

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL

GABRIELA SALVATI DECONTI

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA NO ESTUDO DE ISOMERIA ÓPTICA

CAXIAS DO SUL, RS

2025

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA NO ESTUDO DE ISOMERIA ÓPTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, sob orientação da Profa. Dra. Fernanda Miotto como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

CAXIAS DO SUL, RS

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

D296s Deconti, Gabriela Salvati
Sequência de ensino investigativa no estudo de isomeria óptica [recurso eletrônico] / Gabriela Salvati Deconti. – 2025.
Dados eletrônicos.
Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2025.
Orientação: Fernanda Miotto.
Modo de acesso: World Wide Web
Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>
1. Química - Estudo e ensino. 2. Aprendizagem. 3. Isomerismo. I. Miotto, Fernanda, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 54:37

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Carolina Machado Quadros - CRB 10/2236

GABRIELA SALVATI DECONTI

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA NO ESTUDO DE ISOMERIA ÓPTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, sob orientação da Profa. Dra. Fernanda Miotto, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em 19/09/2025

Banca Examinadora

Prof. Dra. Fernanda Miotto

Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto

Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Antônio Vanderlei dos Santos

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não é apenas um reflexo de meu esforço individual, mas também de todas as mãos que se uniram, direta ou indiretamente, para torná-lo realidade. O reconhecimento de cada gesto, por menor que tenha sido, é o que torna esta conquista ainda mais especial. O desejo de prosseguir adquirindo conhecimento através da pesquisa acadêmica exigiu muita determinação e foco a fim de obter esta esplêndida conquista.

Agradeço a Deus por todas as oportunidades concedidas a mim, pela força e tranquilidade nos momentos de fraqueza e dificuldades. Um agradecimento especial à minha família, por seu amor e compreensão durante esses anos. Agradeço aos meus pais, João e Simone, e minha irmã Giovana, que sempre acreditaram em mim, nunca mediram esforços para realizar meus sonhos e vontades. Tudo o que pedi vocês sempre fizeram o possível e impossível para tornar real. Deram-me o seu melhor, me educaram e me ensinaram a nunca desistir dos meus sonhos.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha orientadora, Profa. Dra. Fernanda Miotto, por sua orientação, paciência e apoio incondicional ao longo deste processo. Me acompanhaste durante minha graduação e apesar da intensa rotina de sua vida acadêmica aceitou me orientar novamente nesta pesquisa. Gratidão por compartilhar seus conhecimentos durante todos estes anos, com certeza fizeram grande diferença no resultado final deste trabalho. Agradeço também a todos os docentes do Programa pela elevada qualidade do ensino oferecido, cuja as aulas e conselhos foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

E às minhas queridas amigas: Laísa, Júlia, Bruna que estiveram ao meu lado com suas risadas, conselhos e carinho incondicional. Cada uma de vocês contribuiu com uma parte de si, e por isso sou eternamente grata. Vocês foram fundamentais para meu crescimento e para o desenvolvimento deste trabalho, com suas palavras de encorajamento e amizade, que sempre me fizeram sentir que eu não estava sozinha.

Um agradecimento especial ao Instituto Estadual de Educação Cecília Meireles, a Diretora Susiane Hinnah pela oportunidade de aplicar minha pesquisa, e por todo apoio e incentivo. Gratidão aos meus maravilhosos e queridos alunos do terceiro ano do Ensino Médio do ano de 2024, sem vocês meu sonho não teria se realizado. Vocês foram incríveis! Gratidão por todo acolhimento, carinho, confiança e conhecimento compartilhado. Com certeza vocês estão eternizados em meu coração.

E por fim, gostaria de agradecer a todos que estiveram comigo nessa caminhada, que me proporcionaram mais que a busca de conhecimento técnico e científico, mas uma lição de vida. A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste projeto, o meu mais sincero e profundo agradecimento. Cada pessoa que esteve ao meu lado, seja com palavras de incentivo, apoio emocional, ou simplesmente pela presença, teve um papel fundamental na minha jornada.

RESUMO

A aprendizagem de Química deve possibilitar aos alunos a compreensão das transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada, para que estes possam julgar, com fundamentos, as informações adquiridas na mídia, na escola, com pessoas, etc. Ao trabalhar o conceito de isomeria óptica na disciplina de Química, por vezes o professor nota que os alunos apresentam dificuldades de compreensão evidenciada em relação a outros conceitos dentro da Química Orgânica. Dessa forma, o presente trabalho busca a aplicação de uma sequência de ensino investigativa (SEI), isto é, sequências de atividades (aulas) e a metodologia jigsaw como estratégias de ensino fundamentadas em concepções prévias e subsidiadas pela evolução conceitual, dentro de uma abordagem construtivista. Como produto temos uma proposta pedagógica organizada na forma de uma sequência de ensino investigativa com o tema: Como promover a aprendizagem dos alunos do 3º ano do Ensino Médio usando a metodologia de ensino por investigação na construção do conceito de isomeria óptica? Diante do que foi apresentado o objetivo geral da pesquisa é: Desenvolver o conceito de Isomeria Óptica por meio de uma sequência didática para a construção e potencialização de aprendizagem conceitual dos alunos.

Palavras-chave: Isomeria Óptica, Sequência de Ensino Investigativa, Jigsaw, Ensino por Investigação.

ABSTRACT

Chemistry learning should enable students to understand the chemical transformations that occur in the physical world in a comprehensive and integrated manner, enabling them to make informed judgments about information acquired through the media, at school, and from other people. When teaching the concept of optical isomerism in Chemistry, teachers sometimes notice that students have difficulty understanding it, especially when compared to other concepts within Organic Chemistry. Therefore, this study seeks to apply an inquiry-based teaching sequence (ISS), i.e., sequences of activities (lessons) and the jigsaw methodology as teaching strategies based on prior conceptions and supported by conceptual evolution, within a constructivist approach. The result is a pedagogical proposal organized as an inquiry-based teaching sequence with the theme: How can we promote learning among third-year high school students using inquiry-based teaching to develop the concept of optical isomerism? Given the above, the overall objective of this research is to develop the concept of optical isomerism through a teaching sequence to build and enhance students' conceptual learning.

Keywords: Optical Isomerism, Investigative Teaching Sequence, Jigsaw, Inquiry-Based Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da SEI	28
Figura 2 - Organograma de Isomeria	33
Figura 3- Representação de uma molécula quiral	34
Figura 4 - Representação de pares de enantiômeros da talidomida	34
Figura 5 - Representação esquemática da atividade realizada baseada na estratégia cooperativa de aprendizagem Jigsaw. Adaptado de Fatareli, et al. (2010). Presente em artigo de Marco Silva, Leonardo Castanhede e Severina Castanhede.....	49
Figura 6- Levantamento de hipóteses	58
Figura 7- Molécula do bitartarato de potássio	61
Figura 8 – Escritas Individuais.....	62
Figura 9 - Alunos nos grupos de base lendo os textos utilizados no Jigsaw.....	66
Figura 10- Representação da molécula do butan-1-ol utilizando o software Molview	68
Figura 11- Representação da molécula do bitartarato de potássio utilizando o software Molview..	69
Figura 12 – Modelos Moleculares construídos pelos estudantes com massa de modelar.	70
Figura 13- Respostas elaboradas pelos estudantes para a questão número 2.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Principais dificuldades de aprendizagem.....	37
Quadro 2: Síntese das etapas do desenvolvimento da SEI.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
SEI	Sequência de Ensino Investigativo
ZDP	Zona de Desenvolvimento Pessoal

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	JUSTIFICATIVA.....	17
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1.	Piaget.....	19
3.2.	Vigotsky.....	21
3.3.	Sequência de Ensino Investigativo.....	24
3.4.	Ensino de Química.....	30
3.5.	Dificuldades de Aprendizagem do Conteúdo de Isomeria.....	35
3.6.	Trabalhos Relacionados.....	37
4.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	40
4.1.	Caracterização da pesquisa.....	40
4.2.	Contexto da pesquisa.....	41
4.3.	Instrumentos de coleta de dados.....	42
4.4.	Técnicas de análise de dados.....	43
4.5.	Desenvolvimento da pesquisa.....	44
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
5.1.	Encontro 3: Apresentação do problema.....	55
5.2.	Encontro 4: levantamento de hipóteses e solução do problema.....	57
5.3.	Encontro 5: sistematização grande grupo e escrita individual.....	59
5.4.	Encontro 6: Sistematização do conhecimento (Jigsaw).....	64
5.5.	Encontro 7: Exercícios contextualizados.....	67
6.	PRODUTO EDUCACIONAL.....	78
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
9.	APÊNDICE A.....	91
10.	APÊNDICE B.....	93
11.	APÊNDICE C.....	94
12.	APÊNDICE D.....	100

13.	ÂPENDICE E	102
14.	APÊNDICE F	140
15.	ANEXO A	142

1. INTRODUÇÃO

A sala de aula é um espaço de encontro entre conhecimentos diversos. A relação pedagógica, composta pela tríade professor–alunos–conhecimentos, envolve diferentes dimensões, entre as quais podemos destacar: as de ordem afetiva, relacionadas às expectativas de cada um; as de ordem pedagógica, relacionadas aos recursos didáticos e diferentes estratégias de ensino que o professor tem à sua disposição, e as de ordem epistemológica, relacionadas às características do conhecimento que se deseja ensinar. Todas essas dimensões estão envolvidas na tomada de decisões do professor e em suas ações, o que exige um trabalho de constante aperfeiçoamento.

Para Vygotsky (1998, 2003), o desenvolvimento dos níveis de aprendizagem por meio do diálogo e de interações na sala de aula possibilita aos educandos o desenvolvimento de processos psicológicos superiores, favorecendo a formação de conceitos científicos. Existem dois níveis de desenvolvimento de aprendizagem, a saber: nível de desenvolvimento real e nível de desenvolvimento potencial. Eles se distinguem em alguns pontos. O primeiro nível se dedica às capacidades já formadas pelo indivíduo, isto é, permite que a criança realize atividades por ela mesma, visto que os ciclos mentais e de desenvolvimento já se completaram. Referem-se às habilidades e ao conhecimento adquiridos pela criança. O segundo abraça as capacidades em construção, isto é, a criança apenas consegue realizar alguma atividade mais elaborada com a ajuda de outros indivíduos, por meio do diálogo e da cooperação.

Neste sentido, a utilização de novas ferramentas pedagógicas diminui a falta de interesse e desmotivação dos alunos, considerando que tais metodologias potencializam a aprendizagem dos educandos e oportunizam o envolvimento ativo deles no processo de ensino aprendizagem. Muitos estudos revelam que ao colocar o discente como protagonista na construção do processo de ensino- aprendizagem, o estudante torna-se protagonista do processo, favorecendo a construção dos seus próprios saberes e autor de seu conhecimento, e nestes casos, o professor torna-se o facilitador e moderador desse processo (CABRERA, 2006; KRASILCHIK, 2008; MACEDO; PETTY; PASSOS, 2005; MOREIRA, 2010; SÁ & QUEIRÓZ, 2010).

Ramos (2003) legitima o uso da contextualização no Ensino Médio ao apresentar a ideia de que esse é um eixo de grande importância quando se deseja atribuir significado ao conhecimento aprendido e vinculá-lo a uma concepção prévia. Ainda, como consequência, o autor destaca que ao utilizar esse recurso estabelece-se a possibilidade de que o aluno não faça apenas

uma reflexão e análise sobre o que é aprendido, mas desenvolva também, um pensamento com uma percepção crítica que vai além das generalizações e senso comum. Logo, aproximá-lo dos conhecimentos químicos abordados durante a disciplina ao apresentar relação com a sua realidade, o ensino passa a ser motivador e não apenas uma sequência de conteúdos repetitivos com a formulação irregular e sem sentido (MACHADO, 2005).

Ao trabalhar o conceito de isomeria na disciplina de Química, por vezes o professor nota que os alunos apresentam dificuldades de compreensão, dado que é complexo reconhecer rapidamente que esse conceito estabelece que existe uma série de substâncias que, apesar de possuir a mesma fórmula molecular, dispõe de conectividades e/ou arranjos espaciais dos átomos diferentes, ocasionando então, propriedades também distintas (CORREIA, et al., 2010).

Portanto, uma sequência didática para o ensino de isomeria foi elaborada neste trabalho. A sequência de ensino investigativa (SEI), isto é, sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visa proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. Desta forma, o problema de pesquisa a ser investigado é: **“Como promover a aprendizagem dos alunos do 3º ano do Ensino Médio usando a metodologia de ensino por investigação na construção do conceito de isomeria óptica?”**

Assim, diante do que foi apresentado acima o objetivo geral da pesquisa é: **Desenvolver o conceito de Isomeria Óptica por meio de uma sequência de ensino investigativa para a construção e potencialização de aprendizagem conceitual dos alunos.**

Os objetivos específicos a serem alcançados:

- I. Diagnosticar as principais dificuldades de aprendizagem associadas a isomeria óptica;
- II. Elaborar e aplicar uma sequência didática para o ensino de isomeria óptica;
- III. Propor aos alunos métodos de identificar e diferenciar isômeros ópticos;
- IV. Associar as implicações da isomeria óptica no contexto da sociedade;
- V. Elaborar um guia didático que possa auxiliar professores de química do ensino médio;
- VI. Elaborar, como produto educacional, uma sequência de ensino investigativo voltada para o ensino de isomeria óptica.

Este trabalho é composto por outras quatorze seções, posterior à introdução. A terceira seção constitui o referencial teórico que fundamenta esta pesquisa e está subdividido em seis subseções. A quarta seção apresenta os procedimentos metodológicos que incluem a caracterização, o contexto, o planejamento, os instrumentos de coleta, as técnicas de análise de dados e o desenvolvimento da pesquisa. A quinta seção relata os resultados e as discussões a partir da aplicação da pesquisa. A sexta seção é dedicada à apresentação do produto educacional gerado a partir desta pesquisa. Na sétima seção encontram-se as considerações finais derivadas da pesquisa, relacionando com os objetivos e a resposta ao problema de pesquisa. Ao final, seguem as referências bibliográficas, apêndices e anexos.

2. JUSTIFICATIVA

Segundo Covolan e Silva (2005), a busca por práticas pedagógicas que promovam uma aprendizagem mais significativa surge como resposta à crescente insatisfação com o modelo tradicional de ensino, que preconiza, basicamente, o repasse de conteúdos de forma não crítica, valorizando a memorização apática por parte dos estudantes. Nesse contexto, as pesquisas desenvolvidas a partir da década de 1970 e ao longo dos anos 1980, voltadas para o estudo das concepções prévias dos alunos, destacaram a relevância de considerar os conhecimentos que os estudantes já possuem ao ingressarem na sala de aula. Tais estudos contribuíram significativamente para a transição de uma abordagem passiva - em que o aluno era tratado como mero receptor de informações - para uma perspectiva construtivista, centrada na construção ativa do conhecimento.

O conceito de isomeria foi escolhido por se tratar de um fenômeno presente em diversas substâncias que compartilham a mesma fórmula molecular, mas cujas conectividades e/ou arranjos espaciais dos átomos são diferentes. Além disso, observamos que o ensino desse conteúdo representa um desafio para os professores, especialmente quando comparado a outros temas da Química Orgânica. A escolha também se justifica pela relevância do tema, uma vez que a isomeria permite compreender a atuação dos hormônios, proteínas, aromatizantes entre outros compostos, além de ser fundamental para o entendimento de conteúdos subsequentes como reações orgânicas. Entretanto, pesquisas apontam que os alunos apresentam dificuldades em compreender esse fenômeno. Correia e colaboradores (2010) apontam que as dificuldades conceituais que os alunos apresentam podem ser atribuídas a problemas básicos, como a compreensão de teorias estruturais, ligações químicas e representações de fórmulas estruturais.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem só é significativa quando uma nova informação é ancorada em conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Portanto, quando a nova informação tem pouca ou nenhuma relação com os conhecimentos prévios do aluno, a aprendizagem é vista como memorização de informações, ou seja, um processo mecânico. Neste contexto de estudo, consideramos que os conhecimentos prévios são provenientes de situações vivenciadas cotidianamente, construídas à medida que nos deparamos com fatos ou situações que necessitam ser entendidos e que fazem sentido para a nossa vida.

Algumas dessas situações podem ser compreendidas a partir do estudo da Química, através de questionamentos da seguinte natureza: “Por que um cubo de gelo derrete? Por que o mercúrio contido no termômetro dilata quando se aumenta a temperatura? Como podemos sentir o cheiro do café sendo coado? ”. Para responder a esses e a outros questionamentos, faz-se necessário, assim, recorrer a conteúdos científicos em uma aula de Química em que se objetive a aprendizagem significativa por parte dos alunos. Deve-se partir de situações problemáticas de ensino que forneçam espaço de discussão para que os alunos expressem suas ideias, levantem hipóteses e proponham explicações para um dado problema. A partir dos seus conhecimentos prévios, deve-se introduzir os conhecimentos científicos necessários para interpretar e solucionar o problema, permitindo que eles os relacionem às suas próprias ideias e construam novos conhecimentos (POZO e CRESPO, 2009).

Diante das discussões teóricas apresentadas, a problemática central desta pesquisa consiste em compreender como ocorre a evolução do conceito de isomeria entre estudantes do Ensino Médio. Para isso, propõe-se a utilização de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), aliada à metodologia Jigsaw, como estratégias didáticas fundamentadas nas concepções prévias dos alunos e orientadas pela perspectiva da evolução conceitual, dentro de uma abordagem construtivista.

Dessa forma, o presente trabalho busca a aplicação de uma SEI, isto é, sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores.

Assim, uma SEI deve ter algumas atividades-chave: um problema, experimental ou teórico, contextualizado, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos e a contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é apresentado o desenvolvimento da fundamentação teórica da questão de pesquisa, onde o tema desta dissertação é: Sequência de Ensino Investigativa no Estudo de Isomeria Óptica.

O Referencial Teórico desta pesquisa é composto pelos seguintes tópicos: Piaget, Vigotsky, Sequência de Ensino Investigativo, Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Ensino por Investigação, Ensino de Química, Isomeria Óptica, Dificuldades de Aprendizagem do Conteúdo de Isomeria e Trabalhos Relacionados.

3.1. Piaget

Muitos fatores e campos do saber influenciaram a escola de maneira geral e o ensino, em particular; no entanto, entre os trabalhos que mais influenciaram o cotidiano das salas de aula de ciências estão as investigações e as teorizações feitas pela epistemologia genética de Piaget e os pesquisadores que com ele trabalharam, como ainda os conhecimentos produzidos pelo psicólogo Vigotsky e seus seguidores.

Inicialmente os educadores se debateram entre esses dois referenciais teóricos – o piagetiano e o vigotskiano – e suas possíveis influências no ensino, entretanto, com as pesquisas realizadas em ambientes escolares, o conflito entre as teorias se mostrou inexistente e o que vemos hoje é, ao contrário de décadas anteriores, uma complementaridade entre as ideias desses dois campos do saber quando aplicadas em diferentes momentos e situações do ensino e da aprendizagem em sala de aula.

Nascido na Suíça, Jean Piaget (1896-1980) dedicou-se inicialmente aos estudos científicos relacionados com a natureza biológica, pesquisando sobre moluscos. Mais tarde, investigando a relação entre organismo e o meio, passa a estudar a natureza humana. Interessase pela inteligência humana que considera tão natural como qualquer outra estrutura orgânica, embora mais dependente do meio do que qualquer outra. O motivo está no fato de que a inteligência depende do próprio meio para sua construção, graças às trocas entre organismo e o meio, que se dão através da ação.

Desde o nascimento até a idade adulta, o desenvolvimento mental do indivíduo é um processo contínuo de construção de estruturas variáveis, que, ao lado de características que são constantes e comuns a todas as idades, refletem o seu grau de desenvolvimento intelectual. Para Piaget (1967), estruturas variáveis são maneiras de organização das atividades mentais, que englobam os aspectos motor ou intelectual e afetivo, tanto na dimensão individual como na social; já as características "invariáveis" são as funções de interesse, explicação, entre outras, que não variam com o nível mental do indivíduo.

Torna-se claro nas entrevistas piagetianas, a importância de um problema para o início da construção do conhecimento. Ao trazer esse conhecimento para o ensino em sala de aula, esse fato – propor um problema para que os alunos possam resolver – é o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino em que proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento. No ensino expositivo toda a linha de raciocínio está com o professor, o aluno só a segue e procura entender, mas não é o agente do pensamento. Ao fazer uma questão, ao propor um problema, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e sua ação não é mais a de expor, mas de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento.

Ao explicar o mecanismo de construção do conhecimento pelos indivíduos Piaget, propõe conceitos como equilíbrio, desequilíbrio, reequilíbrio (PIAGET, 1976). Entretanto, o importante desta teoria para a organização do ensino é o entendimento que qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior. Este fato é um princípio geral de todas as teorias construtivistas e revolucionou o planejamento do ensino, uma vez que não é possível iniciar nenhuma aula, nenhum novo tópico, sem procurar saber o que os alunos já conhecem ou como eles entendem as propostas a serem realizadas. Com base nesse conhecimento cotidiano, propondo problemas, questões e/ou propiciando novas situações para que os alunos resolvam (ou seja, desequilibrando-os) é que terão condições de construir novos conhecimentos (reequilíbrio) (PIAGET, 1976).

Deve-se entender aqui a problemática como um processo que envolve a elaboração de um problema a ser investigado pelo estudante e que, portanto, não tem resposta de forma imediata. Serão necessários para a resolução do mesmo, várias estratégias que deverão ser elaboradas na busca de uma solução que responda de forma satisfatória esse problema. Esse processo de busca e de tomada de consciência, que é caracterizada pela passagem da ação

manipulativa para a ação intelectual, é o que Piaget chama de reequilibração (CARVALHO, 2013). O conhecimento surge quando o estudante alcança a equilíbrio.

Por isso, ao planejar uma sequência de ensino com o objetivo de ajudar os alunos a construir determinado conceito, é essencial começar por atividades que envolvam manipulação. Nesses casos a questão, ou o problema, precisa incluir um experimento, um jogo ou mesmo um texto que provoque a curiosidade. A partir desse contato inicial mais concreto, o papel do professor ganha força: é ele quem conduz o estudante a refletir sobre o que foi feito, fazendo perguntas simples, mas estratégicas, que ajudam o aluno a perceber como o problema foi resolvido e porque deu certo, ou seja, a partir de suas próprias ações.

O professor precisa, ele mesmo, tomar consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos. Essa também é uma condição piagetiana. É muito difícil um aluno acertar de primeira, é preciso dar tempo para ele pensar, refazer a pergunta, deixá-lo errar, refletir sobre seu erro e depois tentar um acerto. O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.

Todos os ensinamentos que podemos extrair das pesquisas e teorizações piagetianas são muito importantes para nos guiar para a construção de novos conhecimentos pelos alunos; no entanto, na escola, nas salas de aula, não trabalhamos com um único indivíduo, ao contrário temos de trinta a quarenta alunos juntos. É nessa ocasião, na construção social do conhecimento, que temos de levar em consideração os saberes produzidos por Vigotsky.

3.2. Vigotsky

No Brasil, os primeiros trabalhos que se referenciam a teoria de Vygotsky datam de 1986, com a publicação de um trabalho na revista *Ciência e Cultura*, na área de química. Período em que os pesquisadores Brasileiros passaram a ter acesso às obras em português desse intelectual.

Vygotsky não escreveu nenhum guia pedagógico, mas elaborou conceitos importantes para o entendimento do processo de ensino-aprendizagem. Nesse sentido, a linguagem se

constitui como o cerne da sua teoria. Considerada por ele uma poderosa ferramenta de transformação da realidade, de modo que na sua ausência o desenvolvimento humano não seria possível.

Existem ainda outros conceitos comuns ao se falar de Vygotsky. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que se refere àquilo que o indivíduo é capaz de aprender com pessoas mais experientes caso tenha as condições adequadas. Nessa perspectiva, outro conceito chave é a mediação. Que se constitui em elo entre o homem e os instrumentos ou signos, para o aprendizado. Este é premissa para o desenvolvimento (BONFIM, SOLINO, GEHLEN, 2019).

A importância de Vygotsky para o ensino fundamenta-se em dois temas desenvolvidos por ele. O primeiro, e para nós o mais fundamental, foi mostrar que “as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais”. A discussão e a aceitação desse conhecimento trazido por Vygotsky (1984) vieram modificar toda a interação professor-aluno em sala de aula.

O segundo ponto é a compreensão de que os processos sociais e psicológicos humanos se constroem por meio de ferramentas, ou artefatos culturais, que mediam as interações entre as pessoas e também entre elas e o mundo ao seu redor. Dentre esses artefatos, a linguagem se destaca como o mais significativo. A mediação social, promovidas por essas ferramentas culturalmente desenvolvidas, não apenas facilita o pensamento, mas transforma profundamente a maneira como a mente humana opera. É essa visão que torna a noção de mediação tão fundamental para a teoria de Vigotsky, revelando que o desenvolvimento mental é moldado pelas interações sociais e pela cultura que nos cerca. (VIGOSTSKY, 1984).

A interação social não se define apenas pela comunicação entre o professor e o aluno, mas também pelo ambiente em que a comunicação ocorre, de modo que o aprendiz interage também com os problemas, os assuntos, a informação e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula.

O conceito de “zona de desenvolvimento proximal” (ZDP) que define a distância entre o “nível de desenvolvimento real”, determinado pela capacidade de resolver um problema sem ajuda, e o “nível de desenvolvimento potencial”, determinado pela resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro companheiro. A teoria mostra que o desenvolvimento real é aquele que já foi consolidado pelo indivíduo, de

forma a torná-lo capaz de resolver situações utilizando seu conhecimento de forma autônoma, portanto o nível de desenvolvimento real é dinâmico, aumenta dialeticamente com os movimentos do processo de aprendizagem.

O desenvolvimento potencial ainda não se concretizou, ele é, por natureza, uma possibilidade em construção. No entanto, pode ser percebido quando o indivíduo consegue realizar determinadas tarefas com ajuda de alguém mais experiente, como um professor ou colega. O que torna esse nível tão importante é o fato de estar baseado em habilidades que já foram parcialmente desenvolvidas, ou seja, o mesmo processo de aprendizagem que consolidou certas habilidades também deu origem a outras, ainda em fase inicial, que precisam de mediação para se fortalecerem. É nessa dinâmica, entre o que já se sabe e o que está emergindo, que se revela o movimento contínuo da aprendizagem.

Em outras palavras podemos dizer que o desenvolvimento potencial é o conjunto de conhecimentos e habilidades que a pessoa potencialmente pode aprender, mas ainda não completou o processo, porém tem grande probabilidade para atingir com a orientação de outro, podendo esse outro ser um adulto (o professor) ou um colega de classe.

Uma ação que os professores já utilizavam com frequência em suas aulas é o trabalho em grupo. Com o conceito de zona de desenvolvimento proximal podemos entender o porquê os alunos se sentem bem nesta atividade: estando todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real é muito mais fácil o entendimento entre eles, às vezes mais fácil mesmo do que entender o professor. Além disso, como mostra o conceito, os alunos têm condições de se desenvolver potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas. O trabalho em grupo sobe de status no planejamento do trabalho em sala de aula passando de uma atividade optativa do professor para uma necessidade quando o ensino tem por objetivo a construção do conhecimento pelos alunos. Entretanto, para utilizar a dinâmica de grupo eficazmente, dentro da teoria vigotskiana, deve-se escolher deixar os alunos trabalharem juntos quando na atividade de ensino tiver conteúdos e/ou habilidades a serem discutidos, ou quando eles terão a oportunidade de trocar ideias e ajudar-se mutuamente no trabalho coletivo. É o que chamamos de atividades sociointeracionistas.

Vygotsky (1989) defende que “as atividades realizadas em grupo, de forma conjunta, oferecem enormes vantagens, que não estão disponíveis em ambientes de aprendizagem individualizada”. Para ele, a formação dos sujeitos, bem como seus processos de aprendizagem

e pensamento, acontece a partir das interações sociais, ou seja, os aspectos internos do pensamento (intrapsicológicos) são contruídos com base nas relações que estabelecemos com os outros (processos interpsicológicos). É nesse convívio que se formam os modelos de referência que usamos para interpretar o mundo, moldando nossos comportamentos, formas de compreender a realidade e os sentidos que atribuímos às pessoas, objetos e experiências ao nosso redor.

Vigotsky dá muito valor ao papel do professor na construção do novo conhecimento, dentro de uma proposta sociointeracionista, mostrando este como um elaborador de questões que orientarão seus alunos potencializando a construção de novos conhecimentos. Ao discutir a construção do conhecimento e de habilidades dentro das ZDP, isto é, a condução dos alunos da zona de desenvolvimento real para um possível desenvolvimento potencial – ele volta sempre ao papel desempenhado pelo adulto (no caso de um ensino escolar do professor) mostrando a necessidade deste auxílio, pois segundo ele o desenvolvimento consiste em um processo de aprendizagem dos usos das ferramentas intelectuais, pela interação social com outros mais experimentados no uso dessas ferramentas.

Os chamados conceitos espontâneos, também conhecidos como conhecimentos intuitivos ou prévios, estão sempre presentes nas abordagens construtivistas, pois é com base nesses saberes que os alunos buscam compreender o que o professor ensina ou questiona em sala de aula. É a partir do que já sabem, mesmo que de forma não sistematizada, que constroem sentido para os novos conteúdos apresentados.

3.3. Sequência de Ensino Investigativo

Para Carvalho a SEI pode ser definida como:

Sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada uma das atividades é planejada, sob o ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discutilas com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições

de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. (2016, p.09).

Sob a mesma concepção, Sasseron (2015, p. 59) apresenta que uma SEI é o encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento podem ser trabalhados.

A SEI é uma proposta didática de ensino que envolve determinados procedimentos conexos que permitem aos sujeitos envolvidos a atuação ativa nas atividades, visando a aprendizagem de conceitos. Para Carvalho (2009), a SEI deve ser desenvolvida a partir da sistematização de uma série de ações ou etapas, a saber: o professor propõe o problema; os alunos agem sobre o objeto para ver como este reage; eles agem sobre o objeto para obter o efeito desejado; tomada de consciência e como foi produzido o efeito desejado, explicando como obtiveram o efeito desejado; apresentam as explicações casuais do porquê; realizam o registro da atividade em forma de desenho ou texto e, por fim, professor e alunos relacionam o conceito com o cotidiano. Para a adoção desta abordagem didática, o professor deve assumir uma postura em que ele seja o responsável por propor:

[...] problemas a serem resolvidos, que irão gerar ideias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios, é o professor que promove oportunidades para reflexão, indo além das atividades puramente práticas, estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as ideias são respeitadas (CARVALHO 2009, p. 33).

O trabalho investigativo deve ser organizado pelo professor de modo que cumpra certas etapas, necessárias para a concretização da referida metodologia. De acordo com Carvalho (1998), essas etapas devem ser direcionadas da forma como são relacionadas a seguir:

Etapa 1- Apresentação do material e problematização:

Vários são os tipos de problemas que se pode organizar para iniciar uma SEI, o mais comum e o que envolve mais os alunos é, sem dúvida, o problema experimental. Outras vezes o problema pode ser proposto com base em outros meios como figuras de jornal ou internet, texto ou mesmo ideias que os alunos já dominam: são os problemas não experimentais. Muitas

vezes esse tipo de problema é planejado em uma SEI para criar condições de introduzir os alunos em outras linguagens da Ciência, como a leitura de tabelas e gráficos.

Entretanto, qualquer que seja o tipo de problema escolhido, este deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantar e testar suas hipóteses, passar da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor.

O problema não pode ser uma questão qualquer. Deve ser muito bem planejado para ter todas as características apontadas pelos referenciais teóricos: estar contido na cultura social dos alunos, isto é, não pode ser algo que os espantem, e sim provoque interesse de tal modo que se envolvam na procura de uma solução e essa busca deve permitir que os alunos exponham os conhecimentos anteriormente adquiridos (espontâneos ou já estruturados) sobre o assunto.

Etapa 2- Experimentação e busca de resposta para o “como” e o “porque”:

É a partir das hipóteses – das ideias – dos alunos que quando testadas experimentalmente deram certo que eles terão a oportunidade de construir o conhecimento. As hipóteses que quando testadas não deram certo também são muito importantes nessa construção, pois é a partir do erro – o que não deu certo – que os alunos têm confiança no que é o certo, eliminando as variáveis que não interferem na resolução do problema.

A resolução do problema precisa ser feita em pequenos grupos, pois os alunos com desenvolvimentos intelectuais semelhantes tem mais facilidade de comunicação. Além disso, também há a parte afetiva: é muito mais fácil propor suas ideias a um colega que ao professor.

Etapa 3- Sistematização coletiva:

A aula, neste momento, precisa proporcionar espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento. Ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado. O docente deve organizar a classe para um debate entre todos os alunos e o professor e por meio de perguntas – especialmente “*Como vocês conseguiram resolver o problema?*”, “*Que*

respostas vocês encontraram para o problema apresentado?" – o professor busca a participação dos alunos, levando-os a tomar consciência da ação deles.

Algumas vezes no Ensino Médio, a sistematização dos dados leva à construção de tabelas e gráficos com o intuito de que os alunos aprendam a conduzir a tradução entre a linguagem da tabela e do gráfico para a linguagem oral, buscando a cooperação e a especialização entre as linguagens científicas.

Etapa 4- Sistematização Conceitual:

Nesta etapa, os alunos devem escrever ou desenhar sobre o que aprenderam na aula. O diálogo e a escrita são atividades complementares, mas fundamentais nas aulas de Química, pois, como o diálogo é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir ideias entre os alunos, o uso da escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento (OLIVEIRA E CARVALHO, 2005).

Etapa 5- Avaliação:

No final das atividades ou pelo menos no final de cada ciclo, é importante planejar uma avaliação formativa que seja instrumento para que alunos e professor confirmem se estão ou não aprendendo.

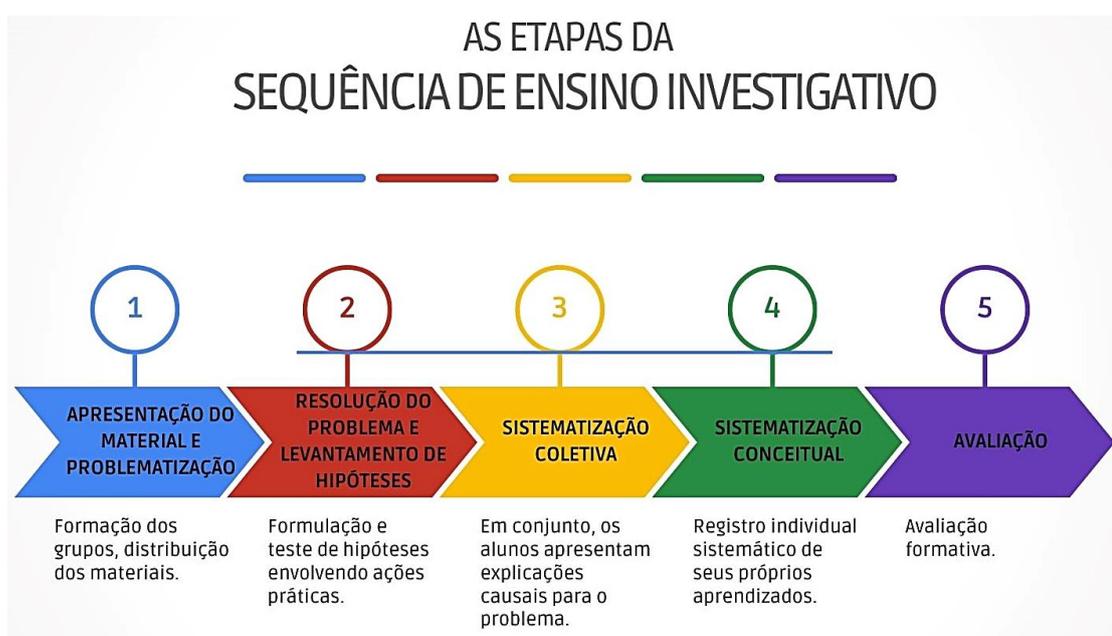
Quando na etapa da resolução do problema em pequenos grupos, deve-se observar os alunos: se estes colaboram entre si na busca da solução do problema, se apresentam comportamento que indica uma aprendizagem atitudinal e se eles discutem buscando ideias que servirão de hipóteses e as testam – isso indica uma aprendizagem processual do grupo.

Na leitura de textos, tanto os de sistematização das ações, que levaram à resolução do problema, como os organizados para contextualizar e/ou aprofundar os conhecimentos enfocados na sequência, podemos ter como critérios, para a avaliação desse tópico, a verificação de se o aluno consegue selecionar as informações relevantes do texto e se ele relaciona a leitura aos diferentes momentos das atividades experimentais já vivenciadas anteriormente.

Outras atividades, como construção de painel, criação de vídeos, apresentam critérios de avaliação atitudinal e procedimental muito semelhantes aos descritos anteriormente.

Essa atividade também pode ser estruturada com o propósito de aprofundar o conhecimento incentivando os alunos a explorarem o tema com mais profundidade. Em alguns casos, especialmente quando se trata de conteúdos curriculares mais complexos, as SEIs exigem que o processo se repita em múltiplos ciclos das cinco etapas. A Figura 1 apresenta essas etapas de forma organizada, evidenciando as ações que caracterizam cada uma delas.

Figura 1 - Etapas da SEI



Fonte: A autora (2025)

3.3.1 A BNCC e o Ensino por Investigação

Em 2018, o Brasil passa a ter um novo elemento norteador para a formulação dos currículos das redes escolares e sistemas de ensino do país, a Base Nacional Comum Curricular, que integra a política nacional da Educação Básica e que tem, na sua implantação, a intenção

de alinhar ações para o desenvolvimento educacional, que vão desde a formação de professores até o oferecimento de infraestrutura compatível com as necessidades na educação.

A Base Nacional Comum Curricular é um documento de caráter normativo da educação brasileira, que define “o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica” (BRASIL, 2017, p.5). O documento aborda os currículos como complementares e enfatiza que as tomadas de decisões para construção do currículo é “que vão adequar as proposições à realidade local, considerando a autonomia dos sistemas ou das redes de ensino e das instituições escolares, como também o contexto e as características do aluno” (BRASIL, 2017, p.14).

A Alfabetização Científica (com a nomenclatura de Letramento Científico) é apresentada no documento como um importante processo a ser desenvolvido no ensino de Ciências, “o compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências” (BRASIL, 2017, p.317).

As atividades de caráter investigativo apresentam-se como “elemento central na formação dos estudantes [...] possibilitando aos alunos revisarem de forma reflexiva seus conhecimentos e sua compreensão acerca do mundo em que vivem” (BRASIL, 2017, p.318).

A BNCC apresenta a premissa para a construção de conhecimentos com base na realidade local, por meio de contextos conhecidos e vivenciados pelos estudantes na sua comunidade. Assim, ao se pensar em atividades investigativas que envolvam o universo do estudante, abrem-se possibilidades de situá-lo historicamente no processo e torná-lo um agente participante da sociedade. A ciência, nesse movimento, deixa de ser um objeto longínquo de observação teórica e, ao contrário disso, passa a ser vivência cotidiana e parte do desenvolvimento do letramento científico, proposto pela BNCC.

O ensino por investigação abre oportunidade para o trabalho diversificado, em que atividades podem ser propostas para serem desenvolvidas em grupo, fomentando o respeito coletivo, a flexibilidade, a resiliência e o debate. Dessa forma, o contexto local tem lugar

importante, levando em consideração que o olhar do estudante sobre a sua comunidade pode ser diverso, inclusive quando voltado às questões socioambientais. Este tema remete à competência específica de número oito de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental, lembrada a seguir:

8. Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários (BRASIL, 2018, p. 324).

O Ensino de Ciências por Investigação pode traçar um viés mais interessante ao estudante, por estar mais próximo dele e da sua realidade, além de permitir que ele discuta, elabore ideias e aprenda sobre Ciências alicerçado na sua realidade.

3.4. Ensino de Química

Após o movimento de reforma curricular que ocorreu nos Estados Unidos e na Inglaterra com o desenvolvimento dos projetos CBA (*Chemical Bond Approach*) e CHEMS (*Chemical Educational Material Study*) e do Nuddield (SCHNETZLER E ARAGÃO, 1995) na década de 1960, o interesse pelas pesquisas na Área de Ciências, com ênfase no Ensino de Química, cresceu muito.

Porém, esse movimento de reforma curricular sofreu muitas críticas. A principal delas se referia às pesquisas feitas com uma visão empirista da Ciência, o que levou os educadores da área, no final da década de 1970, a repensarem as abordagens no Ensino de Química em que foi incorporada ao ensino uma visão baseada no CTS (Ciências, Tecnologia e Sociedade) (CACHAPUZ et al, 2001).

Já na década de 1980, a área de pesquisa no Ensino de Química passou por vários estudos que buscavam melhorar a disciplina. Nessa época, também o ensino começou a ganhar espaço na sociedade, artigos científicos foram publicados em revistas educacionais e científicas (SCHNETZLER, 2004).

Tratando-se do sistema escolar brasileiro, essa ciência começou a ser ministrada como disciplina regular somente a partir de 1931, com a reforma educacional ocorrida no primeiro governo de Getúlio Vargas e promovida pelo então ministro da Educação e Saúde Francisco Campos. No entanto, o ensino dessa nova ciência só foi plenamente difundido a partir da reformulação do ensino básico brasileiro, estabelecida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) de 1996 (LIMA, 2013).

Segundo Chassot (2003), desde as origens da Química até os dias atuais, a concepção de ciência vem passando por inúmeras transformações, de maneira que a ideia mais aceita atualmente encerra a convicção de que a ciência é universal. Nesse sentido, Queiroz (2006, p. 49) vai mais além, ressaltando que a visão de ciência predominante enfatiza que "[...] o conhecimento não é acabado e pronto, mas sim contínuo e historicamente produzido num contexto social. A ciência, nessa perspectiva, desconstrói a visão de neutralidade e imparcialidade de seus resultados e inferências".

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o ensino de Química na Educação Básica deve contribuir para o desenvolvimento do letramento científico dos estudantes, promovendo a capacidade de compreender, interpretar e transformar o mundo à sua volta com base em conhecimentos científicos. Nesse sentido, a aprendizagem de Química deve oportunizar aos alunos a compreensão das transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma ampla, integrada e contextualizada. Essa abordagem permite que os estudantes analisem criticamente informações veiculadas na mídia, na escola e em seu cotidiano, desenvolvendo a autonomia necessária para tomar decisões fundamentadas e atuar de maneira responsável e ética como cidadãos conscientes (BRASIL, 2018).

A química estuda a natureza, as propriedades, a composição da matéria (RUSSEL, 1994), e as transformações que ocorrem quando submetidas à ação de agentes físicos e/ou à presença de outras substâncias (CARVALHO, 1997). O aprendizado da Química é vital para o entendimento de absolutamente tudo o que nos rodeia, permitindo traçar parâmetros para avaliar o nosso desenvolvimento social e econômico e, com isso, exercer nossa cidadania. A Química está relacionada às necessidades básicas dos seres humanos – alimentação, vestuário,

saúde, moradia, transporte, etc. – e todo cidadão deve ou pelo menos deveria compreender esses fatores.

3.4.1 Isomeria Óptica

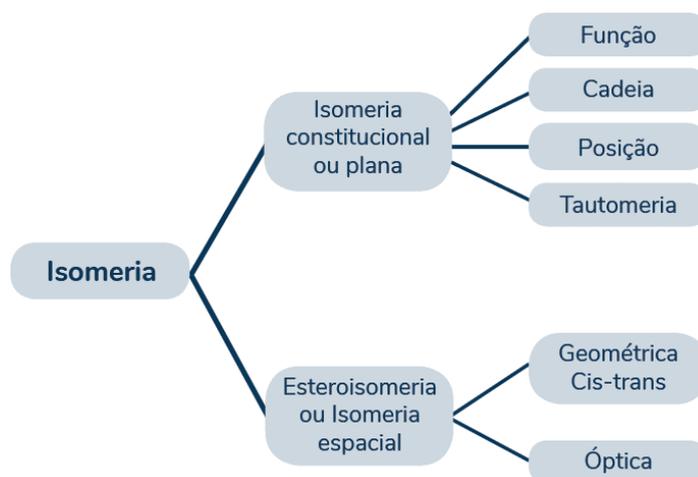
A origem do conceito de Isomeria se deu em 1830 quando Berzelius fazia uma síntese orgânica e observou a existência de compostos que apresentavam a mesma fórmula molecular, porém com propriedades físicas e químicas completamente distintas. Estavam descobertos assim os compostos que foram “batizados” por Berzelius como isômeros (do grego iso = mesmo e meros = parte, partes iguais). Com a ajuda do químico alemão Liebig, que em 1824 já havia identificado esse fenômeno, ele propôs uma explicação para o fenômeno: os compostos apresentavam a mesma composição de elementos, mas a disposição quanto aos átomos desses elementos em cada composto era diferente (FONSECA, 2001). Este fenômeno está relacionado à existência de dois ou mais compostos químicos com fórmulas e pesos moleculares idênticos, mas propriedades diferentes. Por ser menos frequente nos compostos inorgânicos, é considerada uma qualidade própria das substâncias orgânicas. O grande número de combinações possíveis das longas cadeias de carbono favorece seu aparecimento. A descoberta do fenômeno da isomeria mostrou que as propriedades das substâncias químicas não dependem unicamente de sua composição, mas também do arranjo espacial dos átomos dentro da molécula. Há uma tradição na cultura da Química escolar de subdividir a classificação dos isômeros constitucionais em isômeros de posição, isômeros de cadeia, isômeros de função, etc.

Para isômeros planos a fórmula estrutural plana, permite naturalmente a diferenciação dos isômeros e, estudantes em geral dominam esta representação. Porém a diferenciação de isômeros geométricos não é possível com esse tipo de representação, pois somente a comparação entre representações em 3D é capaz de revelar as diferenças.

Na Química, esse fenômeno ocorre quando duas ou mais substâncias compartilham a mesma fórmula molecular, mas diferem quanto à estrutura, às propriedades e até mesmo aos nomes. Ele é particularmente comum na Química Orgânica, onde pode se manifestar de

diversas formas, possibilitando sua classificação em dois grupos principais, que por sua vez se subdividem em diferentes categorias. NA Figura 2 é possível ver os diferentes tipos de isomeria.

Figura 2 - Organograma de Isomeria



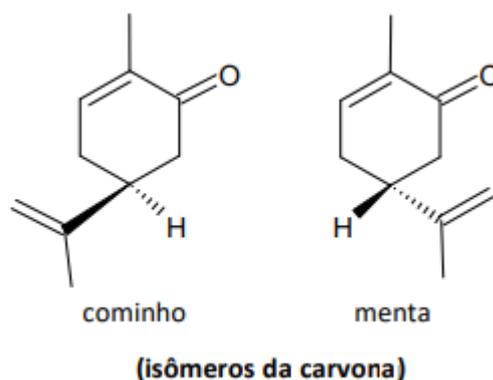
Fonte: A autora (2024).

A isomeria óptica ocorre quando compostos apresentam um carbono ligado a quatro grupos diferentes (chamado de assimétrico ou quiral). Essa característica estrutural confere a molécula a capacidade de desviar a luz polarizada. Quando o desvio ocorre para a direita, o composto é denominado dextrógiro (+); quando o desvio é para esquerda, é chamado de levógiro (-). Essas substâncias são classificadas como opticamente ativas, justamente por interagirem com a luz polarizada de maneira diferente. Quando há uma mistura em proporções iguais das formas dextrógira e levógira, temos uma mistura racêmica, que, por apresentar desvio compensado, é considerada opticamente inativa.

A importância da quiralidade é essencial para os seres humanos, o próprio corpo humano é quiral, tendo em vista as disposições dos órgãos, com o coração posicionado ao lado esquerdo e o fígado, para o lado direito. Seres vegetais também apresentam essa característica, tendo em mente a sua disposição ao se enrolarem ao redor de estruturas de apoio, traço bem semelhante à nossa molécula de DNA, que também é quiral (SOLOMONS, 2018). Além disso, é importante ressaltar que a exceção de um, todos os aminoácidos que participam da formação das nossas proteínas apresentam a característica da quiralidade. A Figura 3 apresenta uma

molécula quiral, cujas duas formas são imagens especulares entre si e, por isso, não sobreponíveis. Essa diferença estrutural confere a cada um dos isômeros propriedades distintas: em um dos casos, a substância apresenta o aroma do cominho; no outro o aroma de menta.

Figura 3- Representação de uma molécula quiral

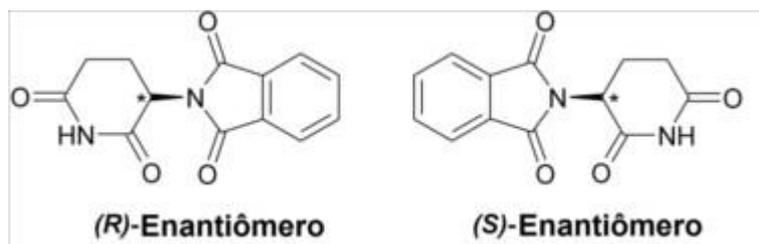


Fonte: Mapa da Prova

Os enantiômeros são estereoisômeros cujas moléculas são imagens especulares que não são sobrepostas, ou seja, esse fenômeno é característico de moléculas quirais. O exemplo mais comum dessas substâncias ocorre em estruturas tetraédricas, que contêm um átomo de carbono ligado a quatro diferentes grupamentos (COELHO, 2001).

Diante dessas propriedades físicas usuais, os enantiômeros passaram a ser objeto de estudo por parte de pesquisas, sendo que em 1963 foi descoberto que a talidomida, fármaco que apresentava características ópticas, era a causa da má formação congênita em muitos bebês após as mães fazerem uso desse medicamento. Após alguns estudos, foi descoberto que a talidomida (Figura 4) formava um par de enantiômeros, no qual uma molécula (+) talidomida tinha o efeito de amenizar a indisposição matinal, enquanto o seu par (-) talidomida seria a causa da má formação congênita evidenciada nos recém-nascidos (SOLOMONS, 2018).

Figura 4 - Representação de pares de enantiômeros da talidomida



Fonte: Brasil Escola

3.5. Dificuldades de Aprendizagem do Conteúdo de Isomeria

O professor há muito tempo deixou de ser a única fonte de conhecimento para os alunos do ensino médio, já que esses alunos têm acesso a uma ampla variedade de informações disponíveis por meio da internet, como vídeos, plataformas educativas e outros recursos digitais. Segundo Tardif (2011) o saber experiencial dos docentes pode ser formado por um saber interativo, construído a partir das relações professor – aluno em sala de aula, e um saber prático usado em sua atuação profissional e sua postura perante as situações, problemas e desafios característicos de sua atuação profissional. Conforme visto acima o professor deve pensar o seu conhecimento prático em virtude das tecnologias e diversas fontes de informação disponíveis para o aluno e como isso pode auxiliar a uma melhor interação em sala de aula influenciando no processo de ensino aprendizagem. De acordo com Silva Júnior e Bizerra (2015), os alunos têm dificuldades de aprendizagem atribuídas a falta de motivação nas aulas de Química principalmente quando esse conhecimento é trabalhado sem uma contextualização adequada e sem uma abordagem interdisciplinar. A persuasão pode ser definida como a arte de convencer o outro e podemos observar que o nosso modelo de escola se encontra apoiado no poder da palavra e como ela é capaz de fazer o aluno aprender alguma coisa (TARDIF, 2011). Devemos buscar alternativas ao discurso do professor para motivar os discentes no aprendizado de Química, para isso os docentes precisam explorar as relações dessa ciência com outras disciplinas e com o cotidiano, além de procurar metodologias que tenham a interação e a participação do aluno como foco central.

A aprendizagem dos conceitos de isomeria deve possibilitar aos estudantes compreender e explicar as diferentes propriedades dos isômeros. Marcelino Júnior (2014)

aponta algumas propriedades que poderiam ser explicadas a partir da compreensão dos conceitos de isomeria como o fato das diferentes temperaturas de fusão ou de ebulição dos compostos; a atividade farmacológica ou a propriedade de causar má formação em embriões; ou de um composto pode ser usado para o controle de pragas, sem danos ambientais, enquanto seu isômero polui e contamina diferentes espécies, dentre outros exemplos. Assim, pode-se ampliar as discussões e analisar de forma crítica e reflexiva situações baseadas no senso comum (MARCELINO JÚNIOR, 2014). Entretanto, apesar desta importância, algumas pesquisas indicam as dificuldades enfrentadas por professores para ensinar e pelos alunos para compreender estes conceitos. Pauletti (2013), Queiroz (2015) e Simões Neto (2009), por exemplo, apontam que o conceito de isomeria exige elevada capacidade de abstração ou da visualização espacial das moléculas por parte do aluno. Já Almeida, Arrigo e Broietti (2019), Correia e colaboradores (2010), Diniz Júnior e Silva (2016), Marcelino Júnior (2014) e Sulzbach (2017) apontam o uso de estratégias simplistas ou inapropriadas por parte dos professores para trabalhar estes conceitos. Além disso, Queiroz (2015) destaca a existência de poucas pesquisas relacionadas aos processos de ensino e de aprendizagem sobre a isomeria em compostos orgânicos, quando comparadas a outros conceitos químicos.

Dentre estas pesquisas, Correia e colaboradores (2010, p. 86) apontam as principais dificuldades identificadas na literatura: “1. Entender o conceito de compostos isômeros; 2. Diferenciar um isômero constitucional de um estereoisômero; 3. Classificar os isômeros constitucionais; 4. Representar a fórmula estrutural dos isômeros constitucionais”. Da mesma forma, Almeida, Arrigo e Broietti (2019, p. 122) realizaram um levantamento na literatura verificando que as:

Pesquisas indicam que os alunos apresentam algumas dificuldades na compreensão do fenômeno da isomeria. Silva e Silva (2007) apontam que, dentre as dificuldades, destacam-se: entender o conceito de isomeria, classificar os isômeros planos e representar suas fórmulas estruturais. Correia e colaboradores (2010) abordam que as dificuldades conceituais que os alunos apresentam podem ser atribuídas a problemas básicos, como a compreensão de teorias estruturais, ligações químicas e representações de fórmulas estruturais. Silva (2014) associa a dificuldade do ensino de isomeria às falhas existentes na formação inicial dos professores, que contribuem para que o ensino

permaneça no modo tradicional, levando à memorização de estruturas e tipos de isômeros, sem a capacidade de compará-los e identificar o tipo de isomeria que apresentam com base nas características das cadeias. Nesse sentido, Souza (2009) relaciona tais dificuldades às estratégias de ensino utilizadas pelos professores, mencionando a não utilização de recursos que possibilitem aos alunos visualizarem as estruturas e compreenderem as particularidades existentes entre elas, responsáveis por caracterizá-las como isômeros pertencentes a uma determinada classe.

O Quadro 1 apresenta uma síntese das principais dificuldades de aprendizagem relacionadas à Química e, em especial, ao conteúdo de isomeria, conforme apontado na literatura.

Quadro 1- Listagem das principais dificuldades de aprendizagem conforme Silva (UECE)

Dificuldades de Aprendizagem	
Na disciplina de Química	No conteúdo de Isomeria
Aulas descontextualizadas.	Entender o conceito de compostos isômeros.
Dificuldades de interpretação de modelos teóricos e da linguagem científica.	Classificar os isômeros.
Falta de metodologias interativas e práticas experimentais.	Representar a fórmula estrutural dos isômeros.

Fonte: Autora (2025)

3.6. Trabalhos Relacionados

Nesta seção, apresenta-se trabalhos conexos, com o intuito de evidenciar trabalhos que integram outras estratégias de ensino de química e de sequências de ensino investigativas com outros temas. Para isso, buscou-se artigos, dissertações e teses que tivessem relação com o tema.

A Dissertação de Mestrado Profissional em Educação da Universidade Estadual do Maranhão, realizada por Souza (2021), denominada “Sequência de Ensino Investigativa para Aprendizagem Significativa na Área de Química: Uma Contextualização com Alimentos”

descreve um estudo com o tema: “A Química do café e do pão: vamos tomar um café com pão quentinho?” As atividades foram organizadas em seis oficinas e pensadas dentro do contexto de vida do aluno que contemplassem uma abordagem investigativa de ensino da Química. O tema de abordagem escolhido foi sobre alimentos devido ao poder de inclusão que esse tema possui. Optou-se por trabalhar com a preparação do café e a produção do pão, abordando os conceitos e fenômenos químicos envolvidos. Os tópicos contendo os conteúdos, abordados na forma de roteiro para as oficinas que trabalharam com o tema café são: a química do café, misturas, processos de separação de misturas: decantação, filtração, ebulição e destilação; construção de sistema de destilação; a política dos 3R’s, reutilização de materiais, consumo consciente, tempo de decomposição de materiais e formas alternativas de produção de material para uso no ensino de Química.

A Sequência apresentada neste estudo desenvolveu oficinas que envolvem a produção do pão caseiro: efeitos do glúten na saúde, fórmula molecular e estrutural do glúten, cadeias carbônicas, transformações químicas, conceito de fermentação, processo aeróbico e anaeróbico, fermentação láctica, aspectos históricos e culturais da produção de pão e conceitos de ácido e base.

Fachini (2024), autora do Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Instituto de Química, intitulado “Proposta de uma Sequência Didática Investigativa para o Ensino de Funções Orgânicas no Ensino Médio, desenvolveu a pesquisa em duas turmas de terceira série do turno noturno de uma escola estadual de ensino médio, com o objetivo de investigar os processos de planejamento e aplicação de uma sequência didática com três atividades experimentais de caráter investigativo, contextualizadas a partir das temáticas combustíveis e alimentos.

Em sua pesquisa relata a aplicação da pesquisa em oito aulas, em que na primeira aula proposta buscou revisar as funções orgânicas em uma aula expositiva e dialogada. Na segunda aula, foi realizada uma atividade em grupo utilizando modelos atômicos. Na atividade, foi abordado um conjunto de funções orgânicas e algumas questões sobre a propriedade ponto de ebulição dos compostos orgânicos. A terceira aula foi realizada na sala de vídeo e foi abordado o assunto combustível. Foram utilizados data show e vídeos como recursos da aula. A quarta aula ocorreu no laboratório e foi realizado o experimento sobre o teor de álcool na gasolina. Na quinta aula, foram retomados os assuntos da prática realizada na aula anterior e abordados os

conceitos de polaridade e interações intermoleculares. A sexta aula ocorreu na sala de vídeo e foram trabalhados os conceitos sobre a temática alimentos. Na sétima aula, foi realizada a atividade no laboratório, sobre solubilidade e identificação de açúcares e amido em alimentos. Na oitava aula, foram realizados exercícios sobre identificação das funções orgânicas e uma atividade com leitura de rótulos de alimentos.

O trabalho efetuado pela autora Kátia Pereira Duarte (2017), denominado “ Uma Proposta para o Ensino de Termoquímica através de uma Sequência Didática”. Buscando contribuir significativamente para tal, esta proposta de Ensino foi elaborada com o objetivo de investigar o desempenho dos alunos ao estudar termoquímica através de uma sequência didática fundamentada nos momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (2000), a mesma, é composta por 10 aulas de 45 minutos cada e constituída de diferentes estratégias de Ensino.

Este trabalho procura responder à seguinte questão: — Qual a contribuição de uma sequência didática contendo textos com situações do cotidiano e experimentos no conteúdo de termoquímica? Foi aplicada uma sequência didática composta por textos informativos, questionários de conhecimentos prévios, construção de textos e experimentos em laboratório.

Diferentemente dos trabalhos aqui apresentados, esta pesquisa propõe uma abordagem inovadora ao integrar, de forma articulada, a SEI com a estratégia Jigsaw, promovendo não apenas a aprendizagem conceitual da isomeria óptica, mas também o desenvolvimento da autonomia, da cooperação e do pensamento crítico entre os estudantes. Outro aspecto que a distingue é a escolha do estudo de caso dos cristais do suco de uva, que serve como ponto de partida para a problematização e contextualização do conteúdo, aproximando o conhecimento científico do cotidiano dos alunos. Além disso, a proposta busca superar as dificuldades apontadas na literatura por meio da valorização das concepções prévias e da sistematização do conhecimento construída em diferentes momentos e formatos — oral, escrita e modelagem — fortalecendo a compreensão da quiralidade a partir de múltiplas linguagens e estratégias pedagógicas.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1. Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois tem como principal finalidade propor, implementar e analisar uma intervenção pedagógica voltada à melhoria da aprendizagem dos alunos de Ensino Médio sobre o conceito de isomeria óptica. A partir da elaboração e aplicação de uma SEI, associada a estratégia Jigsaw, busca-se promover o desenvolvimento da aprendizagem conceitual por meio de uma abordagem didática inovadora e contextualizada.

A abordagem qualitativa foi adotada, uma vez que o foco da investigação está na compreensão dos processos envolvidos na construção do conhecimento pelos alunos, bem como nas interações que emergem no ambiente escolar durante a realização das atividades propostas. A pesquisa qualitativa permite interpretar os significados atribuídos pelos estudantes às experiências vivenciadas, considerando o contexto sociocultural que estão inseridos (OLIVIEIRA, 2002).

Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como: Exploratória, na medida que busca identificar e compreender as dificuldades de aprendizagem dos estudantes relacionadas à isomeria óptica (Gil, 1991); Descritiva, ao relatar de forma sistemática as etapas de desenvolvimento, aplicação e mediação da SEI, além das ações realizadas pelos estudantes (TRIVIÑOS, 1987); e Explicativa, ao interpretar os dados obtidos a partir da observação, dos registros escritos e falas dos estudantes, buscando compreender os efeitos da intervenção sobre o processo de aprendizagem. (Gil, 2007).

Trata-se, portanto, de uma intervenção pedagógica empírica, desenvolvida em contexto escolar real, com intencionalidade formativa. A pesquisa está fundamentada em pressupostos construtivistas, especialmente nas teorias de Piaget e Vygotsky, e se ancora na perspectiva do ensino por investigação, conforme discutido no referencial teórico desta dissertação. A escolha por essa abordagem metodológica se justifica pela possibilidade de aproximar o ensino de Química da realidade dos estudantes, valorizando suas concepções prévias, promovendo o protagonismo e favorecendo a aprendizagem significativa.

4.2. Contexto da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no Instituto Estadual de Educação Cecília Meireles, tendo como público-alvo uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, na disciplina de Química. A escola se localiza na Rua Garibaldi, 541- São Francisco, Bento Gonçalves no RS. Conta com 3 (três) turnos de aula, integrando desde a educação básica até o ensino médio. São dois blocos com dezoito salas de aula e mais de quinhentos alunos matriculados na Instituição, oriundos de vários bairros da cidade. A maior parte dos pais e alunos trabalha nas indústrias moveleiras, alimentícias, vinícolas e metalúrgicas. Há vários alunos vindos de cidades da fronteira do Rio Grande do Sul e de outros estados.

A escola tem como filosofia promover o conhecimento contribuindo com a formação de um ser crítico, participativo, comprometido e ciente de seu papel na sociedade através da educação de qualidade.

Os conteúdos abordados são: identificação de funções orgânicas, representação de compostos orgânicos, interações intermoleculares e isomeria óptica em compostos orgânicos.

O motivo de tal escola ser escolhida para a realização da pesquisa deve-se ao fato de que a pesquisadora atua como docente na Instituição, logo convive com a realidade que o ambiente escolar apresenta, conhecendo as dificuldades e limitações que ocorrem no processo.

As atividades propostas foram pensadas de forma que possam ser desenvolvidas em qualquer escola pública, considerando as dificuldades enfrentadas pelos professores (as) tais como, grande número de estudantes em sala e a falta de recursos materiais. As atividades foram planejadas para serem realizadas na própria sala de aula, com materiais de baixo custo e que possam ser providos pelos próprios estudantes.

As aulas seguiram a proposta da SEI, nas quais foram sugeridos situações-problemas para os estudantes. O uso de situações problemas contribui para que o docente identifique de maneira adequada os aspectos que precisam ser trabalhados mais minuciosamente com os estudantes nas atividades diárias (CARNEIRO & DALFARRA, 2011).

As atividades foram desenvolvidas em grupos com máximo quatro componentes para que se pudesse aproveitar da melhor maneira possível o conhecimento prévio de cada um na realização das discussões, reflexões, formulações de hipóteses e na execução das atividades. Também se espera que em trabalhos realizados em grupos os estudantes desenvolvam habilidades como: saber ouvir, argumentar, respeitar a opinião dos colegas, negociar, refletir, propiciar entrosamento e autonomia no desenvolvimento dos trabalhos.

4.3. Instrumentos de coleta de dados

Os instrumentos de coleta de dados de pesquisa são as ferramentas que fizeram parte do processo de coleta, levantamento e, por fim, tratamento das informações e divulgação dos resultados. O agrupamento de dados teve como principal função direcionar o sentido pelo qual a pesquisa deveria seguir.

Assim, a coleta de dados ocorreu através dos seguintes instrumentos específicos:

- a. Observações do professor a partir das anotações realizadas em um diário de bordo escolar;
- b. Pré-questionário para levantamento das dificuldades de aprendizagem relacionadas ao tema isomeria;
- c. Produções dos estudantes (levantamento de hipóteses, análise dos dados gerados a partir dos experimentos, conclusões) realizadas no diário de bordo dos aprendizes;
- d. Registros das falas dos estudantes;
- e. Instrumentos específicos de avaliação (avaliação de desempenho individual).

A forma de coleta de dados escolhida para o desenvolvimento deste trabalho foi o diário de aula (ou diário de campo) onde o professor (a) escreve uma narrativa dos acontecimentos, faz gravações, tirar fotografias, coleta depoimentos dos estudantes sobre a aula ou atividade realizada. Esse material produzido representa uma fonte para as reflexões e análises visando apontar tanto as deficiências quanto os acertos didáticos e suas possíveis melhorias (ZABALZA, 2004).

Os diários de campo que têm sido utilizados por pesquisadores para descrever as reflexões e as decisões, fornecem ao pesquisador uma direção da pesquisa e conseqüentemente, permitem evidenciar os acontecimentos da pesquisa desde a construção inicial de cada etapa até o seu término (ARAÚJO, et al., 2013). Após a realização de todas as atividades propostas, as narrativas das vivências descritas no diário de aula do pesquisador serviram para identificar as fragilidades do material, as facilidades ou dificuldades encontradas na sua execução. As reflexões do professor (a) e dos estudantes auxiliaram para melhorar o material, tentando sanar os problemas encontrados.

4.4. Técnicas de análise de dados

A análise de dados desta pesquisa foi conduzida à luz da abordagem qualitativa, em consonância com a natureza aplicada e investigativa do estudo. Para interpretar os dados obtidos a partir da intervenção pedagógica, optou-se pela técnica de análise de conteúdo, conforme proposta por Bardin (2011), que se mostra adequada para lidar com registros escritos, falas e observações coletadas em contextos escolares reais.

A análise de conteúdo foi desenvolvida em três etapas principais:

1. Pré-análise: etapa inicial de organização e leitura flutuante dos materiais coletados — como os registros do diário de bordo da professora-pesquisadora, as produções dos estudantes, os registros das falas em sala de aula e os instrumentos avaliativos — com o objetivo de identificar recorrências, padrões e pistas iniciais de categorias de análise.
2. Exploração do material: os dados foram codificados e organizados em unidades de registro (palavras, expressões, trechos de texto ou falas) e unidades de contexto, com base em categorias previamente definidas a partir dos objetivos da pesquisa (categorias dedutivas), bem como categorias emergentes que surgirem a partir da leitura do material (categorias indutivas).
3. Tratamento dos resultados e interpretação: as categorias foram analisadas à luz dos referenciais teóricos construtivistas (Piaget e Vygotsky), da perspectiva do ensino por investigação e das diretrizes da BNCC. Buscou-se, com isso, compreender como os estudantes se apropriaram dos conceitos trabalhados, quais avanços foram observados ao longo da SEI e quais fatores favoreceram ou dificultaram o processo de aprendizagem.

A análise foi descritiva, interpretativa e reflexiva, considerando o contexto das ações pedagógicas e os sentidos atribuídos pelos estudantes durante as atividades. A triangulação dos dados, oriundos de diferentes instrumentos — como os questionários diagnósticos, os registros orais e escritos dos estudantes, e as anotações da professora — contribuíram para ampliar a confiabilidade e a profundidade das interpretações.

Além disso, a análise foi desenvolvida de forma processual e contínua, ocorrendo paralelamente à aplicação da sequência didática, o que permitiu ajustes e reflexões pedagógicas ao longo da prática, em consonância com a lógica das pesquisas-intervenção no campo da Educação em Ciências.

4.5. Desenvolvimento da pesquisa

Este trabalho parte da compreensão de que as estratégias metodológicas adotadas no processo de ensino e aprendizagem são fundamentais para orientar e concretizar as práticas pedagógicas em sala de aula. Por isso, todas as atividades propostas foram planejadas considerando o conhecimento cotidiano dos alunos como ponto de partida. Nesse contexto, o papel do professor é o de mediar e dinamizar o processo de ensino, valorizando esses saberes prévios e promovendo sua articulação com os conceitos científicos.

Existem diversas maneiras de tornar uma aula mais instigante e significativa. Nesta proposta pedagógica, optou-se por abordar o conhecimento químico por meio de uma sequência de atividades organizadas de forma intencional. No Ensino de Ciências, Carvalho (2020) destaca que a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) é uma das estratégias mais adequadas para promover o desenvolvimento do conhecimento de maneira processual, respeitando o tempo e o envolvimento dos estudantes na construção ativa dos saberes.

Nesse contexto, a SEI desenvolvida para o ensino de isomeria óptica oferece uma possibilidade concreta de colocar o aluno no centro do processo de aprendizagem, reconhecendo-o como sujeito ativo na construção do próprio conhecimento a partir de situações presentes em seu cotidiano. Essa perspectiva está alinhada aos pressupostos teóricos de Piaget e Vygotsky, que defendem a aprendizagem como um processo interativo e significativo, construído com base nas experiências prévias e nas interações sociais.

A SEI aqui desenvolvida foi aplicada para os alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública. O principal foco foi trabalhar com Ensino de Ciências por Investigação e a estratégia Jigsaw. As atividades da sequência didática foram divididas em sete encontros em que cada encontro representou uma aula de cinquenta minutos. No quadro 2 é possível visualizar a estrutura de cada encontro, com as atividades realizadas, o objetivo e a etapa da SEI.

Quadro 2: Síntese das etapas do desenvolvimento da SEI

Encontro	Atividade	Objetivo	Etapa da SEI
1	Pré-questionário	Identificar as dificuldades de aprendizagem verificar os conhecimentos dos alunos relacionados ao conteúdo de isomeria plana.	Contextualização
2	Aula de Revisão	Reforçar os conteúdos estudados até o momento sanar dúvidas ainda existentes.	
3	Apresentação do problema	Instigar os alunos a propor hipóteses, alternativas para a resolução do problema a partir do compartilhamento de ideias entre e colegas de turma.	Problematização
4	Retomada das hipóteses e solução do problema	Construir uma resposta para o problema a partir das hipóteses (ideias) geradas pelos alunos.	Levantamento de Hipóteses
5	Sistematização Grande Grupo e Escrita Individual	Relembrar as etapas que realizou para solucionar problema e auxiliar o aluno a estruturar conhecimento.	Sistematização Coletiva e Individual.
6	Relacionando com o cotidiano (Jigsaw)	Abordar o assunto em uma linguagem mais formal.	Sistematização Conceitual
7	Exercícios Contextualizado	Avaliar o conhecimento obtido pelos alunos ao final da sequência didática.	Avaliação

Fonte: Autora (2025).

Encontro 1- Pré-questionário

O pré-questionário teve por objetivo entender se os alunos compreenderam o conceito de isomeria plana, assunto que tradicionalmente é trabalhado antes de isomeria óptica. Para viabilizar a aplicação da metodologia investigativa adotada nesta pesquisa, a docente dedicou duas aulas introdutórias à abordagem do conceito de isomeria e da classificação da isomeria plana. Essa preparação inicial foi essencial para dar continuidade ao estudo da isomeria óptica, conduzido por meio da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), metodologia central desta proposta. Para isso, foram propostos exercícios (Apêndice A) que foram realizados de maneira individual em sala de aula e que foram entregues ao final da aula.

Encontro 2 - Aula de Revisão

Após a análise das atividades e a identificação das lacunas de conhecimento e das dificuldades ainda apresentadas pelos estudantes, foi realizada a correção dos exercícios com o propósito de estabelecer conexões entre os conteúdos já abordados e aqueles que seriam aprofundados nas aulas seguintes.

Encontro 3 - Apresentação do problema

Nesse encontro a classe foi dividida em grupos com quatro componentes, o material teórico (Apêndice B) foi distribuído com o problema proposto e a professora conferiu se todos os grupos entenderam o problema a ser resolvido, tendo o cuidado de não dar a solução nem mostrar como manipular o material para obtê-la.

O estudo de caso lido em sala de aula tratava dos cristais encontrados nas garrafas de suco de uva, abordando o problema: *Você já ouviu falar desses cristais? Sabe do que se trata? Você imagina o que ele de fato se descobriu sobre as propriedades químicas desse composto?*

A resolução do problema ocorreu em pequenos grupos, pois os alunos com desenvolvimentos intelectuais semelhantes tem mais facilidade de comunicação. Além disso, também há a parte afetiva: é muito mais fácil propor suas ideias a um colega que ao professor.

O papel do professor nessa etapa é verificar se os grupos entenderam o problema proposto e deixá-los trabalhar.

Utilizando os chromebooks disponibilizados pela escola, os alunos realizaram buscas, a fim de, levantar respostas para resolver o problema e testar estas hipóteses de forma conjunta com os demais colegas.

Encontro 4: Levantamento de hipóteses e solução do problema

Os grupos construíram respostas para o problema a partir das hipóteses (ideias) geradas por eles. Em seguida testaram suas hipóteses, registraram suas observações e discutiram os resultados entre si a fim de propor uma solução ao problema.

Encontro 5: Sistematização Grande Grupo e Escrita Individual

A classe foi organizada para um debate entre todos os alunos e o professor. Os alunos foram dispostos em um grande círculo a fim de socializar suas respostas. Para isso, cada grupo elegeu um aluno representante que fez a leitura das respostas do grupo, porém, os demais também puderam se posicionar frente à questão proposta.

A aula, neste momento, proporcionou espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento. Ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembrou o que fez, como também colaborou na construção do conhecimento que está sendo sistematizado.

Por meio de perguntas – especialmente “Como vocês conseguiram resolver o problema?” – a professora incentivou a participação dos alunos, levando-os a tomar consciência das suas ações. Em seguida, foi solicitado que eles escrevessem de forma individual, com suas próprias palavras, a conclusão do problema e entregassem à professora.

A docente realizou a explanação do conteúdo exposto na Sequência de Ensino Investigativa utilizando um material teórico contido no Anexo A.

Encontro 6 – Sistematização (Jigsaw)

Neste encontro, os alunos participaram de uma atividade fundamentada na estratégia cooperativa Jigsaw, integrada à metodologia da Sequência de Ensino Investigativa. Inicialmente, foram organizados os grupos de base, compostos por quatro a seis estudantes. Cada grupo recebeu um dos textos presentes no Apêndice C, abordando os seguintes temas:

Talidomida, Aspartame, O fenômeno da quiralidade e os diferentes aromas dos óleos essenciais e Quiralidade e atividade biológica.

A primeira etapa da atividade consistiu na leitura, discussão e compreensão coletiva do conteúdo atribuído a cada grupo de base. Nesse momento, os alunos desenvolveram habilidades de argumentação, escuta ativa e criticidade, refletindo sobre os conceitos-chave e relacionando-os ao conteúdo de isomeria óptica trabalhado nas aulas anteriores.

Em seguida, deu-se início ao estágio de Exploração, no qual os grupos foram reorganizados em novos arranjos, chamados grupos de especialistas. Cada novo grupo reuniu representantes de diferentes grupos de base, de modo que cada integrante se tornasse o “especialista” no conteúdo que havia estudado anteriormente. Esse formato favoreceu o aprofundamento conceitual, o intercâmbio de ideias e a construção colaborativa do conhecimento, por meio de discussões, trocas e registros escritos.

No estágio de Relatos, os alunos retornaram aos seus grupos de base e compartilharam os conhecimentos adquiridos nos grupos de especialistas, contribuindo para que todos compreendessem os diferentes tópicos abordados. Essa etapa reforçou a ideia de que *ensinar também é uma forma de aprender*, à medida que cada estudante passou a ser responsável por transmitir o que havia aprendido.

Por fim, na etapa de Integração, os grupos apresentaram à turma um panorama geral das discussões realizadas, com a mediação da professora. Essa etapa teve como objetivo consolidar os conhecimentos construídos coletivamente e possibilitar a retomada de conceitos centrais por meio da socialização oral.

Ao final da atividade, foi realizada a leitura e discussão de um texto de sistematização, elaborado com linguagem mais formal e científica. Esse material teve a função de organizar os principais conceitos e ideias discutidos ao longo da sequência, bem como de reforçar o conteúdo desenvolvido a partir da resolução do problema investigado. A transição da linguagem cotidiana, utilizada nas interações em sala, para uma linguagem científica mais estruturada, foi essencial para ampliar a compreensão conceitual dos alunos e favorecer o letramento científico. Na Figura 5 é possível ver uma representação esquemática de como foi desenvolvida a atividade baseada na estratégia Jigsaw.

Figura 5 - Representação esquemática da atividade realizada baseada na estratégia cooperativa de aprendizagem Jigsaw. Adaptado de Fatareli, et al. (2010). Presente em artigo de Marco Silva, Leonardo Castanhede e Severina Castanhede.



Encontro 7 - Exercícios Contextualizados

Para explorar a tridimensionalidade das moléculas quirais, os alunos utilizaram materiais simples como bolinhas de isopor, massa de modelar (ou gomas comestíveis) e palitos de madeira para construir modelos moleculares propostos pela professora. O objetivo da atividade foi permitir a visualização da disposição espacial dos ligantes ao redor do carbono quiral. Em alguns casos, os estudantes também utilizaram espelhos para simular a relação entre uma molécula e sua imagem especular, facilitando a compreensão do conceito de isômeros ópticos.

Ao final da sequência didática, foi realizada a coleta de dados por meio de exercícios avaliativos. As questões foram cuidadosamente elaboradas e selecionadas com a finalidade de verificar se os estudantes haviam compreendido os principais conceitos relacionados à isomeria óptica, com base nas discussões, atividades práticas e momentos de sistematização desenvolvidos ao longo das aulas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, observa-se que o processo de ensino-aprendizagem está mais dinâmico, à medida que os professores dispõem de uma ampla gama de metodologias para planejar e adaptar suas aulas. Ao mesmo tempo, os estudantes fazem parte de uma geração marcada pelo acesso rápido à informação e pela familiaridade com tecnologias digitais, o que pode levar, ao mesmo tempo, ao desinteresse e dificuldade de atribuir sentido às práticas escolares, especialmente aquelas que exigem maior envolvimento cognitivo.

Diante desse cenário, esta pesquisa propõe uma alternativa para o ensino de isomeria da disciplina de química, oferecendo ao professor uma ferramenta estruturada por meio de uma SEI. Essa abordagem favorece o planejamento, a organização e a condução de atividades que promovem o engajamento dos alunos na construção conceitual.

A proposta foi desenvolvida com o intuito de proporcionar uma aprendizagem significativa do conteúdo de isomeria óptica. Esperávamos que os alunos se envolvessem ativamente nas atividades, por meio de questionamentos, trocas de ideias e reflexões, contribuindo para a construção de um ambiente mais participativo e motivador na sala de aula, e foi o que de fato foi observado.

Neste capítulo, são apresentados os dados coletados por meio de diferentes instrumentos, bem como a análise e a discussão dos resultados obtidos. Também é realizada uma avaliação da aprendizagem dos estudantes, baseada nas observações do professor-pesquisador ao longo da aplicação da sequência didática.

Encontros 1 e 2- Pré-questionário e Revisão

Neste primeiro momento, sucedeu-se um diálogo com os estudantes da turma de terceiro ano do ensino médio da Instituição acerca da participação deles na pesquisa de Mestrado. Como esperado, os discentes demonstraram entusiasmo e apreço ao serem incluídos no trabalho. Em seguida, os alunos foram organizados individualmente para realizarem o Pré-questionário com o objetivo entender se os mesmos compreenderam o conceito de isomeria plana, assunto que tradicionalmente é trabalhado antes de isomeria óptica. Seis exercícios (Apêndice A) foram aplicados para serem realizados de maneira individual em sala de aula e entregues ao final da

aula. Os exercícios foram escritos no quadro negro e durante a execução os alunos não receberam ajuda para responder, mas utilizaram seu material de aula. Os estudantes tiveram o tempo de um período de aula de 50 minutos para essa atividade.

A Questão 1 do pré-questionário teve como objetivo verificar se os estudantes reconheciam a isomeria de função ao identificar que os compostos $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ (éter) e $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ (álcool) pertencem a funções orgânicas diferentes, apesar de possuírem a mesma fórmula molecular — sendo esperada a resposta: *isomeria plana de função*. Todos os alunos conseguiram identificar e explicar facilmente a isomeria de função e foi respondida corretamente por todos.

A Questão 2 teve como objetivo avaliar se os estudantes eram capazes de identificar a isomeria de cadeia, reconhecendo que o ciclo butano possui cadeia fechada e o but-2-eno cadeia aberta, ainda que ambos apresentem a mesma fórmula molecular — sendo esperada a resposta: *isomeria plana de cadeia*. Na análise das respostas à Questão 2, observou-se que 1/3 (um terço) dos estudantes não reconheceram o termo "ciclo" presente no nome "ciclo butano", o que comprometeu a identificação correta da isomeria de cadeia. Essa dificuldade pode estar relacionada à pouca familiaridade com a nomenclatura oficial da Química Orgânica, especialmente com prefixos como "ciclo", que indicam características estruturais específicas das moléculas. Além disso, a ausência de representações gráficas das estruturas pode ter dificultado a associação entre o nome do composto e sua configuração espacial, evidenciando uma dependência de imagens para o reconhecimento do tipo de isomeria. Esses dados reforçam a importância de promover o letramento químico, articulando nomenclatura, estrutura e significado por meio de atividades que explorem a linguagem da Química em suas múltiplas formas de representação. De acordo com Mortimer (2000), a aprendizagem em Química exige que os estudantes desenvolvam o letramento químico, ou seja, a capacidade de transitar entre diferentes linguagens da ciência, como nomenclaturas, fórmulas, estruturas e representações simbólicas. No entanto, mesmo quando esses conteúdos são abordados em sala de aula, é comum que os alunos apresentem dificuldades para estabelecer relações entre o nome sistemático de um composto e sua estrutura molecular. Essa limitação, observada na análise das respostas à Questão 2, evidencia não uma falha no ensino, mas os desafios próprios do processo de construção conceitual, especialmente quando se trabalha com conteúdos abstratos e pouco presentes no cotidiano dos estudantes.

A Questão 3 teve como objetivo avaliar se os estudantes conseguem reconhecer a isomeria de função a partir da nomenclatura oficial (IUPAC) de compostos orgânicos, diferentemente da Questão 1, que apresentava fórmulas moleculares de forma explícita. Ao propor alternativas com nomes de substâncias que pertencem a diferentes funções orgânicas, a questão exige que o aluno identifique os grupos funcionais implícitos nos nomes, analise comparativamente os pares apresentados e selecione aquele que representa corretamente uma relação de isomeria funcional. Essa abordagem demanda nível mais elevado de abstração e raciocínio, já que os estudantes precisam dominar a nomenclatura e associá-la mentalmente às estruturas e funções correspondentes — uma habilidade importante para avançar no estudo da Química Orgânica e compreender as classificações de isômeros com base em suas propriedades funcionais. Os resultados obtidos aqui, reforçam os apontamentos do item 3.5 desta dissertação, que destaca as dificuldades recorrentes no ensino e aprendizagem do conteúdo de isomeria. Observou-se que a maioria dos estudantes apresentou erros ao identificar corretamente a isomeria de função a partir da nomenclatura dos compostos, o que evidencia limitações tanto no reconhecimento das funções orgânicas quanto na interpretação dos nomes sistemáticos. Essa dificuldade está diretamente relacionada ao que Correia et al. (2010) indicam como lacunas na compreensão de estruturas químicas, representações simbólicas e teorias estruturais. Além disso, os relatos dos próprios alunos sugerem que a articulação entre conteúdos como cadeias carbônicas e isomeria ainda não está consolidada, o que contribuiu para a confusão durante a atividade.

A Questão 4 teve como objetivo avaliar se os estudantes são capazes de reconhecer casos de isomeria plana de cadeia, analisando estruturas moleculares que apresentam a mesma fórmula molecular, mas diferem quanto à organização da cadeia carbônica — linear, ramificada, aberta ou cíclica. A atividade foi composta por pares de compostos, incluindo exemplos como o butanal e o metil-propanal, cujas cadeias diferem pela presença ou não de ramificações. Esperava-se que os estudantes identificassem corretamente essas diferenças estruturais como característica da isomeria de cadeia. Essa questão também exigiu o domínio da leitura de estruturas químicas e da relação entre fórmulas condensadas e seus respectivos tipos de cadeia, uma habilidade fundamental no desenvolvimento do raciocínio espacial e da compreensão da Química Orgânica. Na análise das respostas da Questão 4, observou-se que muitos estudantes apresentaram dificuldades em classificar corretamente os pares de compostos quanto ao tipo de

isomeria plana. Essa limitação parece estar relacionada, sobretudo, à forma como os compostos foram representados graficamente. Como já discutido nas questões anteriores, a interpretação de estruturas químicas ainda representa um desafio significativo para os alunos, especialmente quando não há uma familiaridade consolidada com a leitura de cadeias carbônicas lineares, ramificadas ou cíclicas.

A Questão 5 teve como objetivo verificar se os estudantes conseguem identificar corretamente um caso específico de isomeria plana de cadeia, a partir da comparação entre dois compostos nomeados: butanal e metil-propanal. Ao contrário da Questão 4, que apresentava estruturas químicas variadas e exigia a análise visual para diferentes tipos de isomeria, esta questão se concentrou em um par específico, com foco exclusivo na distinção entre cadeia normal e cadeia ramificada. O objetivo foi avaliar a capacidade do aluno de associar os nomes dos compostos às suas respectivas estruturas e, a partir disso, reconhecer a diferença no tipo de cadeia carbônica. A análise das respostas à Questão 5 revelou que muitos estudantes confundiram isomeria plana de cadeia com isomeria plana de posição, erro que se repetiu de forma recorrente. Essa confusão aponta para uma dificuldade conceitual em reconhecer que a isomeria de cadeia está relacionada à variação no tipo de encadeamento dos átomos de carbono (normal ou ramificada), enquanto a isomeria de posição refere-se à localização de um mesmo grupo funcional na cadeia.

A análise da Questão 6 revelou um resultado positivo, demonstrando que a maioria dos estudantes foi capaz de identificar corretamente os compostos que compartilham a mesma fórmula molecular, reconhecendo-os como isômeros. Além disso, observou-se que alguns alunos avançaram em suas respostas ao classificar o tipo de isomeria plana presente entre as substâncias, o que evidencia um entendimento mais aprofundado do conteúdo. Por outro lado, as respostas incorretas observadas nesta questão ocorreram, em sua maioria, por erros na determinação da fórmula molecular, o que pode ser atribuído a desatenção ou insegurança no cálculo da composição atômica dos compostos. Tal dificuldade já é apontada na literatura como um desafio comum no Ensino de Química, uma vez que muitos alunos não compreendem plenamente a função da fórmula molecular como representação simbólica da quantidade de átomos presentes na molécula (MORTIMER, 2000). Isso reforça a importância de atividades que articulem o raciocínio químico com a prática sistemática de leitura e interpretação de

representações simbólicas, promovendo o letramento químico de forma mais integrada e significativa.

De forma geral, os resultados do pré-questionário revelaram aspectos importantes sobre o estágio inicial de aprendizagem dos estudantes em relação ao conteúdo de isomeria plana. Embora alguns alunos tenham demonstrado domínio pontual de certos conceitos, como a isomeria de função, os dados indicaram dificuldades recorrentes na distinção entre os diferentes tipos de isomeria, especialmente entre isomeria de cadeia e de posição, bem como limitações na interpretação de nomenclaturas e estruturas químicas. Ainda que algumas respostas incorretas tenham ocorrido por desatenção ou erros operacionais, a análise das justificativas fornecidas pelos estudantes revela a importância de estratégias pedagógicas que promovam a articulação entre estrutura, nomenclatura, função e significado químico. Assim, os resultados obtidos nesta etapa diagnóstica reforçam a relevância da proposta investigativa desenvolvida nesta pesquisa, uma vez que evidenciam a necessidade de abordagens mais contextualizadas, visuais e interativas — como a Sequência de Ensino Investigativa aplicada na etapa seguinte — capazes de favorecer a aprendizagem significativa e o desenvolvimento do letramento químico no Ensino Médio.

Diante das dificuldades conceituais identificadas na análise do pré-questionário, especialmente no que se refere à distinção entre os diferentes tipos de isomeria plana e à interpretação de nomenclaturas e estruturas moleculares, tornou-se evidente a necessidade de promover um momento de revisão e retomada dos principais conceitos trabalhados até então. Por essa razão, a Aula 2 foi destinada à revisão do conteúdo, com foco nas funções orgânicas, classificação das cadeias e nas diferentes categorias de isomeria. Essa decisão pedagógica teve como finalidade consolidar as aprendizagens construídas de forma ainda instável, reforçando os conhecimentos prévios essenciais para o avanço da sequência didática, que teria continuidade com o aprofundamento na isomeria óptica.

Durante essa aula, foi realizada a correção dos exercícios aplicados anteriormente, não com caráter avaliativo, mas como instrumento formativo fundamental para o desenvolvimento conceitual dos alunos. Os exercícios funcionaram como indicadores qualitativos da aprendizagem, permitindo à professora-pesquisadora diagnosticar com maior clareza as lacunas e os avanços individuais e coletivos. A correção foi conduzida de maneira dialógica, respeitando a individualidade dos estudantes e favorecendo a construção de sentidos a partir

dos erros, que foram tratados como oportunidades de aprendizagem. Em determinados momentos, optou-se pela devolutiva individual; em outros, os equívocos foram discutidos em sala com toda a turma, o que permitiu explorar diferentes caminhos de raciocínio e esclarecer dúvidas recorrentes.

Além da devolutiva, a professora aproveitou o momento para estimular questionamentos adicionais relacionados aos compostos abordados nos exercícios, como a identificação das funções orgânicas e a classificação das cadeias, criando assim conexões entre os conteúdos já estudados e aqueles que seriam retomados nos encontros seguintes. Ao final da aula, foi possível perceber que os estudantes estavam mais confiantes, demonstrando maior clareza ao classificar os isômeros planos, com uma participação ativa e reflexiva durante toda a atividade. A experiência confirmou o papel essencial da revisão e da correção formativa como estratégias potentes na promoção do letramento químico e da aprendizagem significativa.

5.1. Encontro 3: Apresentação do problema

A primeira etapa de aplicação de uma SEI é a proposição de um problema que desperte nos estudantes a curiosidade e o interesse pela atividade. Em regra, isso se dá a partir de um problema em que elas devem buscar e apresentar solução, por meio das etapas da SEI. A proposição do problema deve ser realizada pelo professor, de forma a gerar no aluno o desejo de buscar soluções. Para Sasseron (2016), o objetivo da atividade deve estar muito claro, de modo que ele faça perguntas, proponha problemas e questione os comentários dos alunos, buscando o trabalho investigativo com a temática da aula. Vale ressaltar que o problema não deve levar a respostas óbvias, mas que sejam necessárias experimentações/pesquisas para se chegar à solução. Para Azevedo (2016), a solução do problema deve ser um instrumento para o desenvolvimento de habilidades como raciocínio, flexibilidade, argumentação e ação.

Sendo assim, nessa etapa a classe foi dividida em cinco grupos de quatro componentes, e o material teórico (Apêndice B) foi distribuído com o problema proposto. Os estudantes leram o estudo de caso individualmente antes de se reunirem nos grupos. O texto discute sobre os cristais encontrados no suco de uva e no final questionava: *Você já ouviu falar desses cristais?*

Sabe do que se trata? Você imagina o que ele de fato descobriu sobre as propriedades químicas desse composto?

Com os chromebooks disponibilizados pela escola, os alunos realizaram buscas, a fim de, levantar respostas para resolver o problema e testar estas hipóteses de forma conjunta com os demais colegas.

Durante a atividade, os alunos foram organizados em grupos de quatro componentes e foi adotada uma proposta de aprendizagem colaborativa, entendida aqui como um processo no qual os estudantes compartilham responsabilidades e constroem conjuntamente o conhecimento em direção a uma meta comum (FLORES; GONZÁLEZ, 2001). Inspirada nos pressupostos teóricos de Vygotsky (1998), a proposta partiu do entendimento de que o desenvolvimento cognitivo é impulsionado pela interação social mediada, ou seja, pela troca entre os sujeitos. Segundo o autor, “aprendizado e desenvolvimento estão inter-relacionados”, e o avanço na aprendizagem se dá na zona de desenvolvimento proximal (ZDP) — espaço em que o aluno, com o apoio do outro (seja colega ou professor), é capaz de realizar tarefas que ainda não conseguiria realizar de forma autônoma.

Durante a realização da atividade em grupo, baseada no princípio da cooperação investigativa, observei ativamente os grupos, circulando entre eles para auxiliar na interpretação do problema proposto. Foi notável que muitos estudantes apresentaram dificuldades na leitura e compreensão dos textos e enunciados, o que corrobora a importância do professor como mediador cognitivo, como defende Carvalho (2020) ao tratar da atuação docente na SEI. Nessa perspectiva, a mediação do professor não se limita à transmissão de respostas, mas envolve a formulação de perguntas orientadoras, reorganização do pensamento e estímulo à reflexão sobre o processo de investigação.

Sob a ótica piagetiana, a resolução do problema em pequenos grupos se mostra coerente com a noção de equilíbrio cognitivo, pois possibilita ao aluno entrar em contato com diferentes perspectivas, promovendo situações de desequilíbrio cognitivo que o levam à construção de novos esquemas de pensamento. Além disso, Piaget (1975) destaca que os alunos com níveis próximos de desenvolvimento intelectual comunicam-se com mais facilidade, favorecendo uma assimetria produtiva, na qual os pares colaboram entre si para interpretar, argumentar e reelaborar conceitos.

Durante a atividade, também pude observar aspectos relacionados à aprendizagem atitudinal e processual, conforme os alunos interagiam de forma respeitosa, demonstrando cooperação, responsabilidade e escuta ativa na busca por soluções. A troca de ideias entre os colegas evidenciou a construção coletiva do conhecimento, não apenas no plano conceitual, mas também nas dimensões afetiva e social da aprendizagem. Essas observações foram registradas em meu diário de bordo, inclusive com o nome de três estudantes que apresentaram baixa participação, tanto em termos de engajamento com o grupo quanto no envolvimento com a tarefa. Tal registro reforça a necessidade de pensar o grupo não apenas como estratégia didática, mas como um espaço de escuta, pertencimento e mediação do conhecimento, em consonância com os princípios da aprendizagem colaborativa e do desenvolvimento sociocognitivo defendido por Vygotsky e Piaget.

5.2. Encontro 4: levantamento de hipóteses e solução do problema

O Encontro 4 teve como foco o desenvolvimento da etapa de levantamento e teste de hipóteses, a partir da situação-problema previamente apresentada aos estudantes. Essa fase da sequência de ensino investigativa é central para a construção do pensamento científico, pois, como destacam Carvalho e Sasseron (2015), o teste de hipóteses pode ocorrer tanto por meio da manipulação direta de materiais quanto no plano das ideias, a partir da mobilização de conhecimentos prévios. Com base nessa perspectiva, os estudantes foram organizados em grupos — mantendo os mesmos integrantes das etapas anteriores — e convidados a discutir coletivamente suas hipóteses em torno do problema proposto, que envolvia a descoberta de Louis Pasteur e os cristais quirais. A atividade foi planejada para estimular a conexão entre a narrativa histórica e os conteúdos de isomeria, criando um ambiente propício à elaboração de suposições e argumentações.

O objetivo pedagógico desse momento foi proporcionar aos estudantes a oportunidade de registrar suas observações, dialogar com os pares, e propor soluções fundamentadas, exercitando a argumentação científica e o raciocínio investigativo. Conforme Carvalho (2013), a construção e a socialização de hipóteses favorecem uma reorganização de ideias que contribui significativamente para o desenvolvimento cognitivo, ao passo que induz os estudantes a

refletirem, justificarem e reformularem seus pensamentos diante do coletivo. Nesse processo, os alunos não apenas constroem conhecimento, mas aprendem a pensar de forma mais científica, consolidando competências ligadas à observação, análise e comunicação de ideias.

Sob a ótica da teoria vigotskiana, essa etapa representa um momento privilegiado de atuação na zona de desenvolvimento proximal, uma vez que os alunos foram constantemente desafiados a articular suas ideias, confrontá-las com as de seus colegas e recorrer à mediação da professora sempre que necessário. A interação social nesse contexto é fundamental, pois, como aponta Vygotsky (1998), é no diálogo e na colaboração com o outro que o sujeito amplia suas possibilidades de compreensão e internalização de conceitos.

Durante a atividade, observou-se um envolvimento efetivo por parte de todos os grupos, conforme pode ser visto na Figura 6. Os estudantes demonstraram empenho na pesquisa, na formulação de hipóteses e na construção conjunta das respostas. Notou-se também uma postura responsável no uso dos recursos digitais (Chromebooks), que foram utilizados exclusivamente para fins relacionados à investigação proposta. Além disso, vários alunos buscaram a mediação da professora para confirmar se suas ideias estavam alinhadas ao propósito da atividade, o que demonstra autonomia responsável, mas também a consciência da importância da orientação docente como apoio intelectual.

Figura 6- Levantamento de hipóteses



Fonte: Autora (2024)

A fluidez dos diálogos e o clima colaborativo estabelecido em sala revelam não apenas uma aprendizagem conceitual em processo, mas também o fortalecimento de atitudes científicas, como a escuta, o respeito às ideias alheias e o pensamento crítico, valores alinhados tanto à concepção piagetiana de cooperação cognitiva, quanto à aprendizagem significativa defendida por Carvalho.

5.3. Encontro 5: sistematização grande grupo e escrita individual

O material foi recolhido e os alunos organizaram-se em um grande grupo e não entre os pequenos grupos evitando que surjam alunos “porta-voz”, pois o objetivo dessa etapa é que os alunos pensem e falem sobre as atividades (CARVALHO, 2009). A discussão segundo Carvalho (2009) deve ser conduzida como um grande grupo e não entre os pequenos grupos evitando que surjam alunos “porta-voz”, pois o objetivo dessa etapa é que os alunos pensem e falem sobre as atividades. Nesse momento eles foram questionados, pela docente, sobre COMO encontraram a solução. Aqui também foi trabalhada a formação de atitudes de cooperação, em que os alunos aprendam a ouvir e respeitar as opiniões alheias, o que pode contribuir na organização de suas próprias ideias. Para Carvalho (2016), nessa fase, ocorre a passagem da ação manipulativa para ação intelectual, já que os alunos demonstram, por meio do diálogo, como fizeram, quais hipóteses deram certo e como foram comprovadas. O trabalho de mediação do professor deve proporcionar a ampla participação de todos os alunos e o constante trabalho de desenvolvimento de atitudes de respeito e cooperação, aprendendo a ouvir e participar das discussões.

Buscando verificar as justificativas dos alunos para o problema, a docente continuou a discussão, questionando o PORQUÊ de terem encontrado o resultado ou a comprovação da hipótese, com o propósito de que os alunos reformulem suas hipóteses e apresentem explicações lógicas. Foi necessário que a docente refizesse as perguntas de formas diferentes para instigar o envolvimento de mais alunos, em virtude de que no início da atividade somente os alunos mais comunicativos interagiram, enquanto os demais, se isolaram.

Foi proporcionado um espaço-tempo pedagógico para a sistematização coletiva do conhecimento, no qual os estudantes, ao ouvirem seus colegas e ao responderem às intervenções

da professora, não apenas resgataram as ações realizadas, mas também contribuíram ativamente para a construção e consolidação dos conceitos trabalhados, transformando a retomada em um momento de reflexão compartilhada e significativa.

Todos os grupos exploraram profundamente as hipóteses, explanando justamente o que era esperado como resposta ao problema, todavia, não conseguiram conectar com o conteúdo de isomeria. Exceto um grupo, que contribui com falas referente ao que seriam isômeros ópticos.

O famoso cristal do suco, conhecido pelo nome químico de bitartarato de potássio são formados a partir da reação do ácido tartárico com o potássio, que são substâncias que existem nas uvas maduras, que vão para as indústrias de sucos e vinhos.

Normalmente os cristais são transparentes. Mas, em contato com o suco, assumem as cores do meio em que se encontram. Assim, em suco branco dá um tom palha ou amarelado, em suco tinto torna o cristal lilás ou violeta.

Normalmente, os cristais de bitartarato de potássio estão dissolvidos no suco. Mas, quando a temperatura diminui, ocorre uma precipitação, formando um aglomerado de cristais. Ao se solidificarem, essas substâncias podem decantar e ir parar no fundo da garrafa, da taça ou, até mesmo, se aglomerarem na rolha, formando uma película de pequenas pedrinhas.

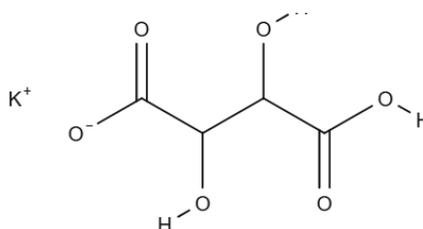
O tártaro, ou tartarato ácido de potássio, era há muito conhecido pelos vinicultores, pois, com a fermentação do vinho, ele surge como um depósito no fundo dos tonéis. Também das uvas conhecia-se o ácido tartárico, na sua forma dextro-rotatória. Por volta de 1820, Charles Kestner, fabricante de produtos químicos, descobriu uma forma de ácido tartárico que não causava rotação no plano da luz polarizada. Gay-Lussac chamou-a de ácido racêmico (do latim racemus: cacho de uva). Biot descobriu que seus sais eram inativos sob luz polarizada.

Louis Pasteur (1822-1895), foi aluno de Biot e por ele foi incentivado a estudar materiais usando luz polarizada, entre os quais o ácido tartárico e seus sais, facilmente obtíveis em alto grau de pureza na época. Pasteur percebeu que, enquanto os cristais de sais de ácido tartárico produzidos pela uva eram todos iguais, aqueles provenientes do ácido racêmico eram de dois tipos diferentes. Pacientemente, separou os cristais com o auxílio de uma pinça e uma lupa e preparou soluções de cada um deles em separado. Pasteur notou então que uma das soluções rotacionava a luz polarizada num sentido e a outra o fazia em sentido

contrário, e que a mistura de soluções com iguais quantidades dos diferentes cristais era inativa sob luz polarizada. Em 1848, Pasteur demonstrou que o ácido tartárico dextro-rotatório (ácido *d*-tartárico) obtido pela separação dos cristais da mistura racêmica era o mesmo que aquele já conhecido a partir de uvas (Pasteur, 1848).

Pasteur continuou seus estudos com tartaratos e seus ácidos por mais seis anos e desenvolveu dois outros métodos para resolver (separar) isômeros opticamente ativos (Pasteur, 1861). Os experimentos com os tartaratos claramente sugeriam uma estreita correlação entre configuração molecular, atividade óptica e estrutura cristalina.

Figura 7- Molécula do bitartarato de potássio



Fonte: Autora (2025).

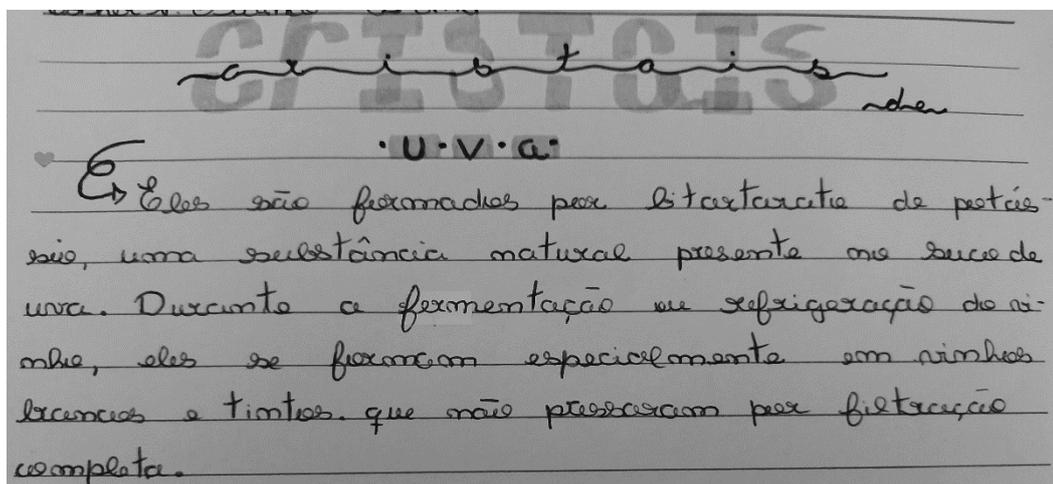
Na etapa seguinte da sequência, os alunos foram convidados a registrar individualmente suas conclusões sobre o problema discutido, entregando suas produções à professora. Essa atividade de escrita exigiu dos estudantes um esforço cognitivo significativo, o que ficou evidente no desempenho variado apresentado. Como afirma Oliveira (2003), a linguagem escrita demanda um nível mais elevado de elaboração mental quando comparada à linguagem oral, exigindo que o sujeito organize, selecione e refine suas ideias de maneira mais autônoma. Essa diferença foi perceptível na análise dos registros: enquanto alguns estudantes demonstraram facilidade em transpor oralmente suas hipóteses e conclusões durante o debate coletivo, outros apresentaram dificuldades ao tentar expressar essas mesmas ideias por escrito.

Esse resultado dialoga com as reflexões desenvolvidas no Capítulo 3, especialmente no item que discute as dificuldades de aprendizagem na construção conceitual. De acordo com Vygotsky (1998), o domínio da linguagem escrita está diretamente relacionado ao desenvolvimento de funções psicológicas superiores e à internalização do conhecimento mediado socialmente. Ou seja, o registro individual não se reduz a um exercício de escrita, mas

constitui uma forma de reorganização e consolidação do pensamento, revelando o grau de apropriação conceitual por parte do estudante. Ainda nesse sentido, a prática de escrita associada ao debate coletivo retoma a ideia de sistematização em grande grupo abordada por Carvalho (2013), que reconhece a importância da socialização de ideias como etapa indispensável para o avanço na construção do conhecimento científico na escola.

Observou-se, portanto, que os alunos que participaram ativamente da discussão oral elaboraram registros escritos mais ricos em termos argumentativos, evidenciando uma conexão direta entre a participação no grupo e a qualidade da produção individual. Mesmo aqueles que não verbalizaram suas ideias, mas se mantiveram atentos às contribuições dos colegas, demonstraram em seus registros indícios de apropriação conceitual. Isso reforça o papel da linguagem como ferramenta de mediação cognitiva, como defendido por Vygotsky, e destaca a importância da escrita como um instrumento para a organização e refinamento do pensamento, consolidando o conhecimento construído coletivamente. A Figura 8 ilustra exemplos de registros escritos produzidos pelos alunos nesta etapa da sequência.

Figura 8 – Escritas Individuais



Fonte: Autora (2025)

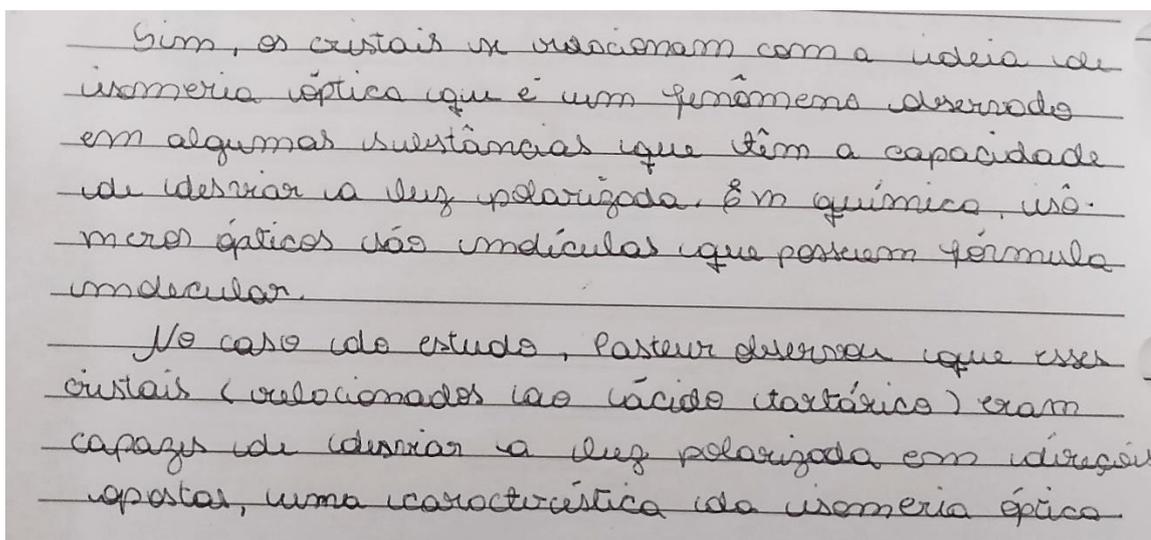
Louis Pasteur, na verdade, foi quem estudou estes cristais em 1848. Ao observar que os cristais de ácido tartárico (uma substância que forma os "diamantes de vinho") sob um microscópio, notou que havia dois tipos de cristais com formas simétricas. Essa descoberta foi fundamental, pois percebeu-se que esses cristais refletiam o conceito de "quiralidade" - uma propriedade em que duas formas de uma substância são idênticas em composição, mas não são superponíveis. Isso tarde se tornou um princípio essencial na química orgânica.

Fonte: Autora (2025)

Em 1848, Pasteur observou que os cristais do sal de ácido tartárico apresentavam uma propriedade peculiar: eles eram quiralmente diferentes. Ou seja, as formas dos cristais eram imagens espelhadas que não podiam ser sobrepostas, semelhante às nossas mãos direita e esquerda.

Pasteur notou que essa diferença entre os cristais afetava a maneira como eles interagiam com a luz polarizada: um tipo de cristal girava o plano da luz polarizada em uma direção, enquanto o outro o girava na direção oposta. Isso foi um dos primeiros passos que ajudaram a compreender a quiralidade, um conceito importante na química e biologia, que explica como moléculas podem existir em formas que são imagens espelhadas umas das outras. Isso também influenciou o desenvolvimento da estereoquímica, um campo que estuda as relações espaciais entre átomos em moléculas.

Fonte: Autora (2025)



Fonte: Autora (2025)

Para concluir esse momento da sequência didática, a docente utilizou o quadro negro da sala de aula para sistematizar o conteúdo de Isomeria Óptica, retomando os principais pontos discutidos ao longo da atividade. A exposição teórica foi baseada no material de apoio contido no Anexo A e teve como finalidade reforçar e consolidar os conceitos trabalhados anteriormente na Sequência de Ensino Investigativa. Essa sistematização final serviu como elo entre a construção coletiva do conhecimento e a formalização conceitual, valorizando o processo investigativo sem abrir mão da organização dos saberes disciplinares.

5.4. Encontro 6: Sistematização do conhecimento (Jigsaw)

A sistematização do conhecimento representa uma etapa fundamental no processo de ensino e aprendizagem, pois permite que os alunos atribuam sentido social e funcional ao saber construído, reconhecendo sua relevância para além do espaço escolar. Ao contextualizar o conteúdo no cotidiano, essa etapa favorece a compreensão de sua aplicabilidade e valor no mundo real. A atividade foi planejada com o propósito de aprofundar o conhecimento, possibilitando que os estudantes não apenas consolidassem o que foi aprendido, mas também ampliassem sua compreensão sobre o tema, estabelecendo novas conexões e interpretações a partir da trajetória investigativa vivenciada.

A atividade que segue a sistematização, por meio da leitura de um texto, deve apresentar “questões que relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico)” (CARVALHO, 2013, p. 16). É importante que o estudante relacione o problema investigado com problemas reais do seu cotidiano. Esta atividade é desenvolvida seguindo as mesmas etapas da resolução do problema: a discussão em grupo pelos estudantes; a abertura das discussões com toda a classe, coordenada pelo professor, e a escrita individual pelos estudantes em seus cadernos.

O Jigsaw configura-se como uma estratégia de aprendizagem cooperativa em que cada integrante do grupo é responsável por estudar uma parte específica do conteúdo, com base em textos previamente selecionados, e posteriormente compartilhar esse conhecimento com os demais colegas. Uma das principais diferenças entre o Jigsaw e outras formas tradicionais de trabalho em grupo, como os seminários, é que todos os estudantes trabalham com o mesmo conjunto de textos e conteúdos, sendo a compreensão coletiva construída a partir da interdependência entre os membros. Trata-se, portanto, de uma estratégia de aprendizagem ativa que estimula o engajamento, a responsabilidade individual e a construção compartilhada do saber. Diversas pesquisas na área da educação têm investigado a aplicação do Jigsaw no ensino de Química, destacando seu potencial como estratégia promotora de aprendizagem significativa e eficaz na construção de conhecimentos essenciais à formação na educação básica (GUIMARÃES; CASTRO, 2018).

Inicialmente, os estudantes foram organizados em grupos de base (Figura 9), compostos por quatro a seis integrantes, para o desenvolvimento da estratégia Jigsaw. Na sequência, foram distribuídos os textos de apoio (Apêndice C), cuidadosamente selecionados para subsidiar a compreensão dos tópicos a serem trabalhados: *Talidomida, Aspartame, O fenômeno da quiralidade e os diferentes aromas dos óleos essenciais e Quiralidade e atividade biológica*. Nessa etapa, cada grupo recebeu um dos textos e foi orientado a discuti-lo coletivamente, desenvolvendo suas habilidades de leitura, interpretação e síntese, a partir das funções previamente atribuídas a cada membro.

Em um segundo momento, denominado estágio de Exploração, os alunos foram reorganizados em grupos de especialistas, compostos por membros oriundos de diferentes grupos de base que estudaram o mesmo conteúdo. Essa nova configuração teve como objetivo aprofundar o entendimento do tema específico, proporcionando um espaço para

compartilhamento, discussão e registro das ideias principais. Ao assumir o papel de especialistas, os alunos se tornaram responsáveis por dominar aquele conteúdo e prepará-lo para ser retransmitido aos colegas.

No estágio de Relatos, cada estudante retornou ao seu grupo de base com a responsabilidade de socializar o conhecimento construído no grupo de especialistas. Esse momento foi essencial para a reconstrução coletiva do saber, possibilitando que cada grupo compreendesse todos os tópicos abordados a partir da mediação entre pares. Ao explicar o que aprenderam, os estudantes não apenas consolidaram seus próprios conhecimentos, mas também colaboraram com a aprendizagem dos colegas, exercitando competências de escuta, argumentação e comunicação científica.

Figura 9 - Alunos nos grupos de base lendo os textos utilizados no Jigsaw.



Fonte: Autora (2024)

O último estágio é a Integração, onde o que foi discutido e trabalhado pelos alunos nos grupos de base foi compartilhado com o restante da turma, com mediação da professora.

Um texto de sistematização, então, se tornou extremamente necessário, não somente para repassar todo o processo da resolução do problema, como também o produto do conhecimento discutido em aulas anteriores, isto é, os principais conceitos e ideias surgidas. E tanto o processo da solução do problema como o produto agora são apresentados em uma linguagem mais formal, ainda que compreensível pelos alunos. A sistematização dessa

linguagem mais formal torna-se necessária, uma vez que, durante todo o debate em que se deu a construção do conhecimento pelo aluno, a linguagem da sala de aula era muito mais informal que formal.

5.5. Encontro 7: Exercícios contextualizados

Estudos anteriores, como os de Wu et al. (2001) e Wu e Shah (2004), demonstram que as representações microscópicas e simbólicas em Química são particularmente desafiadoras para os estudantes, devido ao seu alto grau de abstração. Tais representações exigem que os alunos operem cognitivamente em níveis não diretamente acessíveis aos sentidos, enquanto sua compreensão inicial costuma estar ancorada em informações visuais e táteis. Para minimizar essas dificuldades, Matus et al. (2011) recomendam o uso de metodologias de ensino mais diversificadas, que incluam modelos físicos, animações e softwares educacionais interativos. Segundo esses autores, a visualização de moléculas em três dimensões e simulações dinâmicas pode favorecer a construção de imagens mentais mais precisas dos fenômenos químicos, facilitando a transição entre os níveis macroscópico, microscópico e simbólico. Além disso, a manipulação de modelos concretos contribui para uma aprendizagem mais significativa e duradoura, à medida que permite aos estudantes estabelecer conexões entre o mundo sensível e os conceitos abstratos da ciência química.

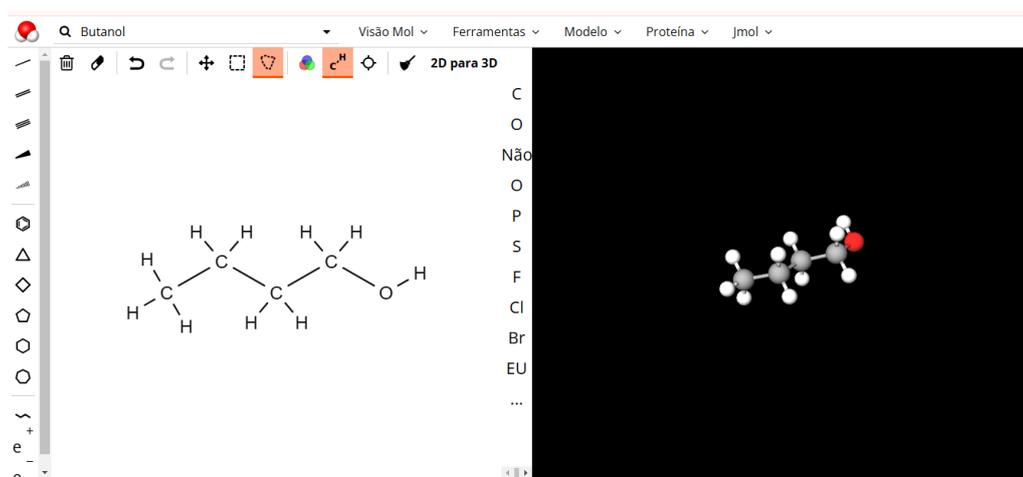
Dando continuidade à discussão sobre o uso de recursos didáticos que favorecem a compreensão das representações microscópicas e simbólicas na Química, destaca-se a construção de modelos moleculares com materiais de baixo custo como uma alternativa viável e acessível para aplicação em sala de aula. Embora existam kits comerciais disponíveis, seu custo elevado pode limitar o uso em contextos escolares com menos recursos. Nesse sentido, a confecção de modelos com materiais simples e reutilizáveis surge como uma estratégia eficaz para tornar conceitos abstratos mais concretos e visualizáveis. De acordo com Carneiro et al. (2011), os modelos moleculares funcionam como ferramentas didáticas que auxiliam na assimilação de conteúdos como geometria molecular, ligações químicas e isomeria, ao proporcionar ao aluno a possibilidade de

visualizar e manipular o nível microscópico de um fenômeno químico ou físico. Assim, além de estimular a aprendizagem ativa, essa metodologia contribui para o desenvolvimento de competências cognitivas essenciais, permitindo que conceitos complexos sejam abordados de forma mais significativa, especialmente no caso da isomeria, cujo entendimento exige a noção de arranjos espaciais e relações estruturais que não são facilmente percebidas sem o suporte visual.

Para esta atividade, a turma foi dividida em grupos de no máximo cinco alunos. Em seguida, foram orientados na produção dos modelos moleculares. Na demonstração inicial do objetivo do projeto, o docente exibiu algumas estruturas moleculares com auxílio do software Molview. Com os chromebooks da escola os estudantes também dispuseram de alguns minutos para manipular o software. Na sequência, os alunos foram instruídos a representar isômeros com modelos moleculares produzidos com materiais alternativos onde cada grupo deveria demonstrar dois pares de isômeros. Após a construção, cada grupo apresentou seus resultados na sala de aula para o compartilhamento do conhecimento científico produzido.

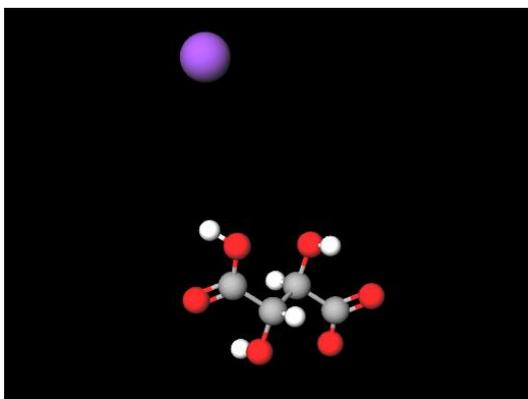
Para auxiliar no processo, inicialmente, foram demonstradas estruturas moleculares (butan-1-ol (Figura 10); 1,2-dimetil-ciclopentano; 1-flúor-etan-1-ol; bitartarato de potássio (Figura 11)) no software *Molview*. (Disponível em molview.org).

Figura 10- Representação da molécula do butan-1-ol utilizando o software *Molview*



Fonte: Autora (2025)

Figura 11- Representação da molécula do bitartarato de potássio utilizando o software Molview



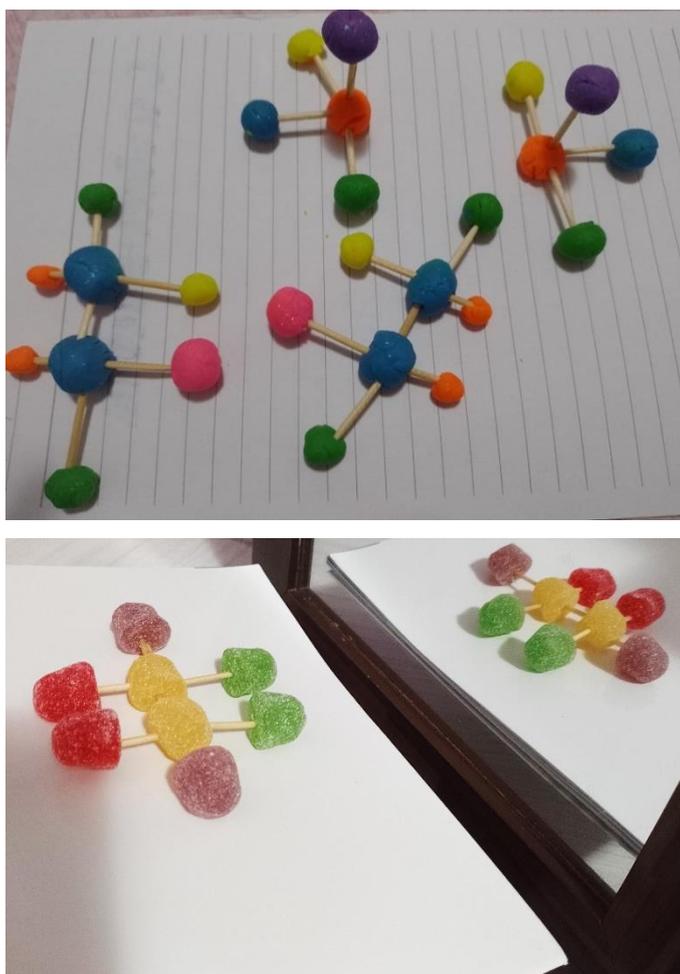
Fonte: Autora (2025)

Durante a atividade, os estudantes confeccionaram modelos moleculares utilizando materiais simples e acessíveis, como jujubas, massa de modelar e palitos de madeira (Figura 12), com o objetivo de representar estruturalmente compostos quirais e explorar a organização espacial dos átomos. Essa prática se revelou altamente significativa para a compreensão da isomeria óptica, uma vez que permitiu aos alunos visualizar tridimensionalmente as moléculas, superando a limitação imposta pelas representações bidimensionais nos livros didáticos ou quadros.

A utilização de modelos físicos no ensino de Química é amplamente reconhecida como uma ferramenta poderosa para facilitar a aprendizagem de conceitos abstratos e para desenvolver habilidades cognitivas relacionadas à visualização espacial, à compreensão de ligações químicas, à geometria molecular e à própria isomeria. Segundo Johnstone (1991), o pensamento químico exige que os estudantes operem simultaneamente em três níveis de representação — macroscópico, submicroscópico e simbólico — sendo que as maiores dificuldades de aprendizagem ocorrem justamente na transição entre esses níveis. Complementarmente, Taber (2013) destaca que a manipulação de modelos concretos pode ajudar os alunos a articularem essas representações de forma mais integrada, especialmente quando os conceitos químicos envolvem estruturas invisíveis à observação direta. Nesse sentido, a construção ativa dos modelos não apenas ampliou a compreensão conceitual dos

estudantes, mas também promoveu engajamento, autonomia e raciocínio tridimensional, favorecendo a aprendizagem significativa e duradoura.

Figura 12 – Modelos Moleculares construídos pelos estudantes com massa de modelar.





Fonte: Autora (2024)

Os modelos confeccionados e apresentados pelos estudantes mostraram-se adequados ao nível do Ensino Médio, tanto pela sua simplicidade construtiva quanto pelo apelo visual, facilitando o envolvimento dos alunos com o conteúdo. A utilização de materiais de fácil acesso e baixo custo contribuiu para a viabilidade da atividade, permitindo que os estudantes participassem ativamente do processo sem barreiras materiais. Embora toda a construção tenha sido acompanhada e orientada pela professora, a forma de elaboração dos modelos moleculares foi debatida dentro dos grupos, valorizando a autonomia, a criatividade e a cooperação entre os pares.

Na segunda parte da atividade, os alunos foram orientados a posicionar os modelos construídos diante de um espelho, enquanto colocavam o modelo idêntico ao lado da imagem refletida, buscando alinhá-lo exatamente à sua projeção especular. A partir dessa

observação, perceberam que, apesar de estruturalmente semelhantes, os modelos não se sobrepunham perfeitamente à imagem no espelho, revelando diferenças na orientação espacial dos ligantes. Essa experiência visual possibilitou compreender, de forma concreta, que moléculas quirais não são sobreponíveis à sua imagem especular, mesmo sendo constituídas pelos mesmos átomos — característica fundamental na definição de isomeria óptica.

Dando continuidade a SEI, foi aplicado um instrumento avaliativo (Apêndice D) com o intuito de verificar indícios de aprendizagem por parte dos estudantes. Como ressaltado por Luckesi (2011), a avaliação escolar deve ser compreendida como parte integrante do processo educativo, fornecendo ao professor subsídios para compreender os avanços, impasses e necessidades de cada aluno, de modo a orientar a tomada de decisões pedagógicas mais eficazes. Para o autor, a avaliação não deve se limitar à mensuração de resultados, mas atuar como um momento formativo, que contribui diretamente para o desenvolvimento do aprendiz e a reorientação das práticas de ensino.

A atividade avaliativa, composta por quatro questões, foi planejada considerando o tempo disponível em sala e os principais conteúdos explorados ao longo da SEI. Três questões foram discursivas e contextualizadas com situações do cotidiano, exigindo elaboração conceitual e argumentação científica, enquanto uma delas, de natureza objetiva, buscava avaliar o reconhecimento direto de conceitos-chave. Inicialmente, os estudantes resolveram as questões sem consulta ao caderno, e, após a correção realizada pela professora, foram convidados a revisar suas respostas e refletir sobre os próprios erros, consolidando o caráter formativo da atividade.

A análise das respostas revelou um desempenho satisfatório na questão objetiva, respondida corretamente por vinte dos 26 alunos presentes. No entanto, nas questões discursivas, foi possível identificar dificuldades significativas na organização das ideias, no uso da terminologia científica e na explicação dos fenômenos apresentados. Em especial, a questão número dois apresentou o maior índice de respostas incompletas, sinalizando fragilidades na articulação entre a identificação de elementos estruturais — como carbonos quirais — e sua relação com a formação de isômeros ópticos. Ainda que os alunos demonstrassem certo

domínio em reconhecer visualmente esses elementos, a tradução desse conhecimento para a linguagem escrita e científica mostrou-se limitada, confirmando o desafio já apontado anteriormente no desenvolvimento da escrita como instrumento de sistematização e argumentação.

Esses dados reforçam a necessidade de atividades avaliativas que estejam integradas ao percurso didático, permitindo intervenções pedagógicas contínuas e alinhadas às reais necessidades da turma. Assim como destaca Luckesi (2011), avaliar é um ato de compromisso com o desenvolvimento do estudante — uma prática que deve ser incorporada de forma dialógica, reflexiva e propositiva dentro das sequências de ensino.

A questão 1 teve como objetivo avaliar se os estudantes compreendiam corretamente o conceito de enantiômeros, identificando a definição que envolve a não sobreposição de imagens especulares e a condição de assimetria molecular. Por meio do preenchimento de lacunas, buscou-se verificar a familiaridade dos alunos com a terminologia específica da Química Orgânica, especialmente no que diz respeito à isomeria óptica e à quiralidade. A atividade exigia que os estudantes reconhecessem a relação entre estrutura molecular e comportamento óptico, articulando teoria e linguagem científica de maneira concisa.

A análise das respostas revelou um significativo número de acertos, indicando que a maioria dos estudantes assimilou o conceito de enantiômeros e compreendeu a importância da assimetria molecular. Contudo, um total de oito alunos apresentou dificuldades com os termos utilizados, substituindo-os por palavras inadequadas ou menos precisas. Segundo relatos, essa confusão foi atribuída à presença de termos considerados complexos ou pouco familiares. Essa dificuldade reflete uma das principais barreiras apontadas no item 3.5 da dissertação, referente à apropriação da linguagem científica e simbólica por parte dos alunos. De acordo com Vygotsky (1998), esse tipo de limitação não representa ausência de conhecimento, mas sim uma fase natural do processo de desenvolvimento conceitual, em que a mediação pedagógica é essencial. Dessa forma, os resultados reforçam a importância de trabalhar o vocabulário técnico em diferentes contextos e representações, como já defendido por Johnstone (1991) e Mortimer (2000), promovendo o letramento químico e a consolidação progressiva do saber científico escolar.

A questão 2 teve como objetivo avaliar a capacidade dos estudantes em integrar os conceitos fundamentais da isomeria óptica, como a presença do carbono quiral, a formação de enantiômeros, e sua importância na farmacologia. Além da definição estrutural, esperava-se que os alunos compreendessem a atividade óptica dos compostos quirais, a partir da interação com a luz polarizada, e fossem capazes de articular esses conhecimentos para explicar por que dois fármacos com a mesma fórmula molecular podem apresentar efeitos biológicos distintos. A complexidade da questão exigia a mobilização de múltiplas representações químicas e habilidades de argumentação o que sob a perspectiva de Vygotsky (1998), essa elaboração requer o domínio de instrumentos culturais — neste caso, a linguagem científica — e mediações adequadas que favoreçam a construção conceitual progressiva.

A análise das respostas revelou que esta foi a questão de maior dificuldade para os estudantes, resultando em um número expressivo de produções incompletas, mal estruturadas e carentes de precisão conceitual. Embora alguns alunos tenham demonstrado noções sobre a relevância da isomeria óptica na farmacologia, poucos conseguiram articular como a presença do carbono quiral leva à formação de isômeros ópticos, tampouco relacionaram o fenômeno com a atividade óptica da luz polarizada. Essas dificuldades estão em consonância com o que foi discutido no item 3.5, em especial nas contribuições de Correia et al. (2010) e Mortimer (2000), que destacam os desafios relacionados à compreensão de representações estruturais, teorias moleculares e simbolismos da Química. Além disso, como abordado por Carvalho e Sasseron (2015) no item 3.4, a SEI visa justamente favorecer a construção progressiva de significados por meio de atividades que mobilizam hipóteses, argumentação e sistematização — processos que ainda demonstram fragilidade quando os estudantes são desafiados a produzir respostas escritas com autonomia. A partir dessa análise, reforça-se a necessidade de práticas pedagógicas que integrem visualização, linguagem, interação e mediação, articuladas com os pressupostos da zona de desenvolvimento proximal, conforme propõe Vygotsky, e da equilíbrio sugerida por Piaget.

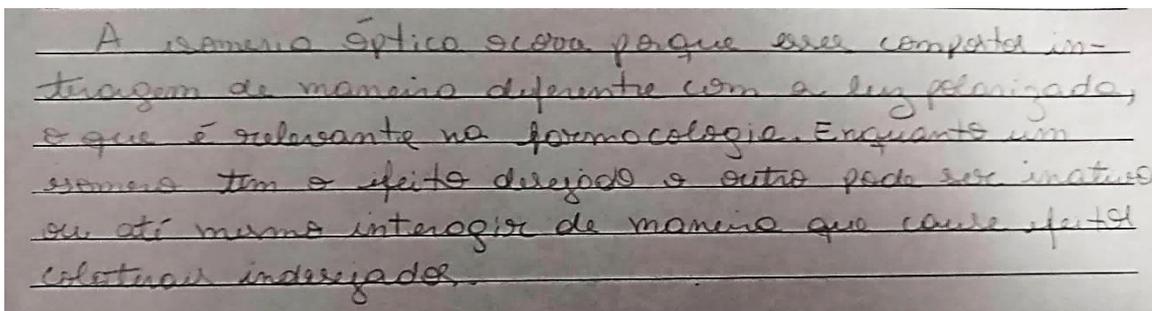
Figura 13- Respostas elaboradas pelos estudantes para a questão número 2.

Os compostos descritos são exemplos de enantiômeros, que são isômeros ópticos devido à presença de um carbono quiral em sua estrutura. Um carbono quiral é um átomo de carbono ligado a quatro substituintes diferentes, o que implica que dois compostos que são imagens espelhadas um do outro, mas não são sobreponíveis, são enantiômeros.

Deve-se à quiralidade das moléculas. Carbono quiral é um átomo de carbono que está ligado a quatro elementos diferentes, sendo também conhecido como centro assimétrico.

A presença de um carbono quiral numa molécula torna-a não sobreponível a sua imagem no espelho. Esses dois compostos não sobreponíveis e imagens espelhadas são chamados de enantiômeros.

Um carbono quiral é caracterizado por um átomo de carbono ligado a quatro elementos diferentes, o que gera dois enantiômeros, isômeros que são imagens espelhadas não sobreponíveis um do outro. Essa assimetria resulta em características distintas entre os compostos, um exemplo, é o caso da talidomida, que nos mostra a importância de conhecermos isômeros.



A isomeria óptica ocorre porque esse composto interage de maneira diferente com a luz polarizada, o que é relevante na farmacologia. Enquanto um isômero tem o efeito desejado o outro pode ser inativo ou até mesmo interagir de maneira que cause efeito colateral indesejado.

Fonte: Autora (2024)

A questão 4 teve como objetivo verificar se os estudantes seriam capazes de aplicar o conceito de isomeria óptica a uma situação-problema contextualizada, que exigia a identificação do isômero incorreto utilizado na formulação de um produto com finalidade específica. O enunciado propôs um desafio prático relacionado ao uso do limoneno, uma substância que existe em duas formas enantioméricas, cada uma com propriedades distintas. Esperava-se que os estudantes reconhecessem que o fracasso na função do difusor ocorreu devido à utilização do isômero (+) -limoneno em vez do (-)-limoneno, evidenciando, assim, a importância da atividade óptica e da quiralidade molecular na determinação das propriedades biológicas e comerciais dos compostos.

Todos os estudantes responderam corretamente quanto ao erro no uso do isômero, demonstrando uma compreensão satisfatória da ideia central da questão. No entanto, as respostas se limitaram a identificar que houve um engano, sem apresentar explicações mais aprofundadas sobre a distinção entre os enantiômeros ou as implicações práticas de suas diferenças. Essa limitação reflete o que apontam Correia et al. (2010) e Mortimer (2000), em relação a existência de dificuldades dos alunos em articular estrutura química, função e linguagem científica em respostas explicativas. Conforme defendem Carvalho e Sasseron (2015), o desenvolvimento da argumentação científica precisa ser intencionalmente trabalhado, por meio de atividades que promovam a formulação de hipóteses, o debate entre pares e a reorganização conceitual. Do ponto de vista teórico, esse resultado também dialoga com Piaget, ao revelar que os estudantes ainda estão desenvolvendo estruturas cognitivas mais elaboradas para operar com abstrações, e com Vygotsky, na medida em que demonstra a necessidade de mediação docente e interação social para promover avanços conceituais mais sólidos.

Diante das análises realizadas ao longo deste capítulo, torna-se evidente que a aplicação da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) possibilitou aos estudantes avançar em sua compreensão sobre o conceito de isomeria, especialmente no que se refere à isomeria plana e à isomeria óptica. Os resultados obtidos nas diferentes atividades e nas avaliações demonstraram tanto avanços significativos quanto limitações pontuais, muitas delas relacionadas às dificuldades já apontadas no referencial teórico, como a articulação entre representações químicas, domínio da linguagem científica e capacidade de argumentação.

Observou-se que a mediação pedagógica, o trabalho colaborativo e a problematização foram elementos essenciais para favorecer a aprendizagem, em consonância com os pressupostos de Vygotsky, Piaget e Carvalho. Assim, os dados discutidos neste capítulo reforçam o potencial das metodologias de aprendizagem ativas, como a SEI aliada ao jigsaw, na construção de saberes significativos no ensino de Química. No capítulo seguinte, serão apresentadas as considerações finais desta pesquisa, com destaque para as contribuições do estudo, suas limitações e perspectivas futuras para o ensino e a pesquisa na área.

6. PRODUTO EDUCACIONAL

O produto final desse trabalho é um guia didático (Apêndice F) destinado aos profissionais da Educação Básica do Ensino Médio no componente curricular de Química, sobre a temática “Isomeria Óptica” e tem por finalidade servir como troca de experiências, inspiração e auxiliar os educadores na prática pedagógica, uma vez que as atividades a serem desenvolvidas podem ser selecionadas, alteradas de acordo com o tempo disponível para a sequência didática de acordo com a realidade escolar do educador.

O produto educacional para professores é de caráter instrucional e descreve uma sequência didática a qual visa orientar os educandos na realização do processo de ensino-aprendizagem. O material é organizado em sete encontros. Cada encontro apresenta sugestões para que a aplicação se torne possível e, caso necessário, sejam feitas alterações. Uma adaptação foi realizada e segue apresentada.

Aqui, a Isomeria Óptica é trabalhada através de uma SEI, que segundo Carvalho (2013) visa criar um ambiente investigativo dentro das aulas de ciências para que o professor possa mediar o conhecimento e de forma gradativa alfabetizá-lo cientificamente. Além disso, a SEI proporciona aos alunos a valorização de seus conhecimentos prévios e a possibilidade de transformar um conhecimento espontâneo em científico (CARVALHO, 2013).

Após a conclusão do presente trabalho, o guia didático do professor intitulado “Isomeria Óptica e os Diamantes do Suco de Uva” estará disponível, de forma digital aos professores interessados na página do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo geral compreender a evolução do conceito de isomeria óptica entre estudantes do ensino médio por meio da aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), associada à estratégia didática Jigsaw, fundamentada nas concepções prévias dos alunos e apoiada em uma abordagem construtivista. Para isso, foram definidos objetivos específicos que incluíram: identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre isomeria; elaborar e aplicar uma SEI que promovesse a construção progressiva do conceito de isomeria óptica; analisar as dificuldades conceituais evidenciadas ao longo da sequência; e avaliar o impacto da metodologia no processo de ensino-aprendizagem.

Através da análise da SEI, na perspectiva da teoria de desenvolvimento proposta por Vygotsky, percebe-se que as ações mediadoras realizadas pela professora foram fundamentais para que efetivas aprendizagens se concretizassem. As etapas da SEI foram planejadas de acordo com a evolução dos estudantes em cada momento, levando-se em consideração a zona de desenvolvimento proximal.

O papel de mediação pedagógica que o professor exerce é decisivo no processo de desenvolvimento cognitivo dos estudantes dentro da escola, pois ele tem uma visão global de todas as etapas que devem ser seguidas para que determinado conteúdo seja assimilado dentro de uma sequência de aulas por ele planejadas. A proposição de SEIs permite que se desenvolva um ensino problematizador que leva os estudantes a (re) construir conhecimentos científicos. Dessa maneira, aplicando-se a proposta do ensino investigativo, à luz da teoria de Vygotsky e Piaget, foi possível compreender os processos de desenvolvimento dos aprendizes dentro da escola, por meio da mediação pedagógica realizada pela professora.

O processo de mediação pedagógica pode modificar o ambiente dentro da escola, tornando-o mais acolhedor e interessante para os estudantes, fazendo com que se envolvam nas aulas de maneira livre e não coercitiva. De acordo com Ribeiro (2007), o professor através de sua ação mediadora pode “trabalhar com o ambiente e a experiência dos estudantes e conseguir que cheguem à construção de conhecimentos através da interferência nesse ambiente dispondo de elementos e atividades”. Dessa maneira, o professor promove na sala de aula, um ambiente

propício às trocas sociais e ao processo das aprendizagens. Agindo assim, o professor permite que os estudantes se tornem sujeitos de seu processo de desenvolvimento.

O planejamento da sequência didática incluiu a problematização e todas etapas de uma SEI com o intuito de envolver os estudantes no processo de construção de conhecimento. Em relação ao objetivo geral (desenvolver o conceito de Isomeria Óptica por meio de uma sequência didática para a construção e potencialização de aprendizagem conceitual dos alunos), os resultados extraídos ao longo das aulas de maneira qualitativa e quantitativa apontam que os alunos conseguiram atingir parcialmente a compreensão do conceito de isomeria ótica das cadeias carbônicas.

No que se refere aos objetivos específicos, o diagnóstico das principais dificuldades de aprendizagem em relação ao conteúdo proposto foi concretizado com muito êxito, foi notável que um dos maiores obstáculos da turma é assimilar os conceitos de polarização da luz, conceitos vinculados à física e atividade óptica vinculada à química, a visualização da estrutura das moléculas no espaço, se sua imagem especular é sobreponível ou não por parte dos alunos. Além disso, perceber qual é o carbono quiral.

A quiralidade dos carbonos, é o que normalmente caracteriza se a estrutura apresenta ou não isomeria óptica, mas para perceber se um carbono é quiral, é preciso observar a estrutura carbônica num campo tridimensional, ou seja, altura, profundidade e largura. Sulzbach (2017) cita Raupp (2010), dizendo que a maior dificuldade dos educandos, em isomeria óptica, se dá pela falta de compreensão dos problemas no nível tridimensional.

A aplicação da sequência didática foi bem-sucedida com o apoio da escola e da turma, não se pode afirmar que todos os alunos gostaram e envolveram-se nas atividades aplicadas ao longo dos sete encontros, como esperado alguns não efetuaram todas as etapas da SEI por conta de ausência nas aulas, enquanto outros não se engajaram nas atividades em grupo ou individualmente, por falta de interesse nos estudos em geral.

De acordo com Sulzbach (2017) este assunto tem sido tratado como irrelevante, complexo e desnecessário pelos estudantes, devido à falta de contextualização nas aulas de química. Destaca-se que os objetivos específicos deste estudo, além de promover a compreensão de Isomeria Óptica, também é esclarecer a presença deste assunto em várias situações do cotidiano dos estudantes, o relacionando com diversas problemáticas que surgem da vida em sociedade.

No terceiro objetivo proposto, os métodos selecionados foram satisfatórios, ao investigarem uma solução para o problema proposto os alunos esbarraram em outros questionamentos ligados ao assunto, levando-os a investigarem e levantarem várias hipóteses e tópicos referente ao tema. O tema referente aos diamantes do suco de uva, estimulou a curiosidade deles pelo assunto e o quanto a isomeria óptica está presente no cotidiano. Muitos ficaram perplexos com as descobertas que fizeram durante o levantamento da solução do problema.

A participação na sistematização em grupo e na escrita individual demonstrou a dificuldade em transcrever as ideias em um papel de forma sucinta e organizada, e a dificuldade dos estudantes com personalidade mais introspectiva de expor as hipóteses oralmente durante a sistematização.

É importante que o professor coloque em prática diversas metodologias de ensino que estão ao seu alcance para tentar despertar no aluno o sentido da participação escolar, bem como o seu papel da escola na sua formação profissional e social. Dessa forma, um dos recursos adotados foi o Jigsaw. É perceptível que o método Jigsaw não se trata apenas de trabalho em grupo como muitos professores costumam utilizar, na verdade, o método dá ênfase tanto à responsabilidade individual quanto em equipe para que a atividade seja eficaz. Uma das vantagens proporcionadas pela utilização do Jigsaw é a dinâmica em sala de aula que possibilita uma maior interação entre os alunos, destruindo possíveis barreiras que possam existir

No início da aplicação, os alunos não conseguiram entender do que se tratava a atividade, pois por ser uma metodologia inédita para a turma e tratando-se da obediência às etapas específicas ficou um pouco confuso para os discentes o objetivo e a função deles em cada etapa. Para facilitar, foi feita uma pausa na atividade e uma retomada na explicação das regras, discutindo os objetivos de cada etapa e o objetivo final.

Na sala de aula, ao invés de uma aula expositiva sobre a isomeria óptica, os estudantes puderam interagir com os colegas de classe e cooperar uns com os outros através de discussões para a resolução de uma situação-problema. Constata-se, desta forma, que os resultados explicitaram êxito na compreensão do assunto tematizado e na realização das atividades propostas. Os estudantes socializaram suas ideias, dialogando e argumentando entre si no processo de construção do conhecimento. Além disso, o desenvolvimento diversificado da aula tornou o processo mais atrativo, convidativo, promovendo o engajamento e permitindo o

diálogo entre os conhecimentos científicos e cotidiano. Toda essa constatação se alinha ao propósito de deixar o estudante o tempo todo ativo no seu processo de ensino e aprendizagem.

A atividade envolvendo a contextualização e modelagem das moléculas orgânicas, com os recursos viáveis e baratos, facilitaram a compreensão do conteúdo ao transpor o nível microscópico para o macroscópico, alcançando o objetivo proposto: propor aos alunos métodos de identificar e diferenciar isômeros ópticos.

O interesse pelo conteúdo se deu à medida que os discentes tiveram uma participação ativa no momento de construir os modelos, com autonomia para decidirem pela melhor forma de iniciar a construção das moléculas. O comportamento observado vai ao encontro do estudo de Justi (2010), que afirma que: “a construção de modelos é um processo dinâmico e criativo, que envolve uma grande quantidade de habilidade” (p. 223).

Com software *MolView*, é possível ver diversas moléculas em 3D e ainda melhorar seus conhecimentos em Química. Além de consultar os formatos das moléculas em 2D e 3D, é possível editar as moléculas e montar combinações novas, criando sua própria molécula. Grande parte deles apresentou facilidade no uso do programa e demonstraram motivação por conhecer um ambiente novo, que ainda não tinham tido contato. Os programas computacionais auxiliariam tanto o estudante quanto o professor na visualização e disposição espacial e geométrica de uma molécula, além do que as simulações computacionais possibilitam um ambiente interativo no qual é possível manipular modelos e obter resultados imediatos, em tempo real (EICHLER; DEL PINO, 2000).

O método como o tema e conteúdo foi exposto possibilitou uma variedade de novidades para os discentes, as aulas mais dinâmicas conseguiram diminuir o aspecto tradicionalista das aulas, a contextualização entre as esferas científicas e cultural proporcionaram para os discentes uma visão contextualizada da química.

Sugere-se, como continuidade desta pesquisa, a ampliação do uso da SEI em diferentes turmas e níveis de ensino, incluindo a realização de estudos comparativos com outras metodologias de ensino. Além disso, recomenda-se o uso de recursos digitais interativos, como simuladores moleculares, e o aprofundamento das práticas de avaliação formativa, com foco no desenvolvimento da linguagem científica. Acredita-se que os resultados aqui apresentados possam contribuir com professores de Química e formadores de professores, oferecendo

subsídios para práticas pedagógicas mais significativas, investigativas e integradas ao cotidiano dos estudantes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Luiza dos Santos Oliveira. *Uso das TIC'S como estratégia facilitadora para o ensino-aprendizagem de isomeria óptica no ensino médio: desenvolvendo um aplicativo para a simulação de um polarímetro.* Seropédica,RJ, 2022. Disponível em: <<https://rima.ufrj.br/jspui/bitstream/20.500.14407/15737/3/2022%20-%20Luiza%20dos%20Santos%20Oliveira%20Amorim.Pdf>>. Acesso em: 19.fev.2025.

AQUINO, Kátia Aparecida da Silva, [et al.]. Sala de Aula Invertida: Uma abordagem para o ensino de isomeria óptica através do contexto da suplementação proteica. *Scientia Naturalis*, Rio Branco, v.3, n.4, p. 1887- 1897, 2021.

BAGATIN, Olga, [et al.]. Rotação de luz polarizada por moléculas quirais: Uma abordagem histórica com proposta de trabalho em sala de aula. *Química Nova Escola*. N° 21, maio 2005. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc21/v21a07.pdf>> Acesso em: 19.fev.2025.

BARREIRO, Águida Celina de Méo; NASCIMENTO, Otaciro Rangel. A participação de alunos na correção das provas de uma disciplina de física no ensino superior. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [S. l.]*, v. 17, n. 3, p. 295–306, 2000. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6762>>. Acesso em: 13 abr. 2025.

CANTO, Eduardo Leite do. *Química na abordagem do cotidiano*, 3. 1. ed. - São Paulo: Saraiva, 2016. p.95-115.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.* Tradução. São Paulo: Cengage Learning, 2022. Disponível em:<<https://repositorio.usp.br/item/003157269>>. Acesso em: 12 abr. 2025.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). *O Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática.* São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas.* In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.* 1ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, v. 1.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. *Ensino de Física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino sobre calor e temperatura/Physics teaching by inquiry: theoretical references and the researches on inquiry-based teaching sequence.* *Ensino em Re-Vista, [S. l.],* v. 22, n. 2, p. 249–256, 2016. DOI: 10.14393/ER-v22n2a2015-1. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/34452>. Acesso em: 12 abr. 2025.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino por Investigação: As pesquisas que desenvolvemos no LaPEF. *Experiências em Ensino de Ciências.* V.16, N.3, 2021.

CASTRO, A.M.B. O desenvolvimento da criatividade e da autonomia na escola: o que nos dizem Piaget e Vygotsky. *Revista Psicopedagogia,* São Paulo, v.23, n. 70, 2006. Disponível em: <https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862006000100007>. Acesso em: 02.mai.2024

CATELLI, Francisco; Pauletti, Fabiana. Um estudo de caso: programas computacionais mediando o ensino de isomeria geométrica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia,* Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 250-269, 2018. Disponível em:< <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/5759>>. Acesso em: 12.mar.2025.

CCAS, Conselho Científico Agro Sustentável. *Jóias de Cristais do Vinho.* Disponível em:< <https://agriculturasustentavel.org.br/artigo/joias-de-cristais-do-vinho>>. Acesso em: 20.jan.2025.

COELHO, Fernando, A.S. Fármacos e Quiralidade. *Nova Escola.* Nº3- maio, 2021. Disponível em:< <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/03/quiral.pdf>>. Acesso em: 10.mar.2025.

COGO, Thaís Cristina; LEITE, Rosana Franzen. *Ensino de Ciências por Investigação: Uma Análise Conceitual da BNCC.* Disponível em: <<https://www.fag.edu.br/novo/pg/congressoeducacao/arquivos/2019/ENSINO-DE-CIENCIAS-POR-INVESTIGACAO-UMA-ANALISE-CONCEITUAL-DA-BNCC.pdf>>. Acesso em: 02.mai.2024.

CONTER, Clarice; DOS SANTOS ALVES, Ana Cristina. Trabalho em grupo: Sentidos e significados na prática escolar. *Caderno Marista de Educação, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e39603, 2020.* Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/caderno-marista-de-educacao/article/view/39603>. Acesso em: 12 abr. 2025.

COSTA, Edwaldo; PORTARI, Rodrigo. *O processo de ensino-aprendizagem na sociedade da informação.* Ponta Grossa-PR: Atena, 2021. Disponível em: <Ebook - O processo de ensino-aprendizagem na sociedade da informaçãoAtena Editora>. Acesso em: 19.fev.2025.

DUARTE, Kátia Pereira. *Uma proposta para o ensino de termoquímica através de uma sequência didática.* Dissertação (Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017. Disponível em: <<https://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/tede/3620/2/PDF%20-%20K%c3%a1tia%20Pereira%20Duarte.pdf>>. Acesso em: 20.jan.2025.

FACHINI, Daniela. *Proposta de uma sequência didática investigativa para o ensino de funções orgânicas no ensino médio.* Porto Alegre, 2024. Disponível em:<<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/280282/001198256.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20.jan.2025.

FÉLIX, Maria Elisabeth Oliveira; LIMA, Bruna Tayane Silva. As metodologias ativas na construção do conhecimento científico: utilização do método JigSaw (quebra cabeças) e mapa conceitual para o ensino de funções oxigenadas. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, Ponta Grossa, v.14, n. 1, p. 139–158, jan./abr. 2021.* Disponível em: Acesso em: 20.jan.2025.

FERRACIOLI, Laércio. Aprendizagem, desenvolvimento e conhecimento na obra de Jean Piaget: uma análise do processo de ensino-aprendizagem em Ciências. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 80, n. 194, p. 5-18, jan/abr. 1999. Disponível em:<<https://rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/rbep/article/view/1252/991>>. Acesso em: 02.mai.2024

FONSECA, Martha Reis Marques da. *Química: ensino médio / 2. ed.* -- São Paulo: Ática, 2016. p. 119-135.

GEHLEN, Simoni Tormöhlen; DELIZOICOV, Demétrio. O papel do problema no ensino de ciências: compreensões de pesquisadores que se referenciam em Vygotsky. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v.15, n.2. p. 45-63, maio-ago, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/GDtN3cwjY5975DgjDSBhr8D/?format=pdf>>. Acesso em: 17.fev.2024.

JOHNSTONE, Alex H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 7, p. 75–83, 1991.

LEITE, Luciana Rodrigues; LIMA, José Ossian Gadelha de. O Aprendizado da Química na Concepção de professores e alunos do ensino médio: um estudo de caso. *Rev. Bras. Estud. Pedagog.* 96 (243) • Mai-Ago. 2015. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbeped/a/Z3qM9nR3H3XCDr3HGsx6pq#>>. Acesso em: 17.fev.2024.

LIMA, Vera Lucia Eifler. Os fármacos e a quiralidade: uma breve abordagem. *Química Nova*, 20(6), 1997. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/qn/a/kLchnKvkHLBthTdyBRRTvbx/?format=pdf>>. Acesso em: 10.mar.2025.

LIRA, Nathyelle Correia. *Estereoquímica de Fármacos*. Consultoria Acadêmica (Programa de Educação Tutorial) - Universidade Federal da Paraíba, 2019. Disponível em: <<https://www.ufpb.br/petfarmacia/contents/documentos/consultorias-academicas-2019/2a-consultoria-academica-nathyelle.pdf>>. Acesso em: 20.jan.2025.

LISBOA, Julio Cezar Foschini, [et al.]. *Ser protagonista: química, 3º ano: ensino médio/ 3.* ed. São Paulo: Edições SM, 2016. p. 148.158.

MACÊDO, Ricardo Silva de. *O ensino de ciências por investigação e a prática pedagógica de professores licenciados no IF-UFBA.* 2015. 361 f. Dissertação (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana (UFBA/UEFS), Salvador, 2015.

MENDONÇA, Ana Maria Gonçalves Duarte; PEREIRA, Darling de Lira. *Ensino de Química: Realidade Docente e a Importância da Experimentação para o Processo de Aprendizagem.* Disponível em:<
https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enid/2015/TRABALHO_EV043_MD1_SA12_ID1421_11072015131557.pdf>. Acesso em: 17.fev.2024

MOLVIEW. Disponível em: <https://molview.org/>. Acesso em: 22.jul.2025

MORTIMER, Eduardo Fleury. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências.* 1. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

PEREIRA, Lucas Matheus Rodrigues; SANTOS, Mirley Luciene dos. *Uso das sequências de ensino investigativas (SEI) nas aulas de ciências no ensino fundamental.* V Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual de Goiás.

PESSOA, Zenaura Sousa Sobrinho; CRUSOÉ, CRUSOÉ, Nilma Margarida de Castro. A técnica de análise de conteúdo na pesquisa qualitativa: práticas de formação continuada para as coordenadoras pedagógicas do município de Cordeiros-Bahia. *Momento - Diálogos em Educação, [S. l.], v. 31, n. 03, p. 161–178, 2022.* DOI: 10.14295/momento.v31i03.14305. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/momento/article/view/14305>>. Acesso em: 12 abr. 2025. 19.fev.2025.

RIBEIRO, Débora de Lima. *Avaliação da aprendizagem e sequência didática no ensino de produção escrita: aspectos formativos.* Dissertação (Mestrado Profissional em Linguística e

Ensino) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Note/Downloads/arquivototal.pdf>. Acesso em: 20.jan.2025.

SANTOS, Danilo Oliveira. *Estudo de Isomeria por meio de modelos didáticos construídos pelos estudantes.* Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 06, Vol. 08, pp. 38-48. Junho de 2020. Disponível em:<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/quimica/modelos-didaticos>. Acesso em: 19.fev.2025.

SANTOS, João Paulo da Silva. Ensino de ciências por investigação: um estudo de caso em aulas de química no projeto de correção de fluxo travessia médio em Pernambuco. *Editora Realize*, Paraíba, 2016. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/cintedi/2016/TRABALHO_EV060_MD1_SA16_ID3802_23102016235050.pdf>. Acesso em: 02.mai.2024.

SASSERON, Lucia Helena. *O Ensino por Investigação: Pressupostos e Práticas.* Univesp. São Paulo, p.116-124. Disponível em: <https://midia.atp.usp.br/plc/plc0704/impressos/plc0704_12.pdf> . Acesso em: 02.mai.2024.

SILVA, Alanis Luckwu da; ARAÚJO, Liderlânio Almeida de; LEITE, Lúcia Fernanda Cavalcanti da Costa. A Webquest to promote Significant Learning in Optical Isomery teaching. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e31810817346, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17346. Disponível em:<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17346>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SILVESTRE, Gisele. Tragédia da Talidomida- Divisor de águas na regulamentação de medicamento. *Blogs de Ciência da Universidade Estadual de Campinas- Quimikinha*, 2018. Disponível em: <https://www.blogs.unicamp.br/quimikinha/2018/05/07/tragedia-da-talidomida-divisor-de-aguas-na-regulamentacao-de-medicamento/>. Acesso em: 10.mar.2025.

SODRÉ, Ana Patrícia dos Santos. Contribuições de Vygotsky ao ensino de ciências: uma revisão integrativa dos trabalhos submetidos ao ENPEC 2019. *Editora Realize*, Paraíba, 2021.

Disponível em: <
https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2021/TRABALHO_EV150_MD1_SA116_ID2562_20072021114803.pdf>. Acesso em: 17.fev.2024.

SOUZA, Jane da Paz Pontes. *Sequência de Ensino Investigativa para Aprendizagem Significativa na área de química: uma contextualização com alimentos*. São Luís, 2021.

Disponível em: <
<https://repositorio.uema.br/bitstream/123456789/1362/1/DISSERTA%20E%20PRODUTO.pdf>>. Acesso em: 20.jan.2025.

SOUZA, Raquel Aparecida; Graciano, Marlene Ribeiro da Silva; FIELD'S, Karla Amâncio Pinto. *Ensino por Investigação, alfabetização científica e tecnológica: pesquisas, reflexões e experiências*. Goiânia: Kelps, 2018.

TABER, Keith. (2013). *Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education*. Chem. Educ. Res. Pract.. 14. 10.1039/C3RP00012E.

APÊNDICES

9. APÊNDICE A

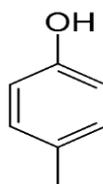
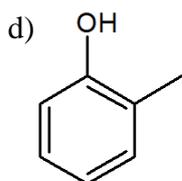
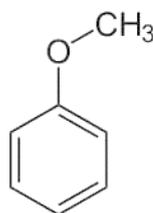
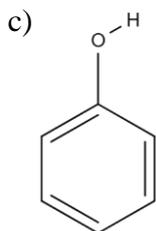
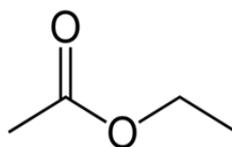
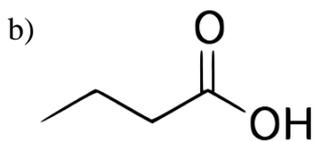
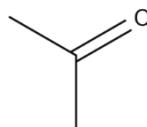
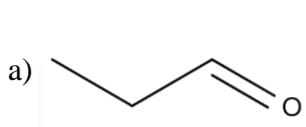
PRÉ-QUESTIONÁRIO:

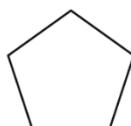
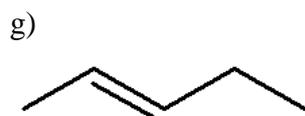
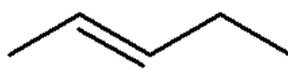
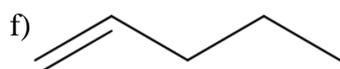
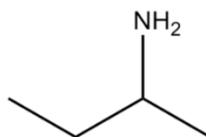
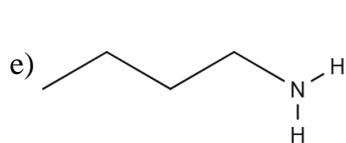
Questão 1: Os dois compostos $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ e $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ demonstram que caso de isomeria?

Questão 2: O ciclo butano e but-2-eno são isômeros de:

Questão 3: São isômeros funcionais:

Questão 4: Identifique o caso de isomeria presente nas cadeias:





Questão 5: Butanal e metil-propanal são isômeros de:

Questão 6: Dado os compostos:

- I. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_3$
- II. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$
- III. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHO}$
- IV. $\text{CH}_3\text{-CH-OH-CH}_3$

São isômeros somente as substâncias:

10. APÊNDICE B

Já aconteceu de você tomar um delicioso suco de uva e no final da garrafa encontrar cristais? Ou vê-los depositados no fundo do copo? Esses cristais, carinhosamente conhecidos por muitos profissionais da indústria vitivinícola como “diamantes de vinho” e são pequenos depósitos que ocorrem em sucos e vinhos naturalmente.

O primeiro cientista a estudar esses cristais o francês Louis Pasteur, em 1846, e ele observou, com o auxílio de um microscópio, que haviam dois tipos diferentes de cristais que eram a imagem especular um do outro. Pasteur, comparou as propriedades químicas e físicas de ambos os cristais.

Você já ouviu falar desses cristais? Sabe do que se trata? Você imagina o que ele de fato descobriu sobre as propriedades químicas desse composto?



11. APÊNDICE C

Texto 1: Talidomida

Em 1960, a talidomida, um medicamento inicialmente produzido com a finalidade de promover um efeito sedativo, e que posteriormente foi amplamente utilizado na minimização de enjoos matinais, ocasionados principalmente pela gestação, foi responsável por um dos principais desastres na indústria farmacêutica. As descobertas apontaram que entre 8.000 a 10.000 crianças nasceram com malformações nas orelhas, olhos, membros, coração e rins, desse modo, esse medicamento foi retirado do mercado (GARCIA; MIYAMOTO, 2016).

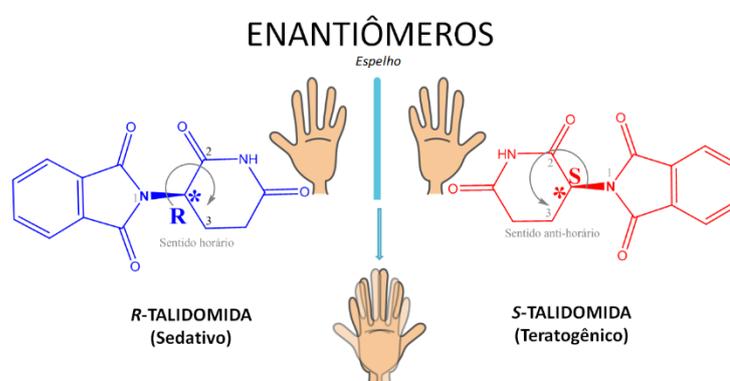


Figura. Estrutura dos enantiômeros – As talidomidas *R* e *S* são isômeros cujas moléculas são imagens espaciais (um composto é a imagem no espelho do outro composto) e não são sobreponíveis (não podem ser sobrepostas integralmente, sendo dois compostos diferentes).

Em 1959, um número crescente de recém-nascidos começou a ser relatado com um fenótipo chamado focomelia, uma rara deformidade congênita, no qual as mãos ou pés estão presos perto do tronco, estando os membros grosseiramente subdesenvolvidos ou ausentes. No entanto, foi apenas no final de 1961 que o pesquisador Lenz sugeriu uma possível ligação entre o surgimento súbito dessas anomalias congênitas e o uso da talidomida durante a gravidez.

Embora a teratogênese da talidomida, ainda não tivesse sido comprovada experimentalmente, a talidomida foi rapidamente retirada do mercado na Alemanha e na Inglaterra, e mais tarde em vários outros países. A talidomida, além de provocar alterações dos membros superiores e inferiores, pode provocar defeitos visuais, auditivos, problemas na

coluna vertebral e, em casos mais raros, defeitos cardíacos e no tubo digestivo. Foram mais de 10.000 pessoas afetadas pelo efeito colateral da talidomida em todo o mundo.

Embora tenha sido retirado do mercado devido a efeitos teratogênicos, depois de novos estudos ela foi reintroduzida ao mercado na década de 90. A talidomida tem sido utilizada em todo o mundo para tratar com sucesso uma ampla gama de doenças, incluindo a lepra, a doença de Crohn, o mieloma múltiplo e alguns tipos de câncer. O principal uso da talidomida no Brasil é para tratamento de hanseníase (Eritema Nodoso Hansênico).

Texto 2: Aspartame

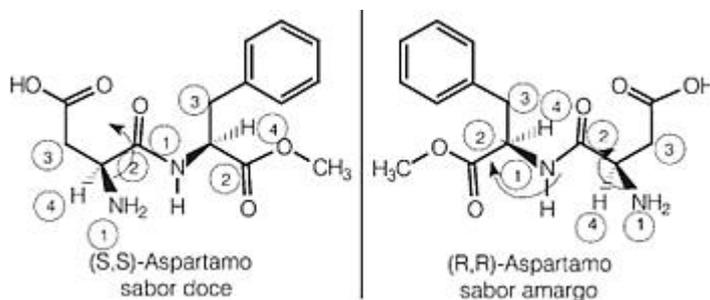
O **aspartame** é um composto orgânico muito usado como adoçante por ser 180 vezes mais doce do que o açúcar (sacarose). Esse composto orgânico de função mista foi descoberto em 1965 e é composto por dois aminoácidos (L-fenilalanina e L-aspártico) ligados por um éster de metila (metanol). O aspartame **é um dos adoçantes sintéticos mais utilizados no mundo inteiro**. Ele é classificado como edulcorante, ou seja, é toda substância que confere sabor doce ao alimento e/ou ressalta ou realça o sabor/aroma de um alimento.

Quanto à produção, acontece que, conforme você pode visualizar na fórmula do aspartame, ele possui dois carbonos assimétricos ou quirais (carbonos que estão ligados aos átomos de nitrogênio), ou seja, que possuem os seus quatro ligantes diferentes. O resultado é que podem surgir configurações diferentes para as posições dos átomos no espaço.

Por isso, **o aspartame possui quatro enantiômeros**. Os enantiômeros são isômeros ópticos, isto é, compostos que possuem a mesma fórmula molecular (têm os átomos dos mesmos elementos e na mesma quantidade), mas que se diferenciam pelo arranjo espacial desses átomos, sendo que esses enantiômeros são exatamente a imagem especular um do outro e não são sobreponíveis. Os isômeros ópticos são aqueles que desviam o plano de luz polarizada, sendo que cada um rotaciona a luz polarizada para um sentido contrário ao que o outro rotaciona.

O resultado é que **esses enantiômeros possuem propriedades totalmente diferentes**. Você pode verificar isso abaixo: veja que o enantiômero (S,S)-aspartame é o que possui sabor

adocicado e que é usado como adoçante, enquanto o seu enantiômero (R,R)-aspartame possui sabor amargo:



Fonte: Mundo Educação

Assim, as indústrias alimentícias precisam tomar cuidado no momento da produção para sintetizar o enantiômero correto. No entanto, **o efeito mais importante dos enantiômeros é o efeito biológico**. No caso do S,S-Aspartame, quando a pessoa o ingere, ele sofre hidrólise no organismo, gerando ácido aspártico, fenilalanina e metanol. O metanol é um composto tóxico, porém, ele não é uma preocupação, pois é produzido em uma quantidade tão pequena que não afeta o organismo.

A questão importante é a produção de fenilalanina. Quem possui uma doença metabólica denominada fenilcetonúria não deve consumir o adoçante feito de aspartame porque essas pessoas não possuem a enzima que transforma a fenilalanina, assim, ela vai se acumulando no organismo, o que causará danos ao sistema nervoso.

Texto 3: O fenômeno da quiralidade e os diferentes aromas dos óleos essenciais

O Brasil possui uma riqueza e diversidade incontestável em sua fauna e flora, podendo ser extraído deste último uma infinidade de compostos de grandes valores econômicos e industriais, como os óleos essenciais. Os óleos essenciais podem ser definidos como compostos voláteis, presentes em concentrações diferentes em cada vegetal, e que apresentam como principais características potencial odorífero, serem lipofílicos e apresentarem propriedades terapêuticas Silva (2011). Outras características encontradas nos óleos essenciais são “atividades farmacológicas, como antisséptica, anti-inflamatória, antimicrobiana entre outras,

por esse motivo são utilizados na medicina popular e na fabricação de medicamentos” Silva (2011) apud Simões et al. (2007).

Segundo Alves (2014), os óleos essenciais são formados por vários compostos químicos, sendo a classe dos terpenos/terpenóides a predominante. Os terpenos, podem ser definidos, quimicamente, como sendo “alcenos naturais”, enquanto os terpenóides, como terpenos que apresentam oxigênio, apresentando diferentes funções orgânicas como: “ácidos, álcoois, aldeídos, cetonas, éteres, fenóis ou epóxidos terpênicos”, sendo estes os principais responsáveis pelo aroma/odor ou as pigmentações das diversas partes que formam os vegetais (Felipe e Bicas, 2017). Na ilustração abaixo (Figura 3), pode-se observar a estrutura química destes compostos.

A presença dos carbonos quirais em compostos odoríferos, permitindo o desenvolvimento de atividades ópticas, “pode conferir notas aromáticas completamente diferentes umas das outras” (Felipe e Bicas, (2017). Outra característica sobre a presença de carbonos assimétricos nestes compostos, é a diferença em possíveis propriedades biológicas e terapêuticas Sharmeen et al., (2021).

Sobre este impacto que a presença de carbonos assimétricos/isomeria óptica, em compostos orgânicos naturais causa em seus aromas e atividades biológicas e terapêuticas, Silva (2011) apud Brenna et al., (2003) relata que muitos pesquisadores têm buscado entender a correlação entre a quantidade de enantiômeros nos compostos e a “configuração absoluta odorantes naturais empregados em perfumaria, alimentos”.

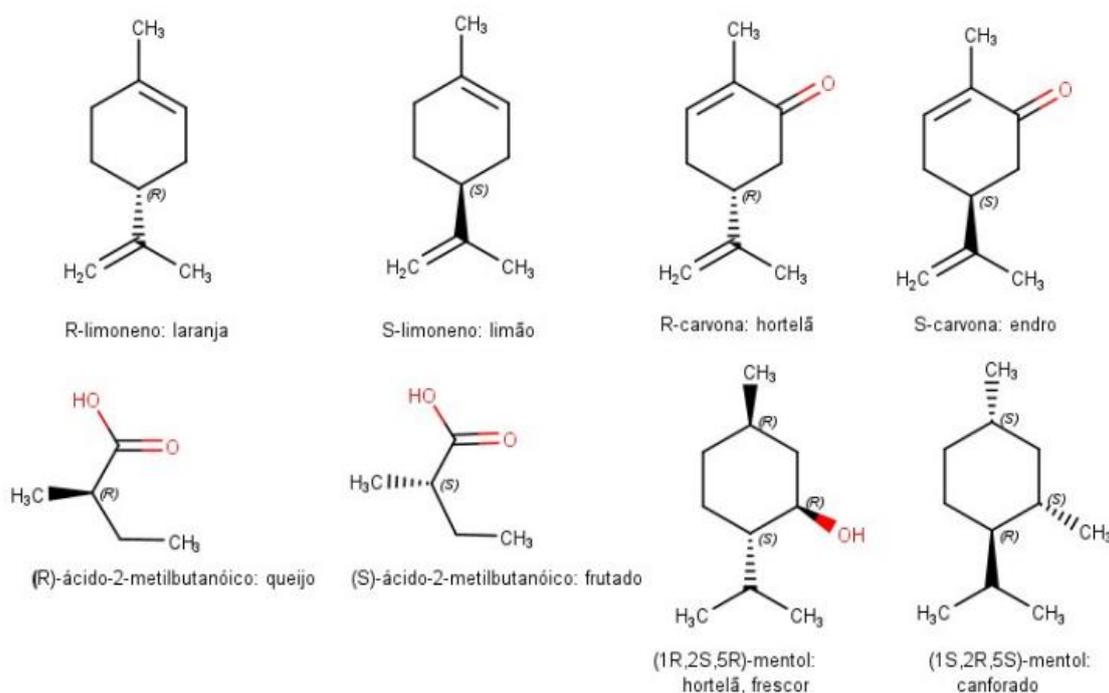


Figura 4: Impacto do isomerismo óptico na percepção de diferentes compostos de aroma

Texto 4: Quiralidade e atividade biológica

Existe nas farmácias da sua cidade uma série de substâncias, utilizadas como fármacos, que apresentam em sua estrutura um carbono assimétrico. A supressão da quiralidade nesses fármacos leva ao desaparecimento da atividade biológica. Por outro lado, a inversão da orientação dos grupamentos no centro assimétrico pode levar a uma modificação importante da atividade biológica.

Um fármaco pode exercer a sua atividade no interior do nosso corpo (biofase) de várias formas. Uma dessas formas é através da interação com estruturas chamadas receptores, que são proteínas de elevado grau de organização espacial, que se encontram na membrana da célula. Esses receptores agem como pequenos interruptores de grande seletividade. Uma vez ligados, eles podem desencadear uma série de reações intracelulares para dar origem a um efeito biológico. Um fármaco também pode interagir com uma enzima, que é uma proteína de elevado nível de organização. Se essas estruturas têm quiralidade, podemos sugerir que para ter interação com elas, o fármaco deve ter um arranjo espacial de sua estrutura muito bem definido. Esse arranjo deve coincidir com aquele da estrutura com a qual ele irá interagir. Em um arranjo,

a interação do fármaco pode ocorrer, no outro ela só ocorre parcialmente. Por exemplo, a noradrenalina é um hormônio liberado pelo organismo humano quando precisamos de uma dose de energia imediata. É o hormônio lute ou fuja, liberado em situações em que você precisa de maior atenção. Por exemplo, quando se toma um susto brutal e o coração bate mais rápido, ou quando vai-se brigar com alguém ou então vai-se fugir da briga. Esse hormônio apresenta na sua estrutura um centro assimétrico, de configuração absoluta R (Figura 15).

Qualquer mudança de orientação espacial do carbono assimétrico leva, na quase totalidade dos casos, a uma alteração no meio biológico.

Tabela 1. Alguns exemplos de atividades biológicas exercidas por formas enantioméricas puras (modificada de A. R. Fassihi, Ref. 11).

Fármaco	Efeito
etambutol	Forma SS: tuberculostático Forma RR: pode provocar cegueira
estrona	Forma (+): hormônio estrogênico Forma (-): inativo
adrenalina	A forma levogira é 20 vezes mais ativa e igualmente mais tóxica
salbutamol	Forma R(-) é 80 vezes mais ativo que a forma S(+)
Anfetamina	A forma dextrogira é 2 vezes mais ativa que o enantiômero (-)
Bupivacaína	Forma (±): ambos os isômeros possuem atividade anestésica local, mas apenas o isômero (-) apresenta ação vasoconstritora, prolongando assim a ação anestésica local.

12. APÊNDICE D

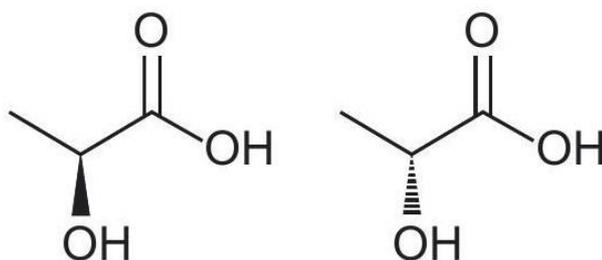
Avaliação de: Química Ano: 3° Turma: Professora:
 Nome do Aluno: _____ N° ____ Data: __/__/ Nota Final
 EAC Avaliação Parcial Avaliação Geral Trabalho

1) Complete a seguinte frase com as palavras corretas:

Quando duas moléculas diferentes são imagens espelhadas não sobreponíveis uma da outra, estas moléculas são consideradas _____; a condição para a ocorrência desta situação é que as moléculas sejam_____.

2) Considere dois fármacos que são isômeros ópticos e que possuem a mesma fórmula molecular, mas não são sobreponíveis na imagem espelho. Um deles é responsável por um efeito terapêutico desejado, enquanto o outro é inativo. Explique, com base na isomeria óptica, por que esses compostos podem ter propriedades biológicas tão distintas, e discuta a importância desse fenômeno na farmacologia. Além disso, identifique o que caracteriza um carbono quiral e como sua presença leva à formação de isômeros ópticos.

3) Várias características e propriedades de moléculas orgânicas podem ser inferidas analisando sua fórmula estrutural. Entre as moléculas apresentadas, observa-se a ocorrência de qual isomeria?



4) No laboratório em que você trabalha, foi solicitada uma pesquisa e análise do uso da molécula de limoneno ($C_{10}H_{16}$), para a produção de um difusor de ambiente saudável capaz de afastar insetos indesejados como pernilongos. Ao chegar no laboratório procurando por tal composto, tendo em mãos apenas sua fórmula molecular, encontrou um frasco rotulado com a mesma fórmula. Porém, para a sua surpresa, ao preparar o difusor de ambiente e realizar testes o mesmo não afastou os pernilongos como esperado. O que pode ter acontecido para que o difusor preparado com a molécula de limoneno não afastasse os pernilongos como esperado?

13. ÂPENDICE E



Autoras



Gabriela Salvati Deconti

Professora de química há dois anos na rede estadual de ensino.

Graduada em Licenciatura Plena em Química pela Universidade de Caxias do Sul (UCS) e Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática pela UCS.



Fernanda Miotto

Atualmente é professora Adjunta I e colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul.

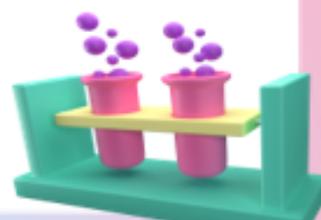
Possui doutorado (2016) e mestrado (2010) em Engenharia e Ciência dos Materiais (2010) e Licenciatura Plena em Química (2007) pela Universidade de Caxias do Sul (UCS).



gsdeconti@ucs.br
fmiotto@ucs.br

SUMÁRIO

1. Apresentação.....	4
2. Fundamentação Teórica.....	5
3. Sequência de Ensino Investigativo.....	6
4. Sugestões Iniciais.....	7
5. Planejamento.....	8
5.1. Encontro 1.....	9
5.2. Encontro 2.....	11
5.3. Encontro 3.....	12
5.4. Encontro 4.....	14
5.5. Encontro 5.....	15
5.6. Encontro 6.....	17
5.7. Encontro 7.....	20
6. Referências Bibliográficas.....	22
7. Apêndices.....	23
8. Anexos.....	34





1. Apresentação

Ao trabalhar o conceito de isomeria na disciplina de Química, por vezes o professor nota que os alunos apresentam dificuldades de compreensão, dado que é complexo reconhecer rapidamente que esse conceito estabelece que existe uma série de substâncias que, apesar de possuir a mesma fórmula molecular, dispõe de conectividades e/ou arranjos espaciais dos átomos diferentes, ocasionando então, propriedades também distintas (CORREIA, et al., 2010).

Portanto, uma sequência didática para o ensino de isomeria foi elaborada neste trabalho. As sequências de ensino investigativas (SEIs), isto é, sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas.

O objetivo geral da pesquisa é: **Desenvolver o conceito de Isomeria Óptica por meio de uma sequência didática para a construção e potencialização de aprendizagem conceitual dos alunos.**



Olá! Seja bem-vind@!

Este Guia Didático consiste no Produto Educacional vinculado à dissertação intitulada “Sequência de Ensino Investigativa no Estudo de Isomeria Óptica”. Esperamos que este Guia Didático possa contribuir para a prática docente no ensino de Isomeria Óptica.

**Abraço,
Autoras**



1. Apresentação

Avaliação do Produto Educacional (Critérios CAPES)

1. Coerência e Clareza da Proposta

- Objetivos alinhados à dissertação e ao programa de pós-graduação.
- A sequência didática é apresentada de forma organizada, com etapas, encontros e metodologias bem descritos.

2. Fundamentação Teórica

- Uso consistente de referenciais teóricos da área. A fundamentação justifica a escolha da metodologia investigativa e a relevância do tema isomeria óptica.

3. Originalidade e Inovação Didática

- Introdução de metodologias ativas (SEI, Jigsaw) e o uso de situações do cotidiano (cristais no suco de uva) aproxima a ciência da realidade do estudante.

4. Aplicabilidade no Contexto Escolar

- Possibilidade de adaptação a diferentes contextos escolares.

5. Contribuição para a Aprendizagem

- A sequência de ensino investigativo promove raciocínio, construção do conhecimento, investigação e participação ativa do aluno e avaliação formativa.

6. Impacto Social e Educacional

- As atividades valorizam o protagonismo estudantil, o contexto local e a interdisciplinaridade, apresentando relevância para melhoria do ensino de Química, inserção social e educacional.

7. Viabilidade e Sustentabilidade

- Custo acessível, fácil replicação por outros professores, com o uso de materiais de baixo custo e acessibilidade.

8. Qualidade Técnica e Estética do Material

- Clareza de escrita, organização visual e recursos didáticos de apoio, incluindo infográficos, quadros, sugestões práticas que facilitam a aplicação.



2. Fundamentação Teórica

A sala de aula é um espaço de encontro entre conhecimentos diversos. A relação pedagógica, composta pela tríade professor–alunos–conhecimentos, envolve diferentes dimensões, entre as quais podemos destacar: as de ordem afetiva, relacionadas às expectativas de cada um; as de ordem pedagógica, relacionadas aos recursos didáticos e diferentes estratégias de ensino que o professor tem à sua disposição, e as de ordem epistemológica, relacionadas às características do conhecimento que se deseja ensinar.

Se torna claro nas entrevistas piagetianas, a importância de um problema para o início da construção do conhecimento. Ao trazer esse conhecimento para o ensino em sala de aula, esse fato – propor um problema para que os alunos possam resolvê-lo – é o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino em que proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento.

Vigotsky dá muito valor ao papel do professor na construção do novo conhecimento, dentro de uma proposta sociointeracionista, mostrando este como um elaborador de questões que orientarão seus alunos potencializando a construção de novos conhecimentos.

A BNCC apresenta a premissa para a construção de conhecimentos com base na realidade local, por meio de contextos conhecidos e vivenciados pelos estudantes na sua comunidade. Assim, ao se pensar em atividades investigativas que envolvam o universo do estudante, abrem-se possibilidades de situá-lo historicamente no processo e torná-lo um agente participante da sociedade.

Assim, como problemática desta pesquisa, com base nas discussões teóricas, pretende-se compreender a evolução do conceito de isomeria para os estudantes do ensino médio utilizando uma sequência de ensino investigativas e jigsaw como estratégias de ensino fundamentadas em concepções prévias e subsidiadas pela evolução conceitual, dentro de uma abordagem construtivista.



3. Sequência de Ensino Investigativo

SEI é o encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento podem ser trabalhados.

Para Carvalho (2009), a SEI deve ser desenvolvida a partir da sistematização de uma série de ações ou etapas, a saber: o professor propõe o problema; os alunos agem sobre o objeto para ver como este reage; eles agem sobre o objeto para obter o efeito desejado; tomada de consciência e como foi produzido o efeito desejado, explicando como obtiveram o efeito desejado; apresentam as explicações casuais do porquê; realizam o registro da atividade em forma de desenho ou texto e, por fim, professor e alunos relacionam o conceito com o cotidiano.

O trabalho investigativo deve ser organizado pelo professor de modo que cumpra certas etapas, necessárias para a concretização da referida metodologia.

Figura 1 - Infográfico das etapas da SEI



4. Sugestões Iniciais

Olá professor (a)!

Algumas dicas serão apresentadas ao longo do material com o intuito de facilitar e aprimorar o guia dentro dos diferentes contextos escolares.

A sequência de ensino investigativa neste guia foi elaborada a partir da temática **"Isomeria Óptica"** e planejada para ser aplicada na disciplina de **Química**. No entanto, você pode adaptar essa sequência com outra temática e conforme a realidade da sua escola e alunos.

Lembre-se que em uma Sequência de Ensino Investigativo seguir as etapas é fundamental para uma atividade proveitosa.

Sugestão 1:

Você pode adaptar a SEI para qualquer área do conhecimento e para qualquer etapa do ensino fundamental ou médio. Invés de entregar uma problematização impressa, você pode realizar um experimento prático, trabalhar uma temática sugerida pelos discentes, de acordo com o seu ambiente escolar.

Sugestão 2:

Caso queira alterar a quantidade de encontros para aplicar a SEI, você pode simplificar algumas etapas e alterar alguma estratégia apresentada por outra que facilite a aplicação da SEI em sua turma.

Sugestão 3:

Caso a sua escola não tenha acesso a internet, chromebook, sala de informática, você pode adaptar a etapa de levantamento de hipóteses levando material impresso para a pesquisa ou proponha que os discentes façam um levantamento sobre a temática antes de aplicar o problema.



5. Planejamento

As atividades da sequência didática foram divididas em sete encontros realizados em um total de sete aulas de cinquenta minutos cada. O quadro organiza tais etapas de forma resumida. A descrição com mais detalhes será efetuada posteriormente, para melhor compreensão.



Quadro 2: Síntese das etapas do desenvolvimento da SEI

Encontro	Atividade	Objetivo	Etapa da SEI
1	Pré-questionário	Identificar as dificuldades de aprendizagem e verificar os conhecimentos dos alunos relacionados ao conteúdo de isomeria plana.	Contextualização
2	Aula de Revisão	Reforçar os conteúdos estudados até o momento e sanar dúvidas ainda existentes.	
3	Apresentação do problema	Instigar os alunos a propor hipóteses, alternativas para a resolução do problema a partir do compartilhamento de ideias entre e colegas de turma.	Problematização
4	Retomada das hipóteses e solução do problema	Construir uma resposta para o problema a partir das hipóteses (ideias) geradas pelos alunos.	Levantamento de Hipóteses
5	Sistematização Grande Grupo e Escrita Individual	Relembrar as etapas que realizou para solucionar o problema e auxiliar o aluno a estruturar o conhecimento.	Sistematização Coletiva e Individual.
6	Relacionando com o cotidiano (jigsaw)	Abordar o assunto em uma linguagem mais formal.	Sistematização Conceitual
7	Exercícios Contextualizados	Avaliar o conhecimento obtido pelos alunos ao final da sequência didática.	Avaliação





5.1 Encontro 1

Título do Encontro: Pré-questionário

Etapa da SEI: Contextualização



Resultados de aprendizagem esperados:

Verificar se os alunos compreenderam o conceito de isomeria plana.

Metodologia:

Para a aplicação desta sequência de ensino investigativa é necessário que a professora em aulas anteriores trabalhe com a turma o conceito de isomeria e a classificação da isomeria plana, assuntos que tradicionalmente são trabalhados antes de isomeria óptica.

Logo, seis exercícios (Apêndice A) são aplicados para serem realizados de maneira individual em sala de aula e entregues ao final da aula. Os exercícios pode ser escritos no quadro branco ou impressos e durante a execução os alunos podem utilizaram seu material de aula, ficando à critério da professora.

Avaliação: Exercícios aplicados.

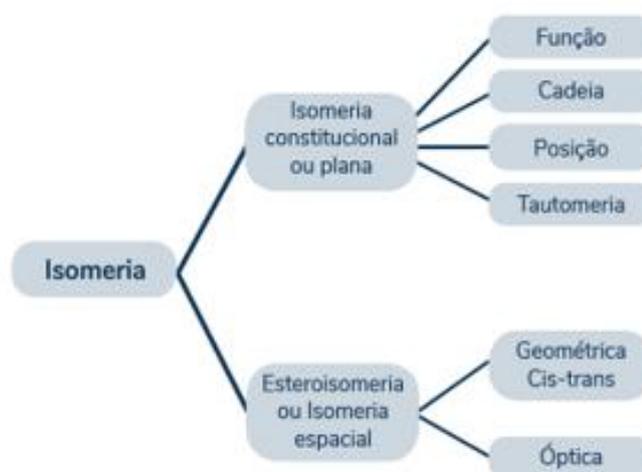
Material: Material de uso diário.



5.1 Encontro 1



Figura 2 - Organograma de Isomeria



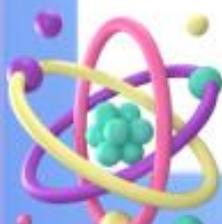
Fonte: A autora (2024).

Dica:

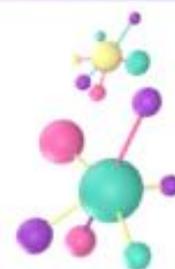
Se sobrar tempo de aula, entregar os exercícios respondidos de forma aleatória aos alunos, de maneira que nenhum fique com o seu e solicitar que eles façam a correção.

Dica:

Utilizar ferramentas online (socrative, kahoot) para a elaboração do questionário de revisão propondo uma competição entre os alunos.



5.2 Encontro 2



Título do Encontro: Revisão

Etapa da SEI: Contextualização

Resultados de aprendizagem esperados:

Sanar dúvidas ainda existentes.

Metodologia:

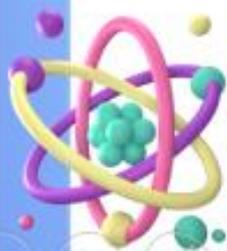
Realizar a correção dos exercícios, para estabelecer conexões entre os diferentes tópicos estudados e a serem estudados nas próximas aulas.

Avaliação: Participação dos alunos durante a atividade.

Material: Material de uso diário.

Dica:

Se houver necessidade,
propor mais atividades
em duplas.



5.3 Encontro 3



Título do Encontro: Apresentação do Problema

Etapa da SEI: Contextualização

Resultados de aprendizagem esperados:

Propor hipóteses e alternativas para a resolução do problema em grupos.

Metodologia:

Dividir a turma em pequenos grupos e posteriormente entregar o material teórico (anexo B) com o problema proposto. Conferir se todos os grupos compreendem o problema a ser resolvido, tendo o cuidado para não dar a solução .

O estudo de caso trata dos cristais encontrados no suco de uva de uma forma resumida, abordando o problema: *Você já ouviu falar desses cristais? Sabe do que se trata? Você imagina o que ele de fato descobriu sobre as propriedades químicas desse composto?*

Com os chromebooks disponibilizados pela escola, os alunos realizam buscas, a fim de, levantar respostas para resolver o problema e testar estas hipóteses de forma conjunta com os demais colegas.



5.3 Encontro 3



Avaliação: Interação entre os alunos durante a atividade e participação.

Material: Material de uso diário, Chromebook.

Dica:

Se a escola não contar com chromebook ou sala de informática entregar materiais didáticos impressos para leitura.

Dica:

A professora pode indicar os sites ou artigos em que alunos podem acessar.

Dica:

Levar uma garrada de suco de uva com os cristais formados para a visualização dos estudantes.



5.4 Encontro 4



Título do Encontro: Retomada das hipóteses e solução do problema

Etapa da SEI: Levantamento de Hipóteses

Resultados de aprendizagem esperados:
Apresentar uma resposta para o problema.

Metodologia:

Após as pesquisas utilizando os materiais teóricos, os grupos devem elaborar uma resposta para o problema a partir das hipóteses (ideias) geradas por eles, registrando suas observações e discutindo os resultados entre eles.

Hipóteses que devem ser apresentadas: a descoberta de Louis Pasteur, como aconteceu, detalhes da descoberta- o que são esses cristais, como eles se formam, conectar com o conteúdo de isomeria.

Avaliação: Participação dos alunos na pesquisa e integração no grupo.

Material: Material de uso diário, chromebook.

Dica:

Cada grupo deve eleger apenas uma hipótese para ser apresentada na sistematização coletiva.



Material complementar referente a *Cristais do Suco e a Isomeria Óptica*:
<https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a07.pdf>

5.5 Encontro 5



Título do Encontro: Sistematização Grande Grupo e Escrita Individual

Etapa da SEI: Sistematização Coletiva e Individual

Resultados de aprendizagem esperados:

Apresentar uma resposta para o problema.

Metodologia:

Organizar a classe para um debate entre todos os alunos e a professora. Os alunos podem ser dispostos em um grande círculo na sala de aula, para socializar suas respostas. Para isso, cada grupo pode eleger um aluno representante que faz a leitura da resposta do grupo.

Por meio de perguntas – especialmente “Como vocês conseguiram resolver o problema?”, “O que comprova que a hipótese do grupo é a mais coerente?” – a professora deve incentivar a participação de todos os estudantes no diálogo.

Em seguida, solicitar que eles escrevam de forma individual com suas próprias palavras, a conclusão do problema e entreguem a atividade.

Após a sistematização oral, para dar sequência na SEI, a docente realiza a explanação do conteúdo Isomeria Óptica utilizando um material teórico contido no Anexo A, podendo utilizar o quadro branco ou slides para expor o conteúdo.



5.5 Encontro 5

Avaliação: Registros escritos individualmente.

Material: Material de uso diário.

Dica:

Invés da escrita os alunos podem elaborar um mapa conceitual para expor o que compreendeu dessa etapa da SEI, mas mantendo o trabalho individual.

Dica:

O anexo B é somente uma sugestão de material teórico, para a explicação do conteúdo de isomeria óptica pode ser utilizado qualquer material conforme o ambiente escolar (slides, vídeos, livros).

Material complementar referente a Isomeria Óptica:

<https://drive.google.com/file/d/1DlYdgy0Xz2d3k8z0I7gDOgTNinP4qdKD/view> (p. 134- 145).

https://drive.google.com/file/d/1s_G-BC72aQrd5_wgGcfTpm1kpFdlL1PL/view (p. 216- 225).

5.6 Encontro 6



Título do Encontro: Relacionando com o cotidiano (Jigsaw)

Etapa da SEI: Sistematização Conceitual

Resultados de aprendizagem esperados:

Contextualizar o conhecimento com dia a dia dos alunos;
Aprofundar o assunto.

Metodologia:

Organizar os grupos de base para desenvolver a atividade Jigsaw. Ainda neste momento, distribuir os materiais (Apêndice C) que auxiliam no entendimento dos tópicos trabalhados, sendo estes: Talidomida, Aspartame, O fenômeno da quiralidade e os diferentes aromas dos óleos essenciais e Quiralidade e atividade biológica.

Em seguida, no estágio de Exploração os alunos interagem com os demais componentes dos outros grupos, reorganizando-os entre si, chamados de especialistas (Grupo de Especialistas). Essa formação visa estudar os tópicos abordados com maior profundidade. Neste grupo, os alunos se tornam especialistas do conteúdo que lhes é repassado nos grupos de base, onde compartilham, discutem, registram as principais ideias.

Já no estágio de Relatos, os alunos retornam aos seus grupos de base para compartilhar os conteúdos adquiridos com os companheiros, visando construir o conhecimento que formou o trabalho do grupo de base, onde o aluno aprendeu para si e teve a possibilidade de explicar aquilo que aprendeu para o colega.

5.6 Encontro 6



Metodologia:

O último estágio é a Integração, onde o que é discutido e trabalhado pelos alunos nos grupos de base é compartilhado com o restante da turma, com mediação da professora.

Avaliação: Trabalho coletivo, participação na atividade e na discussão oral.

Material: Material de uso diário.

Dica:

Divida os grupos com quatro a seis integrantes.

Dica:

Se houver tempo, pode-se sugerir que os alunos elaborem uma apresentação com os tópicos trabalhados.



5.6 Encontro 6

Primeira etapa (grupos-base):



Segunda etapa (grupos de especialistas):



Terceira etapa (retorno aos grupos-base):



Adaptado de Fatares, E. F., Ferreira, L. D. A., Ferreira, J. O., & Queiroz, S. L. (2010). Método cooperativo de aprendizagem jigsaw no ensino de cinética química. *Química nova na escola*, 32(3), 161-166.

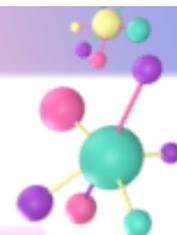
JIGSAW

A metodologia Jigsaw, ou "quebra-cabeça" em português, é um método de aprendizagem cooperativa que promove a aprendizagem colaborativa em grupos.

No referido método, em uma primeira fase, os alunos são distribuídos em grupos de base e um determinado tópico é discutido por todos de cada grupo. O tópico é subdividido em tantos subtópicos quantos os membros do grupo. Numa segunda fase, cada aluno estuda e discute com os membros dos outros grupos a quem foi distribuído o mesmo subópico, formando assim um grupo de especialistas. Posteriormente, cada um volta ao grupo de base e apresenta o que aprendeu sobre o seu subtópico aos seus colegas, de maneira que fiquem reunidos os conhecimentos indispensáveis para a compreensão do tópico em questão. Cada estudante precisa aprender a matéria para 'si próprio' e também explicar aos seus colegas, de forma clara, o que aprendeu (Cochito, 2004).



5.7 Encontro 7



Título do Encontro: Exercícios Contextualizados

Etapa da SEI: Avaliação

Resultados de aprendizagem esperados:

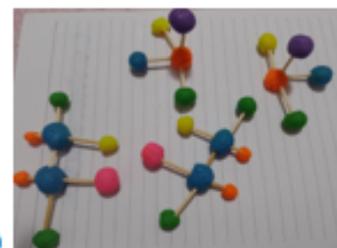
Avaliar o conhecimento obtido pelos alunos ao final da sequência didática.

Metodologia:

Dividir a turma em grupos de no máximo quatro alunos. Em seguida, orientar na produção dos modelos moleculares. Realizar uma demonstração inicial do objetivo do trabalho, exibindo algumas estruturas moleculares com auxílio do software Molview. Com os chromebooks da escola os estudantes também podem dispor de alguns minutos para manipular o software.

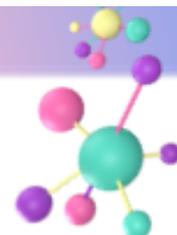
Instruir os alunos a representar isômeros com modelos moleculares produzidos com materiais alternativos. Os grupos devem demonstrar dois pares de isômeros. Após a construção dos modelos moleculares, cada grupo apresenta seus resultados na sala de aula para o compartilhamento do conhecimento científico produzido.

Link <https://app.molview.com/>



Fonte: Autora (2025)

5.7 Encontro 7



Metodologia:

A coleta de dados ao final da aplicação da SEI é realizada por meio de exercícios. As questões (Apêndice D) foram desenvolvidas e selecionadas a fim de verificar a ocorrência de aprendizagem significativa.

É composta por quatro questões, a razão de não ser extensa é devido ao tempo disponível para a resolução; contudo, contempla o que foi trabalhado durante a SEI.

Primeiramente eles resolvem as atividades sem consulta ao caderno, após a correção da professora, eles são orientados a complementar as respostas e analisar seus erros.

Avaliação: Modelos moleculares e exercícios contextualizados.

Material: Material de uso diário, chromebook, massa de modelar, palitos de madeira, jujuba.



Dica:

Pode aplicar uma avaliação por pares ou outro método de avaliação de sua preferência.

6. Referências Bibliográficas

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas**. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. 1ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, v. 1.

FATARELI, Elton Fabrino; [et al]. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**. Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw no Ensino de Cinética Química Vol. 32, N° 3, AGOSTO 2010 . Acesso em: 02.maio.2025.

FÉLIX, M. E. O.; LIMA, B. T. S. As metodologias ativas na construção do conhecimento científico: utilização do método Jigsaw (quebra cabeças) e mapa conceitual para o ensino de funções oxigenadas. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, v.14, n. 1, p. 139–158, jan./abr. 2021. Disponível em: Acesso em: 20.jan.2025.

GEHLEN, S, T; DELIZOICOV, D. O papel do problema no ensino de ciências: compreensões de pesquisadores que se referenciam em Vygotsky. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v.15, n.2. p. 45-63, maio-ago, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/GDtN3cwjY5975DgjDSBhr8D/?format=pdf>>. Acesso em: 17.fev.2024.

LEITE, Luciana Rodrigues; LIMA, José Ossian Gadelha de. O Aprendizado da Química na Concepção de professores e alunos do ensino médio: um estudo de caso. *Rev. Bras. Estud. Pedagog.* 96 (243) • Mai-Ago. 2015. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/rbeped/a/Z3qM9nR3H3XCDr3HGsx6pq#>>. Acesso em: 17.fev.2024.

LIRA, Nathyelle Correia. **Estereoquímica de Fármacos**. Consultoria Acadêmica (Programa de Educação Tutorial) - Universidade Federal da Paraíba, 2019. Disponível em: < <https://www.ufpb.br/petfarmacia/contents/documentos/consultorias-academicas-2019/2a-consultoria-academica-nathyelle.pdf>>. Acesso em: 20.jan.2025.

SANTOS, Danilo Oliveira. **Estudo de Isomeria por meio de modelos didáticos construídos pelos estudantes**. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 05, Ed. 06, Vol. 08, pp. 38-48. Junho de 2020. Disponível em:< <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/quimica/modelos-didaticos>>. Acesso em: 19.fev.2025.



7. Apêndices

Apêndice A

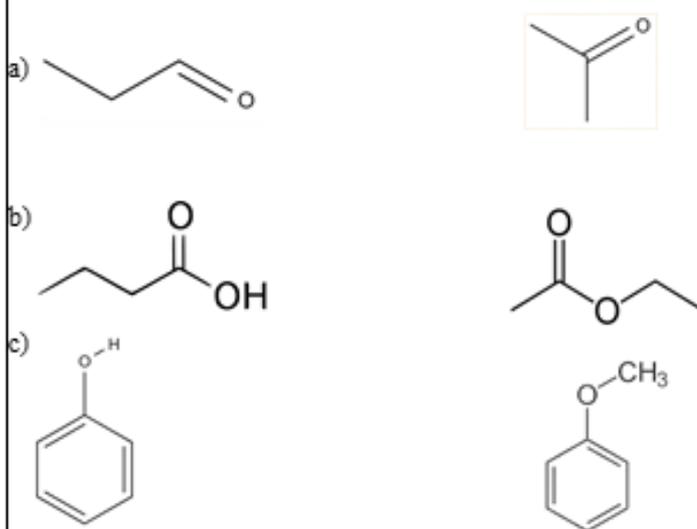
PRÉ-QUESTIONÁRIO:

Questão 1: Os dois compostos $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ e $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ demonstram que caso de isomeria?

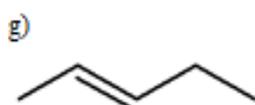
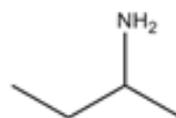
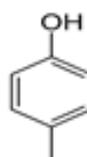
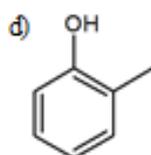
Questão 2: O ciclo butano e but-2-eno são isômeros de:

Questão 3: São isômeros funcionais:

Questão 4: Identifique o caso de isomeria presente nas cadeias:



Apêndices



Questão 5: Butanal e metil-propanal são isômeros de:

Questão 6: Dado os compostos:

- I. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_3$
- II. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$
- III. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHO}$
- IV. $\text{CH}_3\text{-CH-OH-CH}_3$

São isômeros somente as substâncias:

Apêndices

Apêndice B

Já aconteceu de você tomar um delicioso suco de uva e no final da garrafa encontrar cristais? Ou vê-los depositados no fundo do copo? Esses cristais, carinhosamente conhecidos por muitos profissionais da indústria vitivinícola como “diamantes de vinho” e são pequenos depósitos que ocorrem em sucos e vinhos naturalmente.

O primeiro cientista a estudar esses cristais o francês Louis Pasteur, em 1846, e ele observou, com o auxílio de um microscópio, que haviam dois tipos diferentes de cristais que eram a imagem especular um do outro. Pasteur, comparou as propriedades químicas e físicas de ambos os cristais.

Você já ouviu falar desses cristais? Sabe do que se trata? Você imagina o que ele de fato descobriu sobre as propriedades químicas desse composto?



Apêndices

Apêndice C

Texto 1: Talidomida

Em 1960, a talidomida, um medicamento inicialmente produzido com a finalidade de promover um efeito sedativo, e que posteriormente foi amplamente utilizado na minimização de enjoos matinais, ocasionados principalmente pela gestação, foi responsável por um dos principais desastres na indústria farmacêutica. As descobertas apontaram que entre 8.000 a 10.000 crianças nasceram com malformações nas orelhas, olhos, membros, coração e rins, desse modo, esse medicamento foi retirado do mercado (GARCIA; MIYAMOTO, 2016).



Figura. Estrutura dos enantiômeros – As talidomidas *R* e *S* são isômeros cujas moléculas são imagens especulares (um composto é a imagem no espelho do outro composto) e não são sobreponíveis (não podem ser sobrepostas integralmente, sendo dois compostos diferentes).

Em 1959, um número crescente de recém-nascidos começou a ser relatado com um fenótipo chamado focomelia, uma rara deformidade congênita, no qual as mãos ou pés estão presos perto do tronco, estando os membros grosseiramente subdesenvolvidos ou ausentes. No entanto, foi apenas no final de 1961 que o pesquisador Lenz sugeriu uma possível ligação entre o surgimento súbito dessas anomalias congênitas e o uso da talidomida durante a gravidez.

Embora a teratogênese da talidomida, ainda não tivesse sido comprovada experimentalmente, a talidomida foi rapidamente retirada do mercado na Alemanha e na Inglaterra, e mais tarde em vários outros países. A talidomida, além de provocar alterações dos membros superiores e inferiores, pode provocar defeitos visuais, auditivos, problemas na

Apêndices

coluna vertebral e, em casos mais raros, defeitos cardíacos e no tubo digestivo. Foram mais de 10.000 pessoas afetadas pelo efeito colateral da talidomida em todo o mundo.

Embora tenha sido retirado do mercado devido a efeitos teratogênicos, depois de novos estudos ela foi reintroduzida ao mercado na década de 90. A talidomida tem sido utilizada em todo o mundo para tratar com sucesso uma ampla gama de doenças, incluindo a lepra, a doença de Crohn, o mieloma múltiplo e alguns tipos de câncer. O principal uso da talidomida no Brasil é para tratamento de hanseníase (Eritema Nodoso Hansênico).

Texto 2: Aspartame

O **aspartame** é um composto orgânico muito usado como adoçante por ser 180 vezes mais doce do que o açúcar (sacarose). Esse composto orgânico de função mista foi descoberto em 1965 e é composto por dois aminoácidos (L-fenilalanina e L-aspartico) ligados por um éster de metila (metanol). O aspartame é **um dos adoçantes sintéticos mais utilizados no mundo inteiro**. Ele é classificado como edulcorante, ou seja, é toda substância que confere sabor doce ao alimento e/ou ressalta ou realça o sabor/aroma de um alimento.

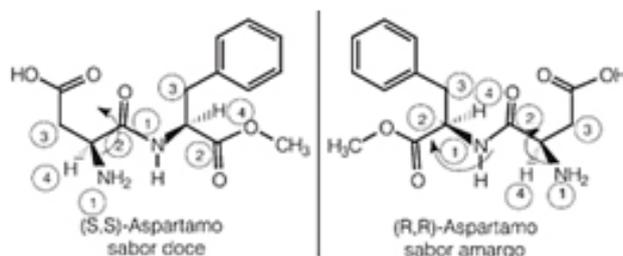
Quanto à produção, acontece que, conforme você pode visualizar na fórmula do aspartame, ele possui dois carbonos assimétricos ou quirais (carbonos que estão ligados aos átomos de nitrogênio), ou seja, que possuem os seus quatro ligantes diferentes. O resultado é que podem surgir configurações diferentes para as posições dos átomos no espaço.

Por isso, o **aspartame possui quatro enantiômeros**. Os enantiômeros são isômeros ópticos, isto é, compostos que possuem a mesma fórmula molecular (têm os átomos dos mesmos elementos e na mesma quantidade), mas que se diferenciam pelo arranjo espacial desses átomos, sendo que esses enantiômeros são exatamente a imagem especular um do outro e não são sobreponíveis. Os isômeros ópticos são aqueles que desviam o plano de luz polarizada, sendo que cada um rotaciona a luz polarizada para um sentido contrário ao que o outro rotaciona.

O resultado é que **esses enantiômeros possuem propriedades totalmente diferentes**. Você pode verificar isso abaixo: veja que o enantiômero (S,S)-aspartame é o que possui sabor

Apêndices

adocicado e que é usado como adoçante, enquanto o seu enantiômero (R,R)-aspartame possui sabor amargo:



Fonte: Mundo Educação

Assim, as indústrias alimentícias precisam tomar cuidado no momento da produção para sintetizar o enantiômero correto. No entanto, **o efeito mais importante dos enantiômeros é o efeito biológico**. No caso do S,S-Aspartame, quando a pessoa o ingere, ele sofre hidrólise no organismo, gerando ácido aspártico, fenilalanina e metanol. O metanol é um composto tóxico, porém, ele não é uma preocupação, pois é produzido em uma quantidade tão pequena que não afeta o organismo.

A questão importante é a produção de fenilalanina. Quem possui uma doença metabólica denominada fenilcetonúria não deve consumir o adoçante feito de aspartame porque essas pessoas não possuem a enzima que transforma a fenilalanina, assim, ela vai se acumulando no organismo, o que causará danos ao sistema nervoso.

Texto 3: O fenômeno da quiralidade e os diferentes aromas dos óleos essenciais

O Brasil possui uma riqueza e diversidade incontestável em sua fauna e flora, podendo ser extraído deste último uma infinidade de compostos de grandes valores econômicos e industriais, como os óleos essenciais. Os óleos essenciais podem ser definidos como compostos voláteis, presentes em concentrações diferentes em cada vegetal, e que apresentam como principais características potencial odorífero, serem lipofílicos e apresentarem propriedades terapêuticas Silva (2011). Outras características encontradas nos óleos essenciais são “atividades farmacológicas, como antisséptica, anti-inflamatória, antimicrobiana entre outras,

Apêndices

por esse motivo são utilizados na medicina popular e na fabricação de medicamentos” Silva (2011) apud Simões et al. (2007).

Segundo Alves (2014), os óleos essenciais são formados por vários compostos químicos, sendo a classe dos terpenos/terpenóides a predominante. Os terpenos, podem ser definidos, quimicamente, como sendo “alcenos naturais”, enquanto os terpenóides, como terpenos que apresentam oxigênio, apresentando diferentes funções orgânicas como: “ácidos, álcoois, aldeídos, cetonas, éteres, fenóis ou epóxidos terpênicos”, sendo estes os principais responsáveis pelo aroma/odor ou as pigmentações das diversas partes que formam os vegetais (Felipe e Bicas, 2017). Na ilustração abaixo (Figura 3), pode-se observar a estrutura química destes compostos.

A presença dos carbonos quirais em compostos odoríferos, permitindo o desenvolvimento de atividades ópticas, “pode conferir notas aromáticas completamente diferentes umas das outras” (Felipe e Bicas, (2017). Outra característica sobre a presença de carbonos assimétricos nestes compostos, é a diferença em possíveis propriedades biológicas e terapêuticas Sharmeen et al., (2021).

Sobre este impacto que a presença de carbonos assimétricos/isomeria óptica, em compostos orgânicos naturais causa em seus aromas e atividades biológicas e terapêuticas, Silva (2011) apud Brenna et al., (2003) relata que muitos pesquisadores têm buscado entender a correlação entre a quantidade de enantiômeros nos compostos e a “configuração absoluta odorantes naturais empregados em perfumaria, alimentos”.

Apêndices

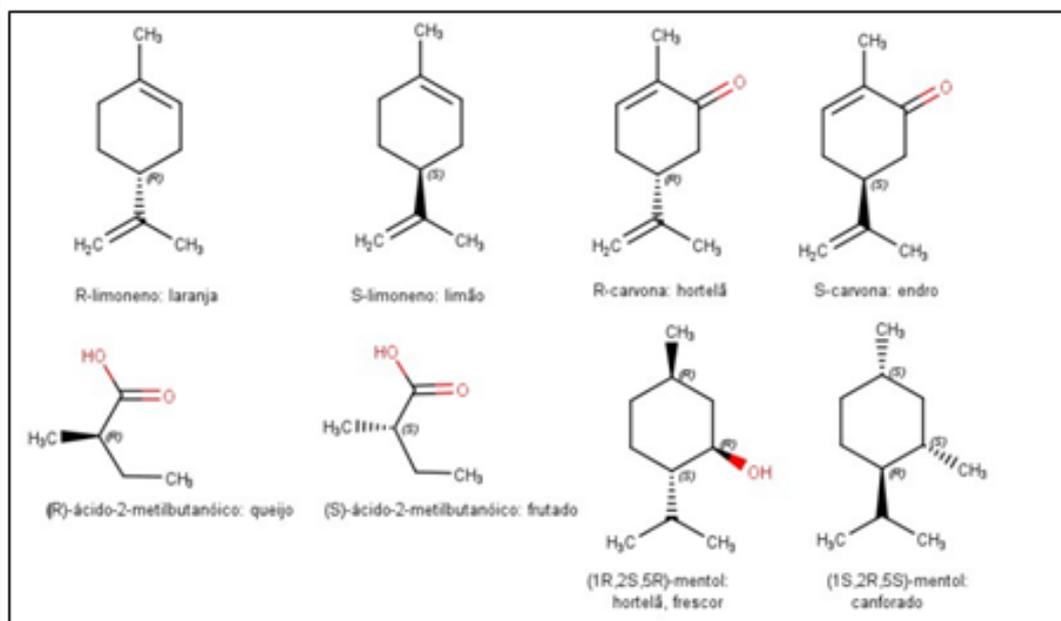


Figura 4: Impacto do isomerismo óptico na percepção de diferentes compostos de aroma

Texto 4: Quiralidade e atividade biológica

Existe nas farmácias da sua cidade uma série de substâncias, utilizadas como fármacos que apresentam em sua estrutura um carbono assimétrico. A supressão da quiralidade nesses fármacos leva ao desaparecimento da atividade biológica. Por outro lado, a inversão da orientação dos grupamentos no centro assimétrico pode levar a uma modificação importante da atividade biológica.

Um fármaco pode exercer a sua atividade no interior do nosso corpo (biofase) de várias formas. Uma dessas formas é através da interação com estruturas chamadas receptores, que são proteínas de elevado grau de organização espacial, que se encontram na membrana da célula. Esses receptores agem como pequenos interruptores de grande seletividade. Uma vez ligados, eles podem desencadear uma série de reações intracelulares para dar origem a um efeito biológico. Um fármaco também pode interagir com uma enzima, que é uma proteína de elevado nível de organização. Se essas estruturas têm quiralidade, podemos sugerir que para ter interação com elas, o fármaco deve ter um arranjo espacial de sua estrutura muito bem definido. Esse arranjo deve coincidir com aquele da estrutura com a qual ele irá interagir. Em um arranjo,

Apêndices

a interação do fármaco pode ocorrer, no outro e la só ocorre parcialmente. Por exemplo, a noradrenalina é um hormônio liberado pelo organismo humano quando precisamos de uma dose de energia imediata. É o hormônio lute ou fuja, liberado em situações em que você precisa de maior atenção. Por exemplo, quando se toma um susto brutal e o coração bate mais rápido, ou quando vai-se brigar com alguém ou então vai-se fugir da briga. Esse hormônio apresenta na sua estrutura um centro assimétrico, de configuração absoluta R (Figura 15).

Qualquer mudança de orientação espacial do carbono assimétrico leva, na quase totalidade dos casos, a uma alteração no meio biológico.

Tabela 1. Alguns exemplos de atividades biológicas exercidas por formas enantioméricas puras (modificada de A. R. Fassih, Ref. 11).

Fármaco	Efeito
etambutol	Forma SS: tuberculostático Forma RR: pode provocar cegueira
estrona	Forma (+): hormônio estrogênico Forma (-): inativo
adrenalina	A forma levogira é 20 vezes mais ativa e igualmente mais tóxica
salbutamol	Forma R(-) é 80 vezes mais ativo que a forma S(+)
Anfetamina	A forma dextrogira é 2 vezes mais ativa que o enantiomero (-)
Bupivacaina	Forma (±): ambos os isômeros possuem atividade anestésica local, mas apenas o isômero (-) apresenta ação vasoconstritora, prolongando assim a ação anestésica local.

Apêndices

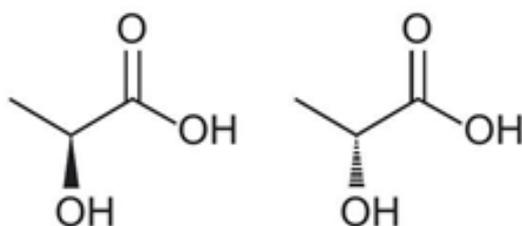
Apêndice D

- 1) Complete a seguinte frase com as palavras corretas:

Quando duas moléculas diferentes são imagens espelhadas não sobreponíveis uma da outra, estas moléculas são consideradas _____; a condição para a ocorrência desta situação é que as moléculas sejam _____.

- 2) Considere dois fármacos que são isômeros ópticos e que possuem a mesma fórmula molecular, mas não são sobreponíveis na imagem espelho. Um deles é responsável por um efeito terapêutico desejado, enquanto o outro é inativo. Explique, com base na isomeria óptica, por que esses compostos podem ter propriedades biológicas tão distintas, e discuta a importância desse fenômeno na farmacologia. Além disso, identifique o que caracteriza um carbono quiral e como sua presença leva à formação de isômeros ópticos.

- 3) Várias características e propriedades de moléculas orgânicas podem ser inferidas analisando sua fórmula estrutural. Entre as moléculas apresentadas, observa-se a ocorrência de qual isomeria?



Apêndices

No laboratório em que você trabalha, foi solicitada uma pesquisa e análise do uso da molécula de limoneno ($C_{10}H_{16}$), para a produção de um difusor de ambiente saudável capaz de afastar insetos indesejados como pernilongos. Ao chegar no laboratório procurando por tal composto, tendo em mãos apenas sua fórmula molecular, encontrou um frasco rotulado com a mesma fórmula. Porém, para a sua surpresa, ao preparar o difusor de ambiente e realizar testes o mesmo não afastou os pernilongos como esperado. O que pode ter acontecido para que o difusor preparado com a molécula de limoneno não afastasse os pernilongos como esperado?

8. Anexos

Anexo A

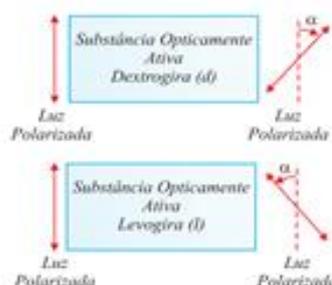
Isomeria óptica é um caso de isomeria espacial que ocorre em moléculas assimétricas (moléculas que não apresentam plano de simetria).

Plano de simetria é um plano que divide o objeto em duas partes, uma parte imagem especular da outra. Todas as moléculas assimétricas podem ser reconhecidas pela propriedade de desviar o plano de vibração da luz polarizada. Na prática existe um instrumento óptico chamado polarímetro que pode reconhecer as moléculas assimétricas em função da sua propriedade de desviar o plano da luz polarizada.



Só vai interessar-nos o estudo das substâncias opticamente ativas (desviam o plano da luz polarizada); neste caso, podemos reconhecer dois tipos de isômeros: dextrogiro (gira o plano da luz polarizada para a direita) e levogiro (desvia o plano para a esquerda).

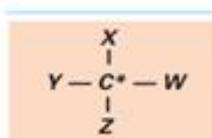
Anexos



Fonte: Fuvestibular.

Se misturarmos em quantidades iguais o isômero dextrógiro com o isômero levógiro, formaremos uma mistura especial chamada mistura racêmica, que é inativa (não desvia o plano da luz polarizada). O giro provocado por uma molécula dextrógiro é compensado pelo giro produzido por uma molécula levógiro.

Carbono assimétrico ou quiral A isomeria óptica pode ser reconhecida em função do chamado carbono assimétrico ou quiral (C^*), que apresenta quatro ligantes diferentes.

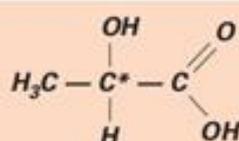


Fonte: Fuvestibular.

em que $X \neq Y \neq Z \neq W$

Exemplo:

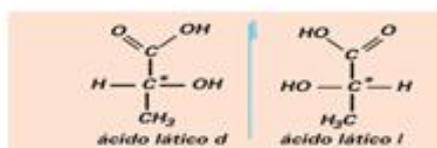
Anexos



ácido láctico
(apresenta isomeria ótica)

Fonte: Fuvestibular.

Existem quatro grupos diferentes ligados ao carbono assinalado: H_3C —, HO —, — H e — COOH . Quiros, em grego, significa “mão”. Por exemplo, quiromancia é a adivinhação do futuro pelo exame das mãos. Como as duas mãos de uma pessoa são assimétricas, o termo quiral passou a designar assimetria. Todo composto que apresenta 1C^* na molécula será representado sempre por dois isômeros opticamente ativos, um dextrógiro e outro levógiro, cujas moléculas funcionam como objeto e imagem em relação a um espelho plano.



Fonte: Fuvestibular.

A todo isômero dextrógiro corresponde um levógiro; os dois desviam o plano de vibração da luz polarizada de mesmo ângulo, porém, para lados opostos; assim, o primeiro desviará de $+\alpha$ e o segundo, de $-\alpha$. Podemos dizer que um dos isômeros é antípoda óptica ou enantiomorfo do outro. Se misturarmos quantidades iguais dos dois antípodas ópticos, obteremos o racêmico, que é opticamente inativo (inativo por compensação externa). Com a fórmula CHIBrF existem dois isômeros ópticos que são imagens de espelho um do outro.

Anexos



Fonte: Fu vestibular.

Observe que é impossível colocar uma molécula sobre a outra, de tal modo que os grupos idênticos se toquem. A mão direita é imagem especular da mão esquerda. É impossível colocar na mão esquerda uma luva de couro da mão direita.



Fonte: Fu vestibular.

14. APÊNDICE F

FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE DE
CAXIAS DO SUL



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
(PPGECiMa)
MESTRADO PROFISSIONAL**

SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA EM ENSINO

Caxias do Sul, 22 de março de 2024.

Profa. Susiane Hinnah

Diretora do Instituto Estadual de Educação Cecília Meireles

Bento Gonçalves, RS

Através do presente instrumento, solicitamos a autorização para realização da pesquisa integrante da dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, intitulada “Sequência de Ensino investigativa no estudo de Isomeria Óptica”, coordenada pela mestrandia Gabriela Salvati Deconti, professora desta instituição de ensino, e sob orientação da Profa. Dra. Fernanda Miotto.

A parte experimental da pesquisa acima referida será realizada nas aulas de Química do terceiro ano do Ensino Médio por meio de aplicação de uma proposta pedagógica que tem como objetivo de desenvolver o conceito de Isomeria Óptica através da aplicação de uma sequência didática investigativa.

Por se tratar de um curso de mestrado profissional na área de ensino, a pesquisa realizada pela mestrandia deve estar relacionada com sua atividade de docência. Os resultados da pesquisa, por sua vez, permitirão a validação da proposta pedagógica e, conseqüentemente, a geração de um produto educacional que estará disponibilizado para a comunidade escolar. Assim, a aplicação da proposta pedagógica é um requisito legal para a conclusão do curso de Mestrado Profissional

do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECiMa) da Universidade de Caxias do Sul.

Agradecemos, desde já, pela sua atenção e colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos, caso seja necessário.

Cordialmente,

Profa. Gabriela Salvati Deconti – Mestranda

 Documento assinado digitalmente
FERNANDA MIOTTO
Data: 22/03/2024 16:22:11-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Fernanda Miotto – Orientadora

(54) 99953-9150 | fmiotto@ucs.br

 Documento assinado digitalmente
ODILON GIOVANNINI JUNIOR
Data: 22/03/2024 17:39:43-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

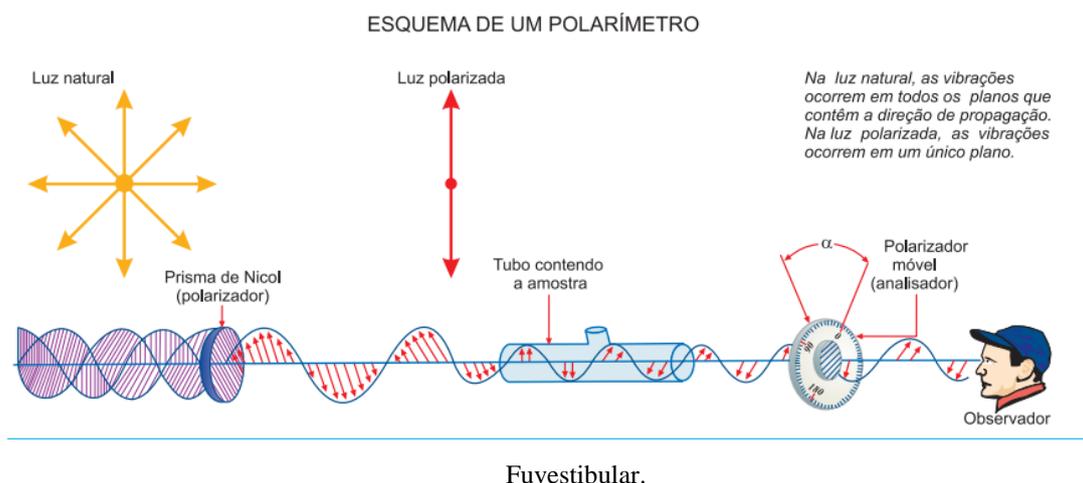
Prof. Dr. Odilon Giovannini – Coordenador do PPGECiMa

(54) 99114-1694 | ogiovanj@ucs.br

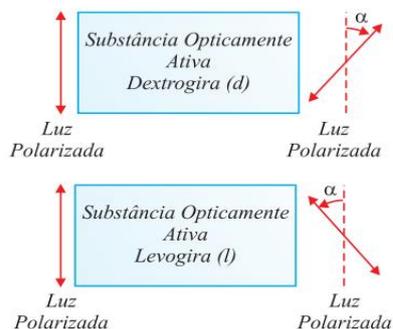
15. ANEXO A

Isomeria óptica é um caso de isomeria espacial que ocorre em moléculas assimétricas (moléculas que não apresentam plano de simetria).

Plano de simetria é um plano que divide o objeto em duas partes, uma parte imagem especular da outra. Todas as moléculas assimétricas podem ser reconhecidas pela propriedade de desviar o plano de vibração da luz polarizada. Na prática existe um instrumento óptico chamado polarímetro que pode reconhecer as moléculas assimétricas em função da sua propriedade de desviar o plano da luz polarizada.



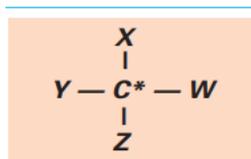
Só vai interessar-nos o estudo das substâncias opticamente ativas (desviam o plano da luz polarizada); neste caso, podemos reconhecer dois tipos de isômeros: dextrogiro (gira o plano da luz polarizada para a direita) e levogiro (desvia o plano para a esquerda).



Fonte: Fuvestibular.

Se misturarmos em quantidades iguais o isômero dextrogiro com o isômero levogiro, formaremos uma mistura especial chamada mistura racêmica, que é inativa (não desvia o plano da luz polarizada). O giro provocado por uma molécula dextrogira é compensado pelo giro produzido por uma molécula levogira.

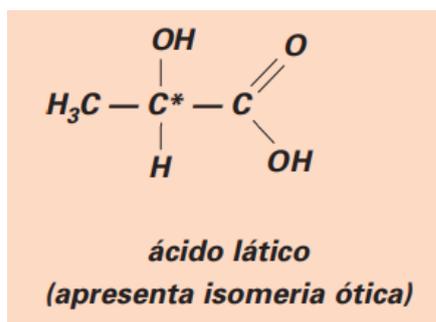
Carbono assimétrico ou quiral A isomeria óptica pode ser reconhecida em função do chamado carbono assimétrico ou quiral (C^*), que apresenta quatro ligantes diferentes.



Fonte: Fuvestibular.

em que $X \neq Y \neq Z \neq W$

Exemplo:



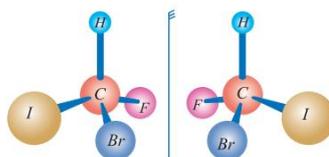
Fonte: Fuvestibular.

Existem quatro grupos diferentes ligados ao carbono assinalado: H_3C —, HO —, — H e — COOH . Quiros, em grego, significa “mão”. Por exemplo, quiromancia é a adivinhação do futuro pelo exame das mãos. Como as duas mãos de uma pessoa são assimétricas, o termo quiral passou a designar assimetria. Todo composto que apresenta 1C^* na molécula será representado sempre por dois isômeros opticamente ativos, um dextrogiro e outro levogiro, cujas moléculas funcionam como objeto e imagem em relação a um espelho plano.



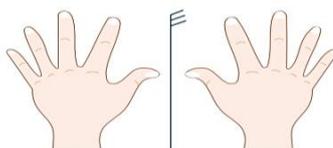
Fonte: Fuvestibular.

A todo isômero dextrogiro corresponde um levogiro; os dois desviam o plano de vibração da luz polarizada de mesmo ângulo, porém, para lados opostos; assim, o primeiro desviará de $+\alpha$ e o segundo, de $-\alpha$. Podemos dizer que um dos isômeros é antípoda óptica ou enantiomorfo do outro. Se misturarmos quantidades iguais dos dois antípodas ópticos, obteremos o racêmico, que é opticamente inativo (inativo por compensação externa). Com a fórmula CHIBrF existem dois isômeros ópticos que são imagens de espelho um do outro.



Fonte: Fuvestibular.

Observe que é impossível colocar uma molécula sobre a outra, de tal modo que os grupos idênticos se toquem. A mão direita é imagem especular da mão esquerda. É impossível colocar na mão esquerda uma luva de couro da mão direita.



Fonte: Fuvestibular.