**, *96* (11), 2528-2531.
57. Contakes, S. M. Misconduct at the lab? A performance task case study for teaching data analysis and critical thinking. *J. Chem. Educ.*, **2016**, *93* (2), 314-317.
58. da Silva, O. B.; de Oliveira, J. R. S.; Queiroz, S. L. SOS Mogi-Guaçu: contribuições de um Estudo de Caso para a educação química no nível médio. *Quim. Nova Esc.*, **2011**, *33* (3).
59. de Sousa, R. S.; Rocha, P. D. P.; Garcia, I. T. S. Estudo de caso em aulas de química: percepção dos estudantes de nível médio sobre o desenvolvimento de suas habilidades. *Quim. Nova Esc.*, **2012**, *34* (4), 220-228.
60. Sá, L. P.; Kasseboehmer, A. C.; Queiroz, S. L. Casos investigativos de caráter sociocientífico: aplicação no ensino superior de Química. *Educ. Quim.* **2013**, *24* (2), 522-528.
61. White III, H. B.; Usher, D. C. Engaging novice researchers in the process and culture of science using a "Pass-the-Problem" case strategy. *Biochem. Mol. Biol. Educ.*, **2015**, *43* (5), 341-344.
62. Campbell, M. G.; Powers, T. M.; Zheng, S. Teaching with the case study method to promote active learning in a small molecule crystallography course for chemistry students. *J. Chem. Educ.* **2015**.
63. Das, J.; Fernandez, J.; Shah, D.; Williams, L.; Zagaar, M. Case-based studies in teaching medicinal chemistry in PharmD curriculum: Perspectives of students, faculty, and pharmacists from academia. *Curr. Pharm. Teach. Learn.* **2018**, *10* (1), 85-89.

64. Federico, E. D.; Kehlet, C.; Schahbaz, H.; Charton, B. ConfChem Conference on Case-Based Studies in Chemical Education: Chemistry of Pompeii and Herculaneum A Case Study Course in Chemistry at the Interface of Ancient Technology and Archeological Conservation. *J. Chem. Educ.*, **2013**, *90* (2), 264-265.
65. Cabral, P. F. de O.; Souza, N. dos S.; Queiroz, S. L. Casos investigativos para a promoção da CSCL no ensino superior de química. *Quim. Nova*. **2017**, *40* (9), 1121-1129.
66. Carey, T.; Nakayama, K.; Zweier, L. Sharing Innovations in STEM Education Through Digital Stories: a case study in Organic Chemistry. *J. STEM. Educ.* **2010**.
67. Chamely-Wiik, D. M.; Haky, J. E.; Galin, J. R. From Bhopal to Cold Fusion: A Case-Study Approach to Writing Assignments in Honors General Chemistry. *J. Chem. Educ.* **2012**, *89* (4), 502-508.
68. Colyer, C. L. ConfChem Conference on Case-Based Studies in Chemical Education: You (Want To) Call Yourself a Case Study Teacher?. *J. Chem. Educ.*, **2013**, *90* (2), 260-261.
69. Taylor, A. T. S. ConfChem Conference on Case-Based Studies in Chemical Education: One Story, Different Classes—Using the Same Case Study for Different Levels of Chemistry Students. *J. Chem. Educ.*, **2013**, *90* (2), 266-267.
70. Çam, A.; Geban, Ö. Effectiveness of case-based learning instruction on pre-service teachers' chemistry motivation and attitudes toward chemistry. *Res. Sci. Technol. Educ.* **2017**, *35* (1), 74-87.
71. Wartha, E. J.; Silva, E. D.; Bejarano, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. *Quim. Nova Esc.*, **2013**, *35*(2), 84-91.
72. Orlando, R. M. Importância farmacêutica de fármacos quirais. *Revista eletrônica de Farmácia*, **2007**, *4*(1).
73. Campos, J. L.; Filho, L. M.; Alcântara, R. M. A Importância Biológica da Quiralidade em Fármacos.
74. Pazinato, M. S.; Braibante, H. T.; Braibante, M. E.; Trevisan, M. C.; Silva, G. S. Uma abordagem diferenciada para o ensino de funções orgânicas através da temática medicamentos. *Quim. Nova Esc.*, **2012**, *34*(1), 21-25.
75. Oliveira, L. A.; Quadros, A. L. O uso do caso Talidomida auxiliando na construção de significados em aulas de Química do Ensino Superior. *Química Nova*, **2020**, *43*, 486-492.

76. da Silva, M. L. M.; Pinheiro, P. C. A educação química e o problema da automedicação: relato de sala de aula. *Quim. Nova Esc.*, **2013**, 35(2), 92-99.
77. Atkins, P.W. Moléculas. Trad. P.S. Santos e F. Galembeck. São Paulo: Edusp., **2002**.
78. Brasil. Ministério da Saúde. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br>. Acessado em: 20 de jul. 2021.
79. Barreiro, E. J.; Fraga, C. A. M. Química Medicinal: As bases moleculares da ação dos fármacos. *Artmed Editora*, **2014**.
80. Gonçalves, J. S.; Dázio, E. M. R.; Fava, S. M. C. L.; Pereira, E. C.; Alves, A. C. Meaning of drugs for university. *Revista de Enfermagem UFPE*, **2017**, 11(10).
81. Nguyen, L. A.; He, H.; Pham-Huy, C.; Chiral drugs: an overview. *Int. J. Biomed. Sci.*, **2006**, 2(2).
82. Romero, A. L.; Baptistella, L. H. B.; Coelho, F.; Imamura, P. M. Resolução do Ibuprofeno: um projeto para a disciplina de Química Orgânica Experimental. *Quim. Nova*, **2012**, 35(8), 1680-1685.
83. Cornely, K.; Bennett, N. Thalidomide makes a comeback: a case discussion exercise that integrates biochemistry and organic chemistry. *J. Chem. Educ.*, **2001**, 78(6), 759.
84. Tavares, M. T.; Primi, M. C.; Polli, M. C.; Ferreira, E. I.; Parise-Filho, R. Interações fármaco-receptor: aplicações de técnicas computacionais em aula prática sobre a evolução dos inibidores da enzima conversora de angiotensina. *Quim. Nova*, **2015**, 38, 1117-1124.
85. de Brito, M. A. Estudando Interações Fármaco-Receptor com o Protein Data Bank (PDB) e Programas Gratuitos. *Revista Virtual de Química*, **2011**, 3(6), 467-483.
86. Fraga, C. A. M. Fármacos estruturalmente inespecíficos. *Quim. Nova Esc. Cadernos Temáticos*, **2001**, 3.
87. Oliveira, L. A. D.; Quadros, A. L. D. O uso do caso talidomida auxiliando na construção de significados em aulas de Química do Ensino Superior. *Quim. Nova*, **2020**, 43, 486-492.
88. Sarma, N. D.; Waye, A.; ElSohly, M. A.; Brown, P. N.; Elzinga, S.; Johnson, H. E.; Giancaspro, G. I. Cannabis inflorescence for medical purposes: USP considerations for quality attributes. *Journal of natural products*, **2020**, 83(4), 1334-1351.

89. Matos, R. L.; Spinola, L. A.; Barboza, L. L.; Garcia, D. R.; França, T. C.; Affonso, R. S. O uso do canabidiol no tratamento da epilepsia. *Revista Virtual de Química*, **2017**, 9(2), 786-814.
90. Reddy, D. S.; Golub, V. M. The pharmacological basis of cannabis therapy for epilepsy. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, **2016**, 357(1), 45-55.
91. Gaston, T. E.; Szaflarski, J. P. Cannabis for the treatment of epilepsy: an update. *Current neurology and neuroscience reports*, **2018**, 18 (11), 1-9.
92. Vieira, A. R. M. et al. Um novo conceito para o tratamento de esclerose múltipla. *Revista Brasileira de Ciências da Vida*, **2018**, 6.
93. Rabelo, A. Q. Uso terapêutico de canabinóides na Esclerose Múltipla. *Ensaio USF*, **2019**, 3(1), 12-26.
94. Consroe, P. et al. The perceived effects of smoked cannabis on patients with multiple sclerosis. *European neurology*, **1997**, 38(1), 44-48.
95. Zajicek, J. P. et al. Multiple sclerosis and extract of cannabis: results of the MUSEC trial. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, **2012**, 83(11), 1125-1132, 2012.
96. Wade, D. T. et al. Do cannabis-based medicinal extracts have general or specific effects on symptoms in multiple sclerosis? A double-blind, randomized, placebo-controlled study on 160 patients. *Multiple Sclerosis Journal*, **2004**, 10(4), 434-441.
97. Epifânio, F. D. L. Cannabis sativa e a regulamentação pela ANVISA: um estudo sob a ótica jurídica, **2019**.
98. Penha, Etienne Muniz et al. A regulamentação de medicamentos derivados da Cannabis sativa no Brasil. *Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics*, **2019**, 9(1), 125-145.
99. Nova, R. B. V. A planta proibida: a polêmica acerca da criminalização da maconha no Brasil. **2018**.
100. Ligresti, A.; Moriello, A. S.; Starowicz, K.; Matias, I.; Pisanti, S.; De Petrocellis, L.; Laezza, C.; Portella, G.; Bifulco, M.; Di Marzo, V. Antitumor activity of plant cannabinoids with emphasis on the effect of cannabidiol on human breast carcinoma. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, **2006**, 318, 1375.
101. Zuardi, A. W. Cannabidiol: from an inactive cannabinoid to a drug with wide spectrum of action. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, **2008**, 30, 271.

102. Coutinho, D.; Vieira, D. N.; Teixeira, H. Condução sob influência de benzodiazepinas e antidepressivos: Prescrição Médica e Abuso. *Acta medica portuguesa*, **2011**, *24(3)*, 431-438.
103. Vasconcelos, K. B. Relato de experiência: uso abusivo de psicofármacos com enfoque em antidepressivos. **2016**.
104. Teng, C. T.; Humes, E. D. C.; Demetrio, F. N. Depressão e comorbidades clínicas. *Archives of Clinical Psychiatry*, **2005**, *32*, 149-159.
105. Sánchez, C.; Bøgesø, K. P.; Ebert, B.; Reines, E. H.; Braestrup, C. Escitalopram versus citalopram: the surprising role of the R-enantiomer. *Psychopharmacology*, **2004**, *174(2)*, 163-176.
106. Sanchez, C.; Bergqvist, P. B. F.; Brennum, L. T.; Gupta, S.; Hogg, S.; Larsen, A.; Wiborg, O. Escitalopram, the S-(+)-enantiomer of citalopram, is a selective serotonin reuptake inhibitor with potent effects in animal models predictive of antidepressant and anxiolytic activities. *Psychopharmacology*, **2003**, *167(4)*, 353-362.
107. Auquier, P.; Robitail, S.; Llorca, P. M.; Rive, B. Comparison of escitalopram and citalopram efficacy: a meta-analysis. *International journal of psychiatry in Clinical Practice*, **2003**, *7(4)*, 259-268.
108. Creswell, J. W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, **2010**.
109. Tashakkori, A.; Creswell, J. W. Exploring the nature of research questions in mixed methods research. Editorial. *J. Mix. Methods Res.*, **2007**, *1(3)*, 207-211.
110. Lüdke, M.; André, M. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. *Em Aberto*, **1986**, *5(31)*.
111. Minayo, M. C. S. Pesquisa social: teoria, método e criatividade. *Petrópolis: Vozes*, **2001**.
112. Johnson, R.B.; Onwuegbuzie, A. J.; Turner, L.A. Toward a Definition of Mixed Methods Research. *J. Mix. Methods Res.*, **2007**, *1(2)*, 112-133.
113. Likert, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*. **1932**, *22(140)*, 44-53.
114. Fernandes, M. S. O método de estudos de caso como estratégia na formação do perfil profissional de estudantes de um curso técnico em química. *Tese (Doutorado em Ed. Em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre*, **2019**.
115. Bardin, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Martins Fontes, **1979**.

116. Severino, A. J. A pesquisa na pós-graduação em educação. *Revista Eletrônica de Educação*, **2007**, 1(1), 31-49.
117. Hair Jr., J.F.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L.; Black, W. C. Multivariate data analysis. 5 ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, **2002**.
118. Sá, L. P. Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no ensino superior de Química. *Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos*, **2010**.
119. da Silva, A. E. L.; Capistrano, M. C.; Barroso, R. L. L.; Victor, F. M. S.; Macedo, A. A. M; de Macêdo, L. N. Reflexões sobre as Dificuldades de Aprendizagem no Ensino de Química, **2012**.
120. Coelho, F. A. S. Química e quiralidade. *Cadernos Temáticos - Quim. Nova Esc.*, **2001**, 3.
121. Martínez Pérez, L. F.; Carvalho, W. L. P. D. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. *Educação e Pesquisa*, **2012**, 38, 727-741.
122. de Sousa, A. C. L.; Feitosa, E. M. A. Abordagem de fake news no ensino de química: concepções e práticas de professores. *Ensino em Perspectivas*, **2021**, 2(3), 1-12.
123. Valadão, D. L.; Neto, W. N. A.; Lopes, J. G. S. Estratégias do agir na prática docente de Química Orgânica no Ensino Superior. *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis*, **2017**, 6.
124. Pereira, A. W.; Fernandes, P. R. D.; Bizerra, A. M. C. A produção de sabão como recurso pedagógico para o ensino de funções orgânicas. *Research, Society and Development*, **2020**, 9(2).
125. Pazinato, M. S.; Braibante, M. E. F. Oficina temática 'Composição química dos alimentos': uma possibilidade para o ensino de Química. *Quim. Nova Esc.*, **2014**, 36, 289-296.
126. Kirinus, G. O.; Fonseca, V. F.; Simon, N. M.; Passos, C. G. Uma proposta multidisciplinar para o ensino de funções orgânicas a partir do livro de divulgação científica “Os Botões de Napoleão”. *Revista kiri-kerê - pesquisa em ensino*, **2020**, 1, 371-385.
127. Martins, C. R.; Lopes, W. A.; Andrade, J. B. Solubilidade das substâncias orgânicas. *Quim. Nova*, **2013**, 36, 1248-1255.

128. Silva, L. A.; Martins, C. R.; Andrade, J. B. Por que todos os nitratos são solúveis?. *Quim. Nova*, **2004**, 27(6), 1016-1020.
129. Júnior, F. Uma abordagem problematizadora para o ensino de interações intermoleculares e conceitos afins. *Quim. Nova Esc.*, **2008**, 29, 20-23.
130. Marcondes, M. E.; Souza, F. L.; Akahoshi, L. H.; Silva, M. A. Química Orgânica: Reflexões e Propostas para o seu ensino. São Paulo: Centro Paula Souza - Cetec/MEC, **2014**.
131. Bula Ketamina: http://200.199.142.163:8002/FOTOS_TRATADAS_SITE_14-03-2016/bulas/25619.pdf
132. Lima, C.; de Moradillo, E. F. Ácidos e Bases nos Livros Didáticos: Ainda Duas das Quatro Funções da Química Inorgânica?. *Quim. Nova Esc.*, **1999**.
133. Silva, L. A.; Larentis, A. L.; Caldas, L. A.; Ribeiro, M. G.; Almeida, R. V., & Herbst, M. H. Obstáculos epistemológicos no ensino-aprendizagem de química geral e inorgânica no ensino superior: resgate da definição ácido-base de Arrhenius e crítica ao ensino das “funções inorgânicas. *Quim. Nova Esc*, **2014**, 36(4), 261-268.
134. Solomons, T. W. G.; Fryhle, C. B. *Química Orgânica. Vol. 1. Tradução de R. M. Matos e D. S. Raslan. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2005*.
135. Volhardt, K. P. C.; Schore, N. E. *Química Orgânica: estrutura e função. 4. ed. Tradução de Ricardo Bicca de Alencastro. Porto Alegre: Editora Bookman, 2004*.
136. Mueller, E. R. et al. Por que a disciplina de Química Geral reprova tanto?. *Revista Prática Docente*, **2020**, 5(1), 449-468.
137. Roque, N. F.; Silva, J. L. A linguagem química e o ensino da química orgânica. *Quim. Nova*, **2008**, 31, 921-923.
138. Correia, M. E. A.; Freitas, J. C.; Freitas, J. J. R. D.; Freitas Filho, J. R. D. Investigação do fenômeno de isomeria: concepções prévias dos estudantes do ensino médio e evolução conceitual. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, **2010**, 12(2), 83-100.
139. Ferraz, A. P. D. C. M.; Belhot, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, **2010**, 17, 421-431.
140. Ribeiro, J. A. G.; Cavassan, O. A adoção da aprendizagem cooperativa (AC) como prática pedagógica na educação ambiental (EA): possibilidades para o ensino e a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. *Pesquisa em Educação Ambiental*, **2016**, 11(1), 19-36.

141. Velloso, A. M. S. Casos Investigativos no ensino de corrosão: estratégia para o desenvolvimento de habilidades argumentativas de alunos de graduação em química. *Dissertação de Mestrado*, USP, São Carlos, **2009**.
142. Goi, M. E. J.; Santos, F. M. A construção do conhecimento químico por estratégias de resolução de problemas. *XII Encontro Nacional de Ensino de Química- ENEQ*, Goiânia, **2004**.

APÊNDICES

Apêndice A: Artigos analisados na revisão sistemática.

| Título | Revista | Autores | Ano, volume e número |
|--|---|--|-----------------------------|
| Effectiveness of case-based learning instruction on epistemological beliefs and attitudes toward chemistry | Journal of Science Education and Technology | Çam, A, Geban, Ö | 2011, 20 (1) |
| Implementation of case-based instruction on electrochemistry at the 11th grade level | Chemistry Education Research and Practice | Tarkin, A.; Uzuntiryaki-Kondakci, E. | 2017, 18 (4) |
| Case study applications in chemistry lesson: gases, liquids, and solids | Chemistry Education Research and Practice | Yildizay, A.; Tarhan, L. | 2013, 14 (4) |
| Herreid, C. F. ConfChem conference on case-based studies in chemical education: the future of case study teaching in science | Journal of Chemical Education | Herreid, C. F. | 2013, 90 (2) |
| ConfChem Conference on Case-Based Studies in Chemical Education: The Use of Case Studies in an Introductory Biochemistry Course | Journal of Chemical Education | Cornely, K. | 2013, 90 (2) |
| The effect of case-based instruction on 10th grade students' understanding of gas concepts | Chemistry Education Research and Practice | Yalçinkaya, E.; Boz, Y. | 2015, 16 (1) |
| Is case-based learning an effective teaching strategy to challenge students' alternative conceptions regarding chemical kinetics? | Research in Science and Technological Education | Yalçinkaya, E.; et al. | 2012, 30 (2) |
| SOS Mogi-Guaçu: contribuições de um Estudo de Caso para a educação química no nível médio | Química Nova na Escola | da Silva, O. B.; de Oliveira, J. R. S.; Queiroz, S. L. | 2011, 33 (3) |
| Estudo de caso em aulas de química: percepção dos estudantes de nível médio sobre o desenvolvimento de suas habilidades | Química Nova na Escola | de Sousa, R. S.; Rocha, P. D. P.; Garcia, I. T. S. | 2012, 34 (4) |
| Produção de casos para o ensino de química: uma experiência na formação inicial de professores | Química Nova | Massena, E. P.; de Guzzi Filho, N. J.; Sá, L. P. | 2013, 36 (7) |
| ConfChem Conference on Case-Based Studies in Chemical Education: Chemistry of Pompeii and Herculaneum A Case Study Course in Chemistry at the Interface of Ancient Technology and Archeological Conservation | Journal of Chemical Education | Federico, E. D.; et al. | 2013, 90 (2) |
| ConfChem Conference on Case-Based Studies in Chemical Education: You (Want To) Call Yourself a Case Study Teacher? | Journal of Chemical Education | Colyer, C. L. | 2013, 90 (2) |
| ConfChem Conference on Case-Based Studies in Chemical Education: One Story, Different Classes—Using the Same Case Study for Different Levels of Chemistry Students | Journal of Chemical Education | Taylor, A. T. S. | 2013, 90 (2) |
| Casos investigativos para a promoção da CSCL no ensino superior de química | Química Nova | Cabral, P. F. de O.; Souza, N. dos S.; Queiroz, S. L. | 2017, 40 (9), |
| Casos investigativos de caráter sociocientífico: aplicação no ensino superior de Química | Educación Química | Sá, L. P.; Kasseboehmer, A. C.; Queiroz, S. L. | 2013, 24 (2) |
| Engaging novice researchers in the process and culture of science using a “Pass-the-Problem” case strategy | Biochemistry and Molecular Biology Education | White III, H. B.; Usher, D. C. | 2015, 43 (5), |

| | | | |
|---|--|--|---------------|
| Effect of case studies on primary school teaching students' attitudes toward chemistry lesson | Hacettepe University Journal of Education | Ayyildiz, Y.; Tarhan, L. | 2012, 43 (43) |
| What is the effect of case-based learning on the academic achievement of students on the topic of "biochemical oxygen demand?" | Research in Science Education | Günter, T.; Alpat, S. K. | 2019, 49 (6) |
| ConfChem conference on case-based studies in chemical education: use of case study for the introductory chemistry laboratory environment | Journal of Chemical Education | Frerichs, V. A. | 2013, 90 (2) |
| ConfChem conference on case-based studies in chemical education: Case study teaching in the community college | Journal of Chemical Education | Dewprashad, B. | 2013, 90 (2), |
| Teaching the properties of chromium's oxidation states with a case study method | Chemistry Education Research and Practice | Ozdilek, Z. | 2015, 16 (1) |
| An interdisciplinary guided inquiry laboratory for first year undergraduate forensic science students | Journal of Chemical Education | Cresswell, S. L.; Loughlin, W. A. | 2015, 92 (10) |
| Determining the antifungal agent clioquinol by HPLC, the Not So Pure Preparation: a laboratory-based case study for an instrumental analytical chemistry course | Journal of Chemical Education | Schaber, P. M.; Hobika, G. | 2018, 95 (3) |
| The Chemistry of Cocaine | Journal of College Science Teaching | Dewprashad, B. | 2011, 41 (1) |
| History and Epistemology of Science in the Classroom: The Synthesis of Quinine as a Proposal | Journal of Chemical Education | Souza, K. A. F. D.; Porto, P. A. | 2012, 89 (1) |
| Estudo de casos na formação de professores de química | Química Nova | Pinheiro, A. N.; Medeiros, E. de L.; Oliveira, A. C. | 2010, 33 (9), |
| Conceptual process design for Boric Acid: A case study for engineering education | Computer Aided Chemical Engineering | Herrera, S.; et al. | 2016, 38 |
| Social networking as a platform for role-playing scientific case studies | Journal of Chemical Education | Geyer, A. M. | 2014, 91 (3) |
| The Case of Nut Poisoning (or Too Much of a Good Thing?): Implementation and Assessment | Journal of Chemical Education | Schaber, P. M.; et al. | 2012, 88 (7) |
| Juicing the juice: A laboratory-based case study for an instrumental analytical chemistry course | Journal of Chemical Education | Schaber, P. M.; et al. | 2011, 88 (4) |
| O tema carboidratos através da metodologia de estudos de caso: desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais | Química Nova | dos Passos, K.; et al. | 2018, 41 (10) |
| Case Studies for General Chemistry: Teaching with a Newsworthy Story ²⁵³¹ . | Journal of Chemical Education | Hibbard, L. | 2019, 96 (11) |
| Misconduct at the lab? A performance task case study for teaching data analysis and critical thinking | Journal of Chemical Education | Contakes, S. M. | 2016, 93 (2) |
| Teaching with the case study method to promote active learning in a small molecule crystallography course for chemistry students | Journal of Chemical Education | Campbell, M. G.; Powers, T. M.; Zheng, S. | 2015 |
| Enhancing Student Performance in Chemistry for Non-Majors Using Critical Thinking and Case Studies | The Chemical Educator | Bariyanga, J. | 2010, 15 |
| Case-based studies in teaching medicinal chemistry in PharmD curriculum: Perspectives of students, faculty, and pharmacists from academia | Currents in Pharmacy Teaching and Learning | Das, J.; et al. | 2018, 10 (1) |
| Sharing Innovations in STEM Education Through Digital Stories: a case study in Organic Chemistry | The Chemical Educator | Carey, T.; Nakayama, K.; Zweier, L. | 2012, 17 |
| From Bhopal to Cold Fusion: A Case-Study Approach to Writing Assignments in Honors General Chemistry | Journal of Chemical Education | Chamely-Wiik, D. M.; Haky, J. E.; Galin, J. R. | 2012, 89 (4) |
| Effectiveness of case-based learning instruction on | Research in Science and | Çam, A. Geban, Ö. | 2017, 35 |

| | | | |
|--|---|-----------------------------------|---------------|
| pre-service teachers' chemistry motivation and attitudes toward chemistry | Technological Education | | (1) |
| Modified case based learning: Our experience with a new module for pharmacology undergraduate teaching | International Journal of Applied and Basic Medical Research | Gupta, K.; Arora, S.; Kaushal, S. | 2014, 4 (2) |
| Thomas Midgley, Jr., and the development of new substances: A case study for chemical educators | Journal of Chemical Education | Viana, H. E. B.; Porto, A. P. | 2013, 90 (12) |
| Art, meet chemistry; Chemistry, meet art: Case studies, current literature, and instrumental methods combined to create a hands-on experience for nonmajors and instrumental analysis students | Journal of Chemical Education | Nivens, D. A.; et al. | 2010, 87 (10) |

Apêndice B: Caso 1 - *Toda droga é ruim?*

Caso 1 - *Toda droga é ruim?*

João tinha 20 anos quando começou a sentir os primeiros sintomas da doença. Sempre morou em Carlos Barbosa, uma pequena cidade do interior do Rio Grande do Sul, a 100 km da capital Porto Alegre.

Certo dia, João acordou com a visão embaçada, mas não deu muita importância para isso. Entretanto, esse fato começou a se tornar recorrente e a se agravar. João começou a enxergar os objetos duplicados e, às vezes, tinha perda visual por longos períodos de tempo. Assim, ele decidiu procurar um oftalmologista, pois pensava estar com problemas de visão.

Na consulta com o oftalmologista, João foi examinado e o médico indicou que ele procurasse um neurologista, pois desconfiou que o problema de João não estava relacionado diretamente à visão.

João resolveu procurar a Dra. Luciana Santos, renomada neurologista na cidade de Porto Alegre. Ele estava preocupado, pois agora, além dos problemas com a visão, começou a sentir também outros sintomas os quais relatou à médica durante a consulta:

- Doutora, eu estou há dias com problemas para enxergar, parece que os objetos ficam embaralhados e, algumas vezes, tenho até perda da visão.

- Você chegou a consultar algum outro médico antes de vir aqui?

- Sim, doutora. Fui a um oftalmologista e ele disse que, pelos meus sintomas, eu deveria procurar um neurologista, por isso estou aqui hoje.

- E você sente alguma outra coisa?

- Então, doutora, eu sentia só problemas com a visão, mas, de uns dias pra cá, comecei a me sentir bastante cansado e sinto as pernas formigadas também.

João acabou sendo diagnosticado com esclerose múltipla, uma doença inflamatória crônica que provoca dificuldades motoras e sensitivas. Sua principal característica são os surtos, que são inflamações na bainha de mielina que recobre os neurônios, comprometendo funções do sistema nervoso.

Apesar de não ter cura, a esclerose múltipla pode ser tratada. O tratamento de João começou com corticosteróides e, depois de um tempo, com imunossuppressores e imunomoduladores também, mas os surtos continuavam intensos e recorrentes.

*Foi então que João começou a pesquisar sobre o uso de maconha (*Cannabis sativa*) para o tratamento da esclerose múltipla. Ele descobriu que são duas as principais moléculas contidas na planta que atuam como princípios ativos para seu uso medicinal: o canabidiol (CBD) e o tetrahydrocannabinol (THC).*

Entretanto, algo deixou João intrigado: enquanto o THC está relacionado ao efeito psicoativo da droga, o CBD tem maior relação com os efeitos analgésico e anti convulsivo, porém ambos possuem a mesma fórmula molecular: $C_{21}H_{30}O_2$.

*Assim, João ficou em dúvida se deveria ou não fazer uso da *Cannabis* para o tratamento da esclerose múltipla, pois, em sua pesquisa, não ficou claro como duas moléculas supostamente iguais podem causar efeitos diferentes no organismo e se de fato essa droga, ainda ilegal no Brasil, pode trazer benefícios.*

Você é um(a) amigo(a) íntimo(a) do João e deve esclarecer sua dúvida a respeito das moléculas citadas, ajudando-o a decidir se deve ou não fazer uso da *Cannabis* para o tratamento da esclerose múltipla. Para isso, você deve escrever um relatório no qual constem as informações necessárias para que ele possa tomar uma decisão bem embasada. Esse relatório deve também conter informações relevantes relacionadas às propriedades físico-químicas desses compostos.

Apêndice C: Caso 2 - A eficácia é a mesma?

Caso 2 - A eficácia é a mesma?

Laura tinha 18 anos quando se mudou para Porto Alegre para cursar Direito na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Antes disso, morava com seus pais em uma cidade do interior do estado e já nos primeiros meses fora de casa começou a se sentir mais ansiosa do que o “normal”.

Após três meses morando em Porto Alegre, uma certa manhã, Laura acordou com o coração palpitando, como se estivesse saindo pela boca de tanto que batia. Imediatamente ligou apavorada para sua mãe, que já estava acostumada com as ligações aos prantos da filha.

- Mãe, eu não vou conseguir ir pra faculdade hoje. Estou com uma dor no peito muito forte e não consigo me acalmar!

- Laura, você deve estar passando por uma crise de pânico. Sei que você não gostaria, mas já está na hora de consultar algum psiquiatra.

A menina marcou uma consulta com a psiquiatra Dra. Fernanda para o dia seguinte e, já na primeira consulta, a médica prescreveu um remédio para ela: o Escitalopram de 10 miligramas. A médica disse que ela deveria tomar um comprimido todos os dias e, após 15 dias, já estaria se sentindo melhor. Além disso, indicou à Laura acompanhamento médico com consultas periódicas semanais.

Passado um ano de tratamento, já eram claros os efeitos da medicação: Laura estava se sentindo muito melhor. As consultas periódicas com a Dra. Fernanda continuavam, mas agora, devido à considerável melhora, eram mensais. Certa vez, ela foi ao consultório e a médica lhe deu algumas amostras grátis de um medicamento que se chamava Citalopram de 20 miligramas.

- Você pode tomar este medicamento da mesma forma que administrava o anterior, pois eles possuem o mesmo princípio ativo. Você pode observar nos próximos dias se você se adapta a ele. Laura gostou de ganhar amostras grátis, afinal, a vida financeira de estudante não estava fácil. No entanto, ela não imaginava que alguns meses após a mudança da medicação, suas crises de ansiedade/pânico voltariam a acontecer.

Antes mesmo da próxima consulta com a médica, Laura resolveu conversar com sua melhor amiga Luisa, que era estudante de Farmácia na UFRGS, pois estava desconfiada do novo remédio:

- Amiga, será que existe alguma possibilidade da minha ansiedade estar voltando por que eu troquei de medicamento?

- Olha, Laura, apesar de o princípio ativo ser o mesmo, talvez os efeitos das medicações sejam diferentes mesmo. Vou pesquisar aqui e qualquer informação importante, vou te avisar!

Você é a Luisa, melhor amiga da Laura, e deve esclarecer sua dúvida a respeito dos medicamentos citados, ajudando-a a entender as diferenças entre eles. Para isso, você deve escrever um relatório no qual constem informações relevantes sobre os dois medicamentos que respondam a questão levantada por ela. Esse relatório deve também conter informações relevantes relacionadas às propriedades físico-químicas desses compostos.

Apêndice D: Instrumento 1 - Questionário sobre o perfil do estudante.

| Categoria | Pergunta |
|--|---|
| <i>Perfil</i> | Qual a sua idade? |
| | Qual o seu gênero? |
| | Em que tipo de escola você cursou o Ensino Médio? |
| | Qual o seu curso de graduação? |
| | É a primeira vez que você está cursando a disciplina de Química Orgânica I? Se não, quantas vezes já cursou a disciplina? |
| <i>Metas</i> | O que você pretende fazer logo após se formar? |
| <i>Percepções sobre a Química Orgânica e sua importância</i> | Você gosta de Química Orgânica? |
| | Você acha importante estudar Química Orgânica para sua futura profissão? |
| | Você consegue relacionar a Química Orgânica com o estudo dos fármacos? |
| | Elenque os conteúdos de Química Orgânica que você lembra. |

Apêndice E: Instrumento 2 - Questionário sobre as atitudes em relação à Química.

Marque a alternativa que melhor descreva sua opinião quanto às contribuições da atividade realizada com Estudos de Caso: CT (Concordo Totalmente), CP (Concordo Parcialmente), I (Indeciso), DP (Discordo Parcialmente) e DT (Discordo Totalmente).

- 1 - Concordo totalmente
- 2 - Concordo parcialmente
- 3 - Indeciso
- 4 - Discordo parcialmente
- 5 - Discordo totalmente

Afirmações:

- 1. Eu gosto das aulas de Química Orgânica.
- 2. Eu acredito que o conhecimento em Química ajuda a interpretar eventos importantes do nosso dia a dia.
- 3. Eu gostaria de ter aulas de Química Orgânica mais frequentemente.
- 4. Eu acredito que o conhecimento em Química será útil após a minha graduação.
- 5. Eu acho que as aulas de Química Orgânica são desnecessárias.
- 6. Eu acho que o desenvolvimento da Química aumenta a nossa qualidade de vida.
- 7. Eu odeio as aulas de Química Orgânica.
- 8. Eu acho que o nível de tecnologia em Química de um país é um importante indicador do desenvolvimento do mesmo.
- 9. Eu acredito que eu não preciso do conhecimento em Química para minha carreira.
- 10. Eu gostaria de ter menos tópicos de Química Orgânica nas aulas.
- 11. Eu acho que a Química tem um importante papel na vida moderna.
- 12. Eu acho as aulas de Química Orgânica interessantes.
- 13. Eu acho que trabalhos relacionados à Química não são atrativos.
- 14. Eu acho que a Química tem um papel importante no desenvolvimento da área farmacêutica.

Dimensões de cada afirmação:

- 1. Interesse do estudante nas aulas de Química: afirmações 1, 3, 5, 7, 10 e 12.
- 2. Importância da Química na vida real: afirmações 2, 6, 8, 11 e 14.
- 3. Relação da Química com a escolha profissional: afirmações 4, 9 e 13.

Apêndice F: Instrumento 3 - Questionário sobre as contribuições do método EC.

Marque a alternativa que melhor descreva sua opinião quanto às contribuições da atividade realizada com o Estudo de Caso: CT (Concordo Totalmente), CP (Concordo Parcialmente), I (Indeciso), DP (Discordo Parcialmente) e DT (Discordo Totalmente).

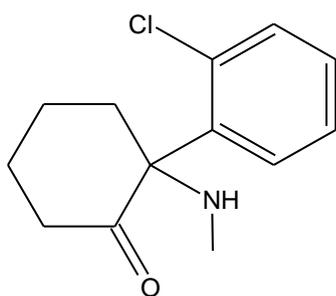
- 1 - Concordo totalmente
- 2 - Concordo parcialmente
- 3 - Indeciso
- 4 - Discordo parcialmente
- 5 - Discordo totalmente

Afirmações:

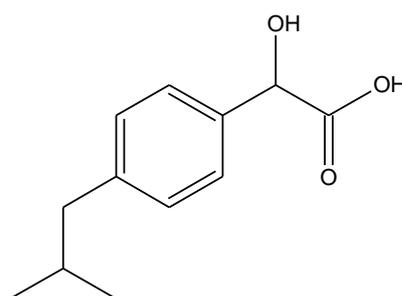
- 1. Desenvolvi minha capacidade de comunicação oral.
- 2. Desenvolvi minha capacidade de comunicação escrita.
- 3. Aprimorei meus conhecimentos a respeito do tema fármacos.
- 4. Desenvolvi minha capacidade de realizar trabalhos em grupo.
- 5. Desenvolvi minha habilidade de investigação na busca de soluções para resolver problemas.
- 6. Desenvolvi minha capacidade de argumentação diante de questionamentos.
- 7. Desenvolvi minha capacidade de persuasão na apresentação das minhas conclusões.
- 8. Desenvolvi o meu entendimento sobre a forma como a ciência é construída.
- 9. Desenvolvi minha capacidade de solucionar problemas.
- 10. Desenvolvi minha capacidade de tomar decisões diante de problemas da vida real.

Apêndice G: Instrumento 4 - Pré-teste

Cerca de 50% das drogas em uso atualmente são compostos quirais. Dessas, aproximadamente 90% são comercializadas na forma de mistura racêmica. Embora tenham a mesma fórmula química, a maioria dos isômeros de drogas quirais exibe diferenças nas atividades biológicas, tornando importante o estudo de cada um em particular. Além disso, a administração de um medicamento em sua forma racêmica traz algumas desvantagens, como o aumento da dose (já que somente metade dela tem o efeito farmacológico desejado) e, a cada dose, 50% dela é composta por uma substância química que não precisaria estar sendo ingerida pelo paciente. Nesse sentido, as questões abaixo estão relacionadas ao conceito de estereoisomeria e às propriedades físico-químicas de alguns fármacos quirais disponíveis no mercado.



A. Ketamina - anestésico



B. Ibuprofeno – anti-inflamatório

Em relação aos fármacos acima:

1. Identifique as funções orgânicas presentes em cada um dos compostos.
2. Explique o conceito de isomeria.
3. Explique o conceito de estereoisomeria, diferenciando-o do conceito de isomeria.
4. Identifique o(s) carbono(s) assimétrico(s) de cada um dos compostos, caso exista(m).
5. Se possuírem, quantos e quais são os estereoisômeros de cada um dos compostos? Desenhe-os, indicando a configuração absoluta (R ou S) de cada um.
6. Como você explicaria a diferença de solubilidade em água desses compostos sabendo que K_{ps} Ketamina = $2,8 \cdot 10^3$ mg/L e K_{ps} Ibuprofeno = 21 mg/L.
7. Qual o estado físico a temperatura ambiente de cada um dos compostos? Como você explicaria isso?
8. Em relação à acidez e basicidade, qual o caráter de cada um dos compostos?
9. A Ketamina e o Ibuprofeno são medicamentos compostos por moléculas que apresentam um par de enantiômeros. O enantiômero (S)-Ketamina (princípio ativo) tem efeito anestésico, enquanto o enantiômero (R)-Ketamina tem efeito alucinógeno e, por isso, é utilizado de forma ilegal como droga de abuso. Já no Ibuprofeno, o enantiômero (S)-Ibuprofeno (princípio ativo) tem efeito anti-inflamatório, enquanto o enantiômero (R)-Ibuprofeno não possui atividade biológica, sendo comercializado somente o enantiômero (S)-Ibuprofeno. Como você explicaria os diferentes efeitos desses compostos no organismo, relacionando-os com a sua estereoquímica e com o modelo chave-fechadura mostrado na Figura 1 abaixo.

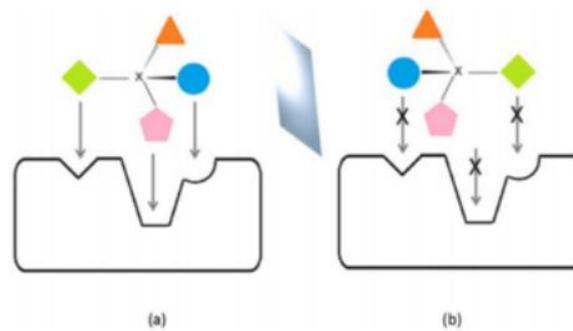


Figura 1: Reconhecimento complementar de um enantiômero (a) e não reconhecimento (b).

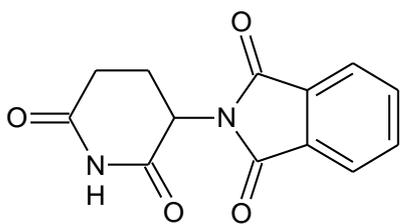
1. Nguyen, L. A.; He, H.; Pham-Huy, C.; Chiral drugs: an overview. *Int J Biomed Sci.* 2006. 2(2), 85-100
2. Fernando A. S. Coelho, Fármacos e quiralidade, *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*

Aspecto 1 (conceitos químicos fundamentais): Questões 1, 5, 6 e 7.

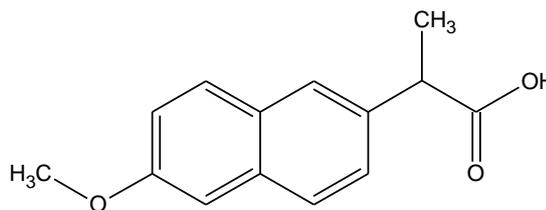
Aspecto 2 (isomeria/estereoisomeria): Questões 2, 3, 4, 5 e 9.

Apêndice H: Instrumento 4 - Pós-teste

Cerca de 50% das drogas em uso atualmente são compostos quirais. Dessas, aproximadamente 90% são comercializadas na forma de mistura racêmica. Embora tenham a mesma fórmula química, a maioria dos isômeros de drogas quirais exibe diferenças nas atividades biológicas, tornando importante o estudo de cada um em particular. Além disso, a administração de um medicamento em sua forma racêmica traz algumas desvantagens, como o aumento da dose (já que somente metade dela tem o efeito farmacológico desejado) e, a cada dose, 50% dela é composta por uma substância química que não precisaria estar sendo ingerida pelo paciente. Nesse sentido, as questões abaixo estão relacionadas ao conceito de estereoisomeria e às propriedades físico-químicas de alguns fármacos quirais disponíveis no mercado.



A. Talidomida - sedativo



B. Naproxeno – anti-inflamatório

Em relação aos fármacos acima:

1. Identifique as funções orgânicas presentes em cada um dos compostos.
2. Explique o conceito de isomeria.
3. Explique o conceito de estereoisomeria, diferenciando-o do conceito de isomeria.
4. Identifique o(s) carbono(s) assimétrico(s) de cada um dos compostos, caso exista(m).
5. Se possuírem, quantos e quais são os estereoisômeros de cada um dos compostos? Desenhe-os, indicando a configuração absoluta (R ou S) de cada um.
6. Como você explicaria a diferença de solubilidade em água desses compostos sabendo que K_{ps} Talidomida = 50 mg/L e K_{ps} Naproxeno = 40 mg/L.
7. Qual o estado físico a temperatura ambiente de cada um dos compostos? Como você explicaria isso?
8. Em relação à acidez e basicidade, qual o caráter de cada um dos compostos?
9. A Talidomida e o Naproxeno são medicamentos compostos por moléculas que apresentam um par de enantiômeros. O enantiômero (R)-Talidomida (princípio ativo) tem efeito sedativo e anti enjôo, enquanto o enantiômero (S)-Talidomida tem efeito teratogênico e, por isso, não pode ser ingerido por mulheres grávidas. Já no naproxeno, o enantiômero (S)-Naproxeno (princípio ativo) tem efeito anti-inflamatório, enquanto o enantiômero (R)-Naproxeno não possui atividade biológica, sendo comercializado somente o enantiômero (S)-Naproxeno. Como você explicaria os diferentes efeitos desses compostos no organismo, relacionando-os com a sua estereoquímica e com o modelo chave-fechadura mostrado na Figura 1 abaixo.

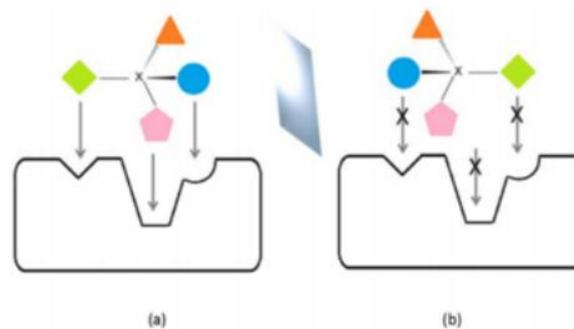


Figura 1. Reconhecimento complementar de um enantiômero (a) e não reconhecimento (b).

Referências:

1. Nguyen, L. A.; He, H.; Pham-Huy, C.; Chiral drugs: an overview. *Int J Biomed Sci.* 2006. 2(2), 85-100
2. Fernando A. S. Coelho, Fármacos e quiralidade, *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*

Aspecto 1 (conceitos químicos fundamentais): Questões 1, 5, 6 e 7.

Aspecto 2 (isomeria/estereoisomeria): Questões 2, 3, 4, 5 e 9.

Apêndice I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar do projeto de pesquisa intitulado “Estudo de Casos aliado a temática fármacos no Ensino de Química Orgânica no nível superior”. Em caso de recusa, você não será penalizado(a) de forma alguma. O referido projeto está sendo desenvolvido na Linha de Pesquisa: Ensino de Química do Programa de Pós-Graduação em Química da UFRGS. Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores responsáveis:

Prof. Dr. Maurícus Selvero Pazinato (orientador) e Flávia Maggioni Bernardi (mestranda), através dos telefones: (51) 996964832, (54) 984050100 ou dos e-mails: mauricius.pazinato@ufrgs.br e fmbernardi@yahoo.com.br.

Nome: _____

RG: _____

Cartão UFRGS: _____

Você pode interromper a participação a qualquer momento da pesquisa, bem como terá:

1. A garantia de receber todos os esclarecimentos sobre todas as discussões antes e durante o desenvolvimento da pesquisa.
2. A segurança plena de que não serei identificado, mantendo o caráter oficial da informação, assim como está assegurado que a pesquisa não acarretará nenhum prejuízo individual ou coletivo.
3. A segurança de que esta pesquisa não causará nenhum tipo de risco, dano físico, ou mesmo constrangimento moral e ético.
4. A garantia de que todo material (inclusive vídeos e gravações) resultante será usado exclusivamente para a construção da pesquisa e ficará sob a guarda dos pesquisadores.
5. As informações e dados coletados serão utilizados unicamente para fins acadêmicos e publicados em trabalhos de eventos e artigos científicos.

Tendo ciência do exposto acima, desejo participar da pesquisa.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2021.

() Concordo em participar da referida pesquisa.

ANEXO

Anexo A: Distribuição de *t Student* segundo os graus de liberdade e uma dada probabilidade num teste bicaudal.

| Nº de graus de liberdade | Probabilidade para um teste bicaudal | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|
| | 0,95 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,50 | 0,40 | 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,001 |
| 1 | 0,0787 | 0,1584 | 0,3249 | 0,5095 | 0,7265 | 1,0000 | 1,3764 | 1,9626 | 3,0777 | 6,3138 | 12,7062 | 31,8205 | 63,657 | 636,619 |
| 2 | 0,0708 | 0,1421 | 0,2887 | 0,4447 | 0,6172 | 0,8165 | 1,0607 | 1,3862 | 1,8856 | 2,9200 | 4,3027 | 6,9646 | 9,9248 | 31,5991 |
| 3 | 0,0681 | 0,1366 | 0,2767 | 0,4242 | 0,5844 | 0,7649 | 0,9785 | 1,2498 | 1,6377 | 2,3534 | 3,1824 | 4,5407 | 5,8409 | 12,9240 |
| 4 | 0,0667 | 0,1338 | 0,2707 | 0,4142 | 0,5686 | 0,7407 | 0,9410 | 1,1896 | 1,5332 | 2,1318 | 2,7764 | 3,7469 | 4,6041 | 8,6103 |
| 5 | 0,0659 | 0,1322 | 0,2672 | 0,4082 | 0,5594 | 0,7267 | 0,9195 | 1,1558 | 1,4759 | 2,0150 | 2,5706 | 3,3649 | 4,0321 | 6,8688 |
| 6 | 0,0654 | 0,1311 | 0,2648 | 0,4043 | 0,5534 | 0,7176 | 0,9057 | 1,1342 | 1,4398 | 1,9432 | 2,4469 | 3,1427 | 3,7074 | 5,9588 |
| 7 | 0,0650 | 0,1303 | 0,2632 | 0,4015 | 0,5491 | 0,7111 | 0,8960 | 1,1192 | 1,4149 | 1,8946 | 2,3646 | 2,9980 | 3,4995 | 5,4079 |
| 8 | 0,0647 | 0,1297 | 0,2619 | 0,3995 | 0,5459 | 0,7064 | 0,8889 | 1,1081 | 1,3968 | 1,8595 | 2,3060 | 2,8965 | 3,3554 | 5,0413 |
| 9 | 0,0645 | 0,1293 | 0,2610 | 0,3979 | 0,5435 | 0,7027 | 0,8834 | 1,0997 | 1,3830 | 1,8331 | 2,2622 | 2,8214 | 3,2498 | 4,7809 |
| 10 | 0,0643 | 0,1289 | 0,2602 | 0,3966 | 0,5415 | 0,6998 | 0,8791 | 1,0931 | 1,3722 | 1,8125 | 2,2281 | 2,7638 | 3,1693 | 4,5869 |
| 11 | 0,0642 | 0,1286 | 0,2596 | 0,3956 | 0,5399 | 0,6974 | 0,8755 | 1,0877 | 1,3634 | 1,7959 | 2,2010 | 2,7181 | 3,1058 | 4,4370 |
| 12 | 0,0640 | 0,1283 | 0,2590 | 0,3947 | 0,5386 | 0,6955 | 0,8726 | 1,0832 | 1,3562 | 1,7823 | 2,1788 | 2,6810 | 3,0545 | 4,3178 |
| 13 | 0,0639 | 0,1281 | 0,2586 | 0,3940 | 0,5375 | 0,6938 | 0,8702 | 1,0795 | 1,3502 | 1,7709 | 2,1604 | 2,6503 | 3,0123 | 4,2208 |
| 14 | 0,0638 | 0,1280 | 0,2582 | 0,3933 | 0,5366 | 0,6924 | 0,8681 | 1,0763 | 1,3450 | 1,7613 | 2,1448 | 2,6245 | 2,9768 | 4,1405 |
| 15 | 0,0638 | 0,1278 | 0,2579 | 0,3928 | 0,5357 | 0,6912 | 0,8662 | 1,0735 | 1,3406 | 1,7531 | 2,1314 | 2,6025 | 2,9467 | 4,0728 |
| 16 | 0,0637 | 0,1277 | 0,2576 | 0,3923 | 0,5350 | 0,6901 | 0,8647 | 1,0711 | 1,3368 | 1,7459 | 2,1199 | 2,5835 | 2,9208 | 4,0150 |
| 17 | 0,0636 | 0,1276 | 0,2573 | 0,3919 | 0,5344 | 0,6892 | 0,8633 | 1,0690 | 1,3334 | 1,7396 | 2,1098 | 2,5669 | 2,8982 | 3,9651 |
| 18 | 0,0636 | 0,1274 | 0,2571 | 0,3915 | 0,5338 | 0,6884 | 0,8620 | 1,0672 | 1,3304 | 1,7341 | 2,1009 | 2,5524 | 2,8784 | 3,9216 |
| 19 | 0,0635 | 0,1274 | 0,2569 | 0,3912 | 0,5333 | 0,6876 | 0,8610 | 1,0655 | 1,3277 | 1,7291 | 2,0930 | 2,5395 | 2,8609 | 3,8834 |
| 20 | 0,0635 | 0,1273 | 0,2567 | 0,3909 | 0,5329 | 0,6870 | 0,8600 | 1,0640 | 1,3253 | 1,7247 | 2,0860 | 2,5280 | 2,8453 | 3,8495 |
| 21 | 0,0635 | 0,1272 | 0,2566 | 0,3906 | 0,5325 | 0,6864 | 0,8591 | 1,0627 | 1,3232 | 1,7207 | 2,0796 | 2,5176 | 2,8314 | 3,8193 |
| 22 | 0,0634 | 0,1271 | 0,2564 | 0,3904 | 0,5321 | 0,6858 | 0,8583 | 1,0614 | 1,3212 | 1,7171 | 2,0739 | 2,5083 | 2,8188 | 3,7921 |
| 23 | 0,0634 | 0,1271 | 0,2563 | 0,3902 | 0,5317 | 0,6853 | 0,8575 | 1,0603 | 1,3195 | 1,7139 | 2,0687 | 2,4999 | 2,8073 | 3,7676 |
| 24 | 0,0634 | 0,1270 | 0,2562 | 0,3900 | 0,5314 | 0,6848 | 0,8569 | 1,0593 | 1,3178 | 1,7109 | 2,0639 | 2,4922 | 2,7969 | 3,7454 |
| 25 | 0,0633 | 0,1269 | 0,2561 | 0,3898 | 0,5312 | 0,6844 | 0,8562 | 1,0584 | 1,3163 | 1,7081 | 2,0595 | 2,4851 | 2,7874 | 3,7251 |
| 26 | 0,0633 | 0,1269 | 0,2560 | 0,3896 | 0,5309 | 0,6840 | 0,8557 | 1,0575 | 1,3150 | 1,7056 | 2,0555 | 2,4786 | 2,7787 | 3,7066 |
| 27 | 0,0633 | 0,1268 | 0,2559 | 0,3894 | 0,5306 | 0,6837 | 0,8551 | 1,0567 | 1,3137 | 1,7033 | 2,0518 | 2,4727 | 2,7707 | 3,6896 |
| 28 | 0,0633 | 0,1268 | 0,2558 | 0,3893 | 0,5304 | 0,6834 | 0,8546 | 1,0560 | 1,3125 | 1,7011 | 2,0484 | 2,4671 | 2,7633 | 3,6739 |
| 29 | 0,0633 | 0,1268 | 0,2557 | 0,3892 | 0,5302 | 0,6830 | 0,8542 | 1,0553 | 1,3114 | 1,6991 | 2,0452 | 2,4620 | 2,7564 | 3,6594 |
| 30 | 0,0632 | 0,1267 | 0,2556 | 0,3890 | 0,5300 | 0,6828 | 0,8538 | 1,0547 | 1,3104 | 1,6973 | 2,0423 | 2,4573 | 2,7500 | 3,6460 |
| 60 | 0,0630 | 0,1262 | 0,2545 | 0,3872 | 0,5272 | 0,6786 | 0,8477 | 1,0455 | 1,2958 | 1,6706 | 2,0003 | 2,3901 | 2,6603 | 3,4602 |
| 90 | 0,0629 | 0,1260 | 0,2541 | 0,3866 | 0,5263 | 0,6772 | 0,8456 | 1,0424 | 1,2910 | 1,6620 | 1,9867 | 2,3685 | 2,6316 | 3,4019 |
| 120 | 0,0628 | 0,1259 | 0,2539 | 0,3862 | 0,5258 | 0,6765 | 0,8446 | 1,0409 | 1,2886 | 1,6577 | 1,9799 | 2,3578 | 2,6174 | 3,3735 |
| 150 | 0,0628 | 0,1259 | 0,2538 | 0,3861 | 0,5255 | 0,6761 | 0,8440 | 1,0400 | 1,2872 | 1,6551 | 1,9759 | 2,3515 | 2,6090 | 3,3566 |
| 180 | 0,0628 | 0,1258 | 0,2537 | 0,3859 | 0,5253 | 0,6759 | 0,8436 | 1,0394 | 1,2863 | 1,6534 | 1,9732 | 2,3472 | 2,6034 | 3,3454 |
| 210 | 0,0628 | 0,1258 | 0,2537 | 0,3858 | 0,5252 | 0,6757 | 0,8433 | 1,0390 | 1,2856 | 1,6521 | 1,9713 | 2,3442 | 2,5994 | 3,3375 |
| 240 | 0,0628 | 0,1258 | 0,2536 | 0,3858 | 0,5251 | 0,6755 | 0,8431 | 1,0387 | 1,2851 | 1,6512 | 1,9699 | 2,3420 | 2,5965 | 3,3315 |
| 270 | 0,0628 | 0,1258 | 0,2536 | 0,3857 | 0,5250 | 0,6754 | 0,8430 | 1,0384 | 1,2847 | 1,6505 | 1,9688 | 2,3402 | 2,5942 | 3,3269 |
| 300 | 0,0628 | 0,1258 | 0,2536 | 0,3857 | 0,5250 | 0,6753 | 0,8428 | 1,0382 | 1,2844 | 1,6499 | 1,9679 | 2,3388 | 2,5923 | 3,3233 |
| 400 | 0,0627 | 0,1257 | 0,2535 | 0,3856 | 0,5248 | 0,6751 | 0,8425 | 1,0378 | 1,2837 | 1,6487 | 1,9659 | 2,3357 | 2,5882 | 3,3150 |
| 500 | 0,0627 | 0,1257 | 0,2535 | 0,3855 | 0,5247 | 0,6750 | 0,8423 | 1,0375 | 1,2832 | 1,6479 | 1,9647 | 2,3338 | 2,5857 | 3,3101 |