



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

Rua Vinte, 1600. Bairro Tupã. CEP 38304-402, Ituiutaba / MG



PRISCILLA APARECIDA VENÂNCIO TEIXEIRA COSTA

**ANÁLISE DO CONTEÚDO DE ISOMERIA NOS LIVROS DIDÁTICOS
DE QUÍMICA APROVADOS NO PNLD 2018**

ITUIUTABA
2021

PRISCILLA APARECIDA VENÂNCIO TEIXEIRA COSTA

**ANÁLISE DO CONTEÚDO DE ISOMERIA NOS LIVROS DIDÁTICOS
DE QUÍMICA APROVADOS NO PNLD 2018**

Monografia de Conclusão de Curso apresentada à
Comissão Avaliadora como parte das exigências do
Curso de Graduação em Química: Licenciatura do
Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal da
Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior

Ituiutaba, 2021



ATA DE DEFESA - GRADUAÇÃO

Curso de Graduação em:	103027LN - Curso de Graduação em Química Grau Licenciatura				
Defesa de:	GQ108 - Trabalho de Conclusão de Curso				
Data:	12/08/2021	Hora de início:	14h	Hora de encerramento:	17h
Matrícula do Discente:	21411QMI221				
Nome do Discente:	PRISCILLA APARECIDA VENÂNCIO TEIXEIRA				
Título do Trabalho:	ANÁLISE DO CONTEÚDO DE ISOMERIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA APROVADOS NO PNL2018				

Reuniu-se via web-conferência a Banca Examinadora, designada pela portaria PORTARIA COQMI Nº 5, DE 15 DE JUNHO DE 2021, assim composta pelos membros: Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior (presidente e orientador da discente Priscilla Aparecida Venâncio Teixeira), Profa. MSc. Ana Paula Sabino Oliveira (Seduc-MT - Escola Estadual La Salle) e Prof. Dr. Rodrigo Barroso Panatieri (ICENP/UFU). Iniciando os trabalhos, o presidente da mesa apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público participante, e concedeu ao discente a palavra, para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente e o tempo de arguição e resposta foram realizados em conformidade com o disposto na Resolução 01/2017 do colegiado dos Cursos de Graduação em Química, graus Bacharelado e Licenciatura, do Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, às examinadoras, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada com Nota 85.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **José Gonçalves Teixeira Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 31/08/2021, às 15:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Sabino Oliveira, Usuário Externo**, em 04/10/2021, às 14:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Barroso Panatieri, Professor(a) do Magistério Superior**, em 11/10/2021, às 11:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3011174** e o código CRC **33A0E48E**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter chegado até aqui.

Agradeço a todos os professores da graduação, pelos ensinamentos e experiências que foram essenciais para o conhecimento Químico, em especial ao meu orientador, prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior, que me aceitou e não mediu esforços nesta etapa de orientação, e ao longo de toda a minha graduação.

À minha mãe Lucilia, que sempre me incentivou e me apoiou ao longo da minha caminhada.

Aos amigos que fiz durante a graduação, pelo companheirismo e o apoio deles nesta jornada.

RESUMO

O livro didático é um dos recursos pedagógicos mais utilizados em sala de aula. Partindo desse pressuposto neste trabalho foi feita uma pesquisa qualitativa do tipo de bibliográfica a fim de investigar como os seis livros didáticos de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático de 2018 abordam o conteúdo de isomeria. O programa é o responsável pela avaliação e disponibilização das obras didáticas que servem como referências e materiais de apoio às práticas educativas aos professores e alunos das escolas públicas de educação básica. Já o conteúdo de isomeria foi escolhido por ser apontado na literatura como difícil para ser compreendido pelos alunos, por envolver a compreensão de outros conceitos, como ligações químicas, reconhecimento de funções orgânicas e representação de fórmulas estruturais, além de ser um conteúdo muito abstrato, por envolver o uso de modelos. Por isso, apresenta-se como questão que norteia essa pesquisa a seguinte indagação: a forma com que o conteúdo de isomeria é abordado nos volumes de Química Orgânica para o ensino médio é suficiente para a compreensão dos conceitos envolvidos? Assim, realizou-se a análise dos seis livros didáticos, verificando a abordagem do contexto histórico, as definições, a abordagem das propriedades físicas dos isômeros, os modelos, as analogias, os exercícios e os experimentos propostos em cada obra. Com base nessas análises, se observam as diferenças entre os livros didáticos na apresentação dos conceitos envolvidos com o conteúdo de isomeria, alguns se apresentam com mais detalhes sobre o conteúdo, abordando relações com o cotidiano e apresentando diferentes modelos para o trabalho do professor, visando a compreensão do aluno. Verificou-se a pouca abordagem experimental nos capítulos – que, apesar de propor o uso de materiais de fácil acesso, limitam-se a propostas de construção de modelos e não no estudo das propriedades e características dos compostos. Verificou-se também pouca disponibilidade de questões do ENEM relacionadas ao conteúdo de isomeria nos capítulos, priorizando questões elaborados pelos autores ou por outros processos seletivos. A análise dos capítulos mostrou que há diversas possibilidades para que os professores abordem os conceitos relacionados à isomeria, entretanto, verifica-se que há fragilidades em todas as obras, por isso, a importância de que os professores tenham acesso à diferentes obras durante o planejamento das atividades didáticas.

Palavras-chave: *isomeria, livro didático, PNLD.*

ABSTRACT

The textbook is one of the most used pedagogical resources in the classroom. Based on this assumption in this work, a qualitative bibliographic research was carried out to investigate how the six Chemistry textbooks approved by the 2018 National Textbook Program address the content of isomerism. The program is responsible for evaluating and making available the didactic works that serve as references and materials to support educational practices for teachers and students in public basic education schools. The content of isomerism was chosen because it is pointed out in the literature as difficult for students to understand, as it involves the understanding of other concepts, such as chemical bonds, recognition of organic functions and representation of structural formulas, in addition to being a very abstract content, because it involves the use of models. Therefore, the following question is presented as a question that guides this research: is the way in which the content of isomerism is approached in the volumes of Organic Chemistry for high school sufficient to understand the concepts involved? Thus, the analysis of the six textbooks was carried out, verifying the approach to the historical context, the definitions, the approach to the physical properties of the isomers, the models, the analogies, the exercises, and the experiments proposed in each work. Based on these analyses, the differences between textbooks in the presentation of the concepts involved with the content of isomerism are observed, some are presented with more details about the content, addressing relationships with everyday life and presenting different models for the teacher's work, aiming the student's understanding. There was little experimental approach in the chapters – which, despite proposing the use of easily accessible materials, are limited to proposals for building models and not to the study of the properties and characteristics of compounds. There was also little availability of ENEM questions related to the isomerism content in the chapters, prioritizing questions elaborated by the authors or by other selective processes. The analysis of the chapters showed that there are several possibilities for teachers to address the concepts related to isomerism, however, it appears that there are weaknesses in all works, hence the importance of teachers having access to different works during planning teaching activities.

Keywords: *isomerism, textbook, PNLD.*

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	8
2- REVISÃO DA LITERATURA	11
Análises de livros didáticos	11
Isomeria	13
3- METODOLOGIA	18
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
Organização do conteúdo de isomeria dos livros didáticos.....	20
Definição de Isomeria	21
Aspectos históricos relacionados à isomeria	23
Contextualização do conceito isomeria	25
Propriedades físicas dos isômeros	27
Aplicações dos isômeros no cotidiano	29
Recursos pedagógicos associados à isomeria.....	31
a) Analogias	31
b) Modelos	34
c) Exercícios	37
d) Experimentos	39
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	44

1-INTRODUÇÃO

Durante o ensino médio o conteúdo de isomeria foi um dos últimos abordados pela professora de Química, com mais enfoque na isomeria funcional. A professora abordou de forma superficial o conteúdo visando a memorização das regras e das classificações dos tipos de isomeria. Ela comentava que havia muitos conteúdos a serem trabalhados para nos preparar para o ENEM, mas que eram poucas aulas para tantos conteúdos importantes. Durante a graduação não se dá muita ênfase sobre o conteúdo, sendo não trabalhado o conteúdo de isomeria, pois o que se pode ter visto foi o desvio da luz polarizada, direcionado o feixe da luz para a direita que o composto opticamente ativo constitui o isômero óptico chamado dextrogiro e quando a luz é desviada para a esquerda o isômero óptico é chamado de levogiro.

Ao longo da graduação, tive a oportunidade de participar do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência), que é um programa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), objetivando o aperfeiçoamento e a valorização da formação de professores para a educação básica. Durante a participação do programa do PIBID, pude observar que o professor utilizava bastante o livro didático com os alunos, tendo um conhecimento maior sobre os tipos de isomeria funcional e óptica, só que durante as observações os alunos teriam que imaginar as moléculas em níveis bidimensionais e tridimensionais.

Durante uma oficina planejada e executada pelos bolsistas do PIBID, foi possível apresentar aos alunos algumas associações do conteúdo de isomeria com situações mais próximas do cotidiano, como por exemplo, associar a classificação das gorduras como “trans”, indicando o tipo de isomeria que os compostos apresentam. Foi possível explicar que as gorduras trans são ácidos graxos insaturados que apresentam, pelo menos uma dupla ligação na posição trans, que quando consumida, causa inúmeros prejuízos à saúde das pessoas, impactando nos níveis de colesterol, enfraquecendo o sistema imunológico e favorecendo o desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Desta forma, foi possível perceber que era possível contextualizar o conteúdo de isomeria com situações mais próximas do cotidiano dos alunos. Entretanto, durante a preparação para esta oficina, verificou-se que nem todos os livros didáticos disponíveis na época apresentavam outros exemplos ou outras associações.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)

Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o

desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma visão de mundo (BRASIL, 1998).

E, mais recentemente, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), destaca que:

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica, direito público subjetivo de todo cidadão brasileiro. Todavia, a realidade educacional do País tem mostrado que essa etapa representa um gargalo na garantia do direito à educação. Entre os fatores que explicam esse cenário, destacam-se o desempenho insuficiente dos alunos nos anos finais do Ensino Fundamental, a organização curricular do Ensino Médio vigente, com excesso de componentes curriculares, e uma abordagem pedagógica distante das culturas juvenis e do mundo do trabalho. Para além da necessidade de universalizar o atendimento, outros grandes desafios do Ensino Médio na atualidade são garantir a permanência e as aprendizagens dos estudantes, respondendo às suas aspirações presentes e futuras (BRASIL, 2018, p. 261).

Por isso, é importante que as escolas e os professores que atuam no Ensino Médio entendam seu papel para a formação de jovens críticos e autônomos. Neste sentido, a BNCC pontua que o entendimento de crítica está relacionado à “compreensão informada dos fenômenos naturais e culturais” e, da “autonomia como a capacidade de tomar decisões fundamentadas e responsáveis” (BRASIL, 2018, p. 463).

Diante desta mudança na perspectiva de formação dos alunos no ensino médio, encontra-se a necessidade de se repensar a Química que é estudada na educação básica. Segundo, Leite e Soares (2018) verifica-se ainda a excessiva ênfase empregada por muitos professores de Química, na memorização de regras, nomes e fórmulas, na maioria das vezes de forma descontextualizada, sem relações com situações próximas do cotidiano dos alunos, desconsiderando a relação entre o que o estudante já sabe e aquilo que ele está aprendendo. Os autores, destacam o papel dos livros didáticos na manutenção desta situação, pois não “instiga o estudante a pensar ou a desenvolver um “raciocínio lógico” para trabalhar com os conceitos químicos com maior autonomia” (LEITE; SOARES, 2018, p. 42).

Nesta perspectiva, a BNCC destaca a importância de se trabalhar esta Ciência visando interpretar os fenômenos naturais e os processos tecnológicos, possibilitando que os estudantes se apropriem dos conceitos químicos, dos procedimentos e das teorias desta Ciência. Além disso, o documento sinaliza sobre a necessidade dos estudantes explorarem diversas formas de expressão da cultura científica, “situando-a como uma das formas de organização do conhecimento produzido em diferentes contextos históricos e sociais, possibilitando-lhes apropriar-se dessas linguagens específicas” (BRASIL, 2018, p. 537).

É importante destacar que esta visão não é nova, pois já era proposta nos documentos anteriores, como nas orientações dos PCN específicas para o ensino médio:

a Química pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade (BRASIL, 2002, p. 87)

Neste sentido, compreendendo que o ensino de Química e, em especial, o ensino de isomeria poderia ir além da simples apresentação de classificações e teorias e, sabendo da influência que os livros didáticos têm para o planejamento e organização e orientação das atividades no ensino médio, este trabalho objetiva analisar como o conteúdo de isomeria é apresentado nos livros aprovados no Programa Nacional do Livro e do Material Didático 2018 (PNLD). De forma mais específica, objetiva compreender se estes livros trazem subsídios suficientes para a construção do conhecimento químico acerca da isomeria, verificando como os conceitos são apresentados, os fatos históricos relacionados à isomeria, as possibilidades de contextualização, as analogias, os modelos, as imagens, os exercícios e os experimentos propostos em cada livro.

No próximo capítulo, é apresentada uma revisão da literatura no que se refere às pesquisas que discutem os processos de análise de livros didáticos de Química. Na sequência, apresenta-se uma revisão teórica sobre o conteúdo de isomeria e o que já foi publicado sobre o ensino deste conceito em revistas brasileiras e anais de eventos.

2- REVISÃO DA LITERATURA

Análises de livros didáticos

O livro didático é uma escolha dos professores das escolas públicas que podem selecionar o livro de sua preferência a serem trabalhados durante um período de três anos, pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) que seu responsável pela sua operacionalização é o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) que é um dos principais instrumentos de apoio ao processo de ensino-aprendizagem nas Escolas beneficiadas. Em 2004, foi criado o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) que prevê a universalização do livro didático para os alunos do ensino médio público em todo o país. De acordo com o Guia PNLD 2018,

O livro didático é um importante instrumento para que professores e professoras de todas as áreas desenvolvam seu trabalho nas escolas de Educação Básica. Esse instrumento, no âmbito do PNLD, tem sido continuamente aperfeiçoado para trazer não apenas os conteúdos escolares, mas, também, para auxiliar os/as docentes na construção de estratégias didático-pedagógicas para o seu ensino. No caso da Química, os livros didáticos apresentam conceitos, procedimentos e informações sobre a ciência, a tecnologia, o ambiente, a indústria, entre outros. A abordagem presente nos livros didáticos pode contribuir para que os/as estudantes percebam as relações entre os níveis macroscópico, teórico e representacional, que são próprios do conhecimento químico. Para tanto, os livros didáticos atuais de Química têm abordado o nível macroscópico por meio da proposição de experimentos, da contextualização e da valorização da história da ciência (BRASIL, 2018b, p. 10).

Desta forma, as pesquisas sobre os livros didáticos

têm indicado que, historicamente, ele passou a ser o principal controlador do currículo e orientado as atividades em sala de aula, incluindo no ensino-aprendizagem de química (ABREU *et al.*, 2005; MACEDO; MORTIMER; GREEN, 2004; MORTIMER, SCOTT, 2002). É nos livros didáticos que muitos professores procuram a orientação sobre o que ensinar, pois, há muitos anos, eles se constituíram como importantes mecanismos na homogeneização dos conteúdos e metodologias educacionais. [...] Desse modo, os livros didáticos de química podem trazer indicativos dos conhecimentos e habilidades a serem contemplados na estruturação didática; tanto pela recorrência ou ausência na escolha de determinados conteúdos, quanto no tratamento atribuído aos mesmos (MARCELINO JUNIOR, 2014, p. 35).

Diante destas questões, compreende-se que a análise dos livros didáticos pode dar indícios da forma como os conteúdos químicos são trabalhados nas escolas. Nesta perspectiva, Santos e Martins (2011) afirmam que

Ao longo dos anos, portanto, o livro didático vem se constituindo em uma ferramenta de caráter pedagógico capaz de provocar e nortear possíveis mudanças e aperfeiçoamento na prática pedagógica: “não é à toa que a imagem estilizada do professor apresenta-o com um livro nas mãos, dando a entender que o ensino, o livro e o conhecimento são elementos inseparáveis, indicotomizáveis” (SILVA, 1996, p. 8). Mas, o livro não pode ser considerado como um instrumento de informações prontas, onde o educando reproduza apenas pensamentos e respostas elaboradas, a partir de conhecimentos simplificados apresentados pelos mesmos, que nem sempre estão conectados à realidade da comunidade em que o aluno está inserido. (SANTOS; MARTINS, 2011, p. 21)

Entretanto, como afirmam Horikawa e Jardimino (2010), o livro didático

se desatualiza com muita velocidade. Raramente é relido, pouco se retorna a ele para buscar dados ou informações e, por isso, poucas vezes é conservado nas prateleiras de bibliotecas pessoais ou de instituições: com pequena autonomia em relação ao contexto da sala de aula e à sucessão de graus, ciclos, bimestres e unidades escolares, sua utilização está indissoluvelmente ligada aos intervalos de tempo escolar e à ocupação dos papéis de professor e aluno. [...] Desprestigiado em decorrência dessas características, o livro didático é tido como um ‘livro menor’, concebido por autores e não por escritores e manuseado por usuários e não por leitores (HORIKAWA; JARDILINO, 2010, p. 154-155)

Por este motivo, os livros didáticos são constantemente reformulados pelos autores e editoras e analisados por pesquisadores, afinal, segundo Santos (2016),

O livro didático ainda é um grande referencial na sala de aula para alunos e professores no processo de ensino-aprendizagem, pois serve como auxiliar na prática pedagógica do professor e continua sendo um dos recursos mais utilizados no cotidiano escolar. Sua presença é marcante em sala de aula e, muitas vezes, serve como substituto do professor quando deveria ser mais um dos elementos de apoio ao trabalho pedagógico. Desse modo, ‘o livro didático deveria configurar-se de modo que o professor pudesse tê-lo como instrumento auxiliar de sua reflexão geográfica com seus alunos, mas existe fatores limitantes para tal’ (PONTUSCHKA, 2007, p. 343). O livro didático propõe trajetórias sequenciais dos conteúdos de ensino, mas o professor tem a responsabilidade de selecionar os assuntos que são indispensáveis para a formação do aluno (SANTOS, 2016, p. 2-3).

Diante destas questões, Marcelino Junior (2014) destaca ainda que

o papel exercido pelo livro didático coloca-o como uma importante fonte a ser analisada para dar suporte à estruturação de conteúdos. Porém, não no sentido de uma mera transposição acrítica, mas em uma análise que destaque as suas possibilidades e limitações frente às necessidades e os objetivos postos para a formação do futuro professor de química, em relação a sua atividade profissional (MARCELINO JUNIOR, 2014, p. 35).

Em relação aos livros de Química e, mais especificamente, aos capítulos destinados ao conteúdo de isomeria, observam-se, na literatura, poucas pesquisas. Dentre elas, destaca-se a dissertação de Machado (2013) que realizou análise crítica de três livros didáticos comumente

adotados no ensino de Química, por professores das escolas de Brasília-DF. Machado analisou alguns aspectos relacionados, como a correção conceitual, a coerência e a proposta pedagógica das obras. Na análise, Machado percebeu um cuidado dos autores dos livros com a qualidade das ilustrações, entretanto o mesmo cuidado não foi identificado nas explicações dos conceitos e nas exemplificações, pois em algumas obras, o conteúdo é apresentado em poucas páginas. O autor comenta que as explicações são “excessivamente simplificadas diante da complexidade didática do conceito, limitando a eficácia do processo de ensino-aprendizagem, ao torná-lo demasiadamente simplificado” (MACHADO, 2013, p. 40).

Outra pesquisa identificada na literatura foi o trabalho desenvolvido por Alves e Silva Junior (2017), analisaram como quatro livros aprovados no PNLD 2015 abordavam os conceitos de isomeria. Os autores investigaram a definição de isomeria, a utilização da contextualização, os conceitos que antecedem o assunto, os recursos didáticos e as atividades propostas nos livros em relação ao conceito de isomeria. Os autores identificaram bons temas de contextualização em todas as obras, porém verificaram que alguns livros não explicitam que a isomeria acontece com substâncias de estruturas diferentes, enquanto outros a mencionam apenas como um fenômeno, de forma bastante simplificada.

Além disso, identificou-se também o trabalho desenvolvido por Silva, Costa e Marcelino Júnior (2013) que avaliaram os aspectos históricos relacionados ao conceito de isomeria em quatro livros de Química Orgânica para o ensino superior. Os pesquisadores identificaram poucos elementos relacionados à construção histórica deste conceito, destacando que uma abordagem bastante superficial ou em notas de rodapé, além de ser omitida em alguns dos livros. Os autores creditam à esta ausência de abordagem histórica o fato do conteúdo de isomeria ser trabalhado de forma fragmentada no ensino superior, dificultando o desenvolvimento da abstração necessária para compreender este conceito.

Diante destas questões, evidencia-se a importância da análise deste conteúdo em livros didáticos, em especial, em obras mais recentes, uma vez que os poucos trabalhos encontrados relacionados ao ensino médio, referem-se às coleções aprovadas em PNLD anteriores.

Isomeria

Já no que se refere ao conceito de isomeria de acordo com Queiroz (2015, p. 9), “quando os compostos químicos diferentes apresentam a mesma fórmula molecular ocorre o fenômeno da isomeria”; neste caso, os compostos são chamados de isômeros. Assim, a isomeria é classificada como fenômeno da existência de dois ou mais compostos diferentes que apresentam a mesma forma molecular, mas diferentes estruturas entre moléculas. Para seu estudo, este

conceito é dividido em dois grupos que comportam uma grande variedade de isômeros que são: isomeria constitucional e isomeria espacial.

De acordo com Atkins e Jones (2012), os isômeros estruturais são compostos que apresentam a mesma fórmula molecular, mas que apresentam os átomos organizados de forma diferentes. Por exemplo, a propanona – que é o principal constituinte da acetona usada para remover esmaltes, dentre outros usos – apresenta a mesma fórmula molecular (C_3H_6O) do propanal – que é um aldeído utilizado para a fabricação de fármacos. Apesar de ter a mesma fórmula molecular, estes compostos têm usos e propriedades químicas e físicas completamente distintas. O mesmo ocorre com diversos compostos, alguns com diferenças menos significativas, como por exemplo, a mudança na posição de um grupo funcional (como no caso do propano-1-ol e o propan-2-ol) ou na organização da cadeia (como no ciclobutano e o but-2-eno), dentre outros.

Já os isômeros espaciais, segundo Solomons e Fryhle (2001), apresentam a mesma fórmula molecular e a mesma organização dos átomos, porém diferem-se apenas no rearranjo de seus átomos no espaço. Há dois tipos de isômeros espaciais: os geométricos e ópticos. Por exemplo, os compostos cis-1,2-dicloroeteno e trans-1,2-dicloroeteno apresentam a mesma fórmula molecular ($C_2H_2Cl_2$) e mesma organização dos átomos, porém apresentam diferentes pontos de fusão, ponto de ebulição e densidade. Isso se deve ao fato de, no composto cis, os átomos de hidrogênio estarem do mesmo plano da molécula e, no composto trans, os átomos de hidrogênio estão em lados opostos. Este tipo de isomeria ocorre em compostos que apresentam dupla ligação ou em compostos cíclicos, com grupos ligantes diferentes em cada carbono (SIMÕES NETO, 2009).

Já nos isômeros ópticos são compostos com a mesma fórmula molecular, mesma sequência na organização dos átomos na molécula e mesmas propriedades, como ponto de fusão e de ebulição, solubilidade e densidade. O que difere um composto do outro é apenas o seu comportamento quando interage com outras moléculas (SOLOMONS; FRYHLE, 2000). Por exemplo, o ibuprofen apresenta dois isômeros, sendo que apenas um deles tem propriedades anti-inflamatórias. O mesmo ocorre com a penicilina, onde apenas umas das formas isoméricas tem propriedades terapêuticas, a outra, pelo contrário é altamente tóxica (SULZBACH, 2017). Diante de tais questões, justifica-se a importância do estudo da isomeria. Além disso, de acordo com Marcelino Júnior (2014)

A inclusão de conteúdos de isomeria no currículo químico é o reflexo da importância histórica e cultural do isomerismo na química, que passou a ser difundido em livros de química orgânica e a ser ensinado, a partir da segunda metade do século XIX (KONOVALOV, 2011; LEWIS, 1995). A abordagem

da isomeria traz a possibilidade do envolvimento de alguns dos objetivos propostos para o ensino de química, tais como: Reflexão sobre a natureza e a estrutura do conhecimento químico e identificação de grandes ideias e conceitos integradores (JENSEN, 1998); Reconhecimento do importante papel que os sistemas de classificação exercem sobre a organização do conhecimento químico e na predição de propriedades da matéria (SCHUMMER, 1998); Oferta de condições que facilitam a identificação e a compreensão de aspectos macroscópicos, dos modelos microscópicos e da linguagem química utilizada para representar as moléculas (JOHNSTONE, 1993, 1991). Além de serem apontados por diferentes pesquisadores em Educação Química, tais objetivos também constam nas orientações curriculares para o ensino de química escolar em nosso País (BRASIL, 2006). De modo mais específico, recomenda-se que conteúdo isomeria envolva o estudo sobre as estruturas, as propriedades e as aplicações das substâncias. (MARCELINO JÚNIOR, 2014, p. 30-31).

Assim, 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.

Dentre as propostas para o ensino de isomeria, destacam-se poucos trabalhos voltados para a educação básica. Dentre ele, identificam-se o trabalho de Souza (2015), que apresenta a elaboração, aplicação e validação de uma sequência didática criada para promover a aprendizagem dos conceitos de isomeria em uma escola da educação básica para alunos do terceiro ano do ensino médio. A pesquisadora buscou despertar o interesse dos alunos a partir da interação com situações do cotidiano, buscando romper com os obstáculos para a aprendizagem.

Outras pesquisas identificadas, a maior parte está relacionada às compreensões dos professores da educação básica sobre metodologias para o ensino de isomeria. A pesquisa desenvolvida por Pauletti (2013) buscou compreender os usos dos programas de simulação computacional por professores da educação básica para o ensino de isomeria. A partir desta investigação, a pesquisadora apresenta as potencialidades destas ferramentas para a visualização das moléculas, destacando a facilidade dos estudantes no manuseio dos aplicativos, assim como a possibilidade de romper com práticas pedagógicas que não estimulem a construção do conhecimento e estimulando a formação de estudantes críticos. No trabalho de Marcelino Júnior (2014) foram analisados como os conceitos relacionados à isomeria aparecem nos livros didáticos de química – cinco livros didáticos de Química do ensino médio aprovados no PNLD (2012) e cinco do ensino superior, sendo dois deles em inglês, nas provas de processos seletivos para ingresso em universidades públicas e nos documentos oficiais destinados ao ensino de Química – Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, as Diretrizes Curriculares para os Cursos Superiores de Química e os Parâmetros para a Educação Básica do

Estado de Pernambuco. Na pesquisa desenvolvida por Queiroz (2015) foram analisados os modelos didáticos utilizados por três professores da educação básica para o ensino de isomeria. A pesquisa identificou deficiências em relação à formação destes professores e que estes utilizam os modelos didáticos de forma espontânea e que fazem uso de analogias sem se preocupar com o conhecimento prévio dos alunos.

Outras propostas encontradas na literatura relacionam-se ao ensino superior. Na proposta elaborada por Sulzbach (2017), a pesquisadora elaborou materiais didáticos para auxiliar no processo de aprendizagem dos conceitos de isomeria óptica e planejou atividades experimentais que promovessem a visualização dos fenômenos, que foram aplicados e avaliados em turmas de um curso superior de farmácia. Na pesquisa desenvolvida por Simões Neto (2009), foram elaboradas duas situações-problema, com temáticas relacionadas aos conceitos de isomeria – a primeira abordou aspectos históricos sobre a descoberta deste fenômeno e a segunda envolvia a aplicação medicinal de compostos isoméricos. Durante a atividade, foram utilizados textos motivadores e modelos moleculares com o objetivo de auxiliar os estudantes de um curso de licenciatura em Química na resolução das situações-problema.

3- METODOLOGIA

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, pois busca compreender as características complexas e em diferentes dimensões dos fenômenos, mas também por “capturar os diferentes significados das experiências vividas no ambiente escolar de modo a auxiliar a compreensão das relações entre os indivíduos, seu contexto e suas ações” (ANDRÉ, 1983, p. 66). Mesmo que a pesquisa em questão não ocorra na escola, as experiências vividas nesse ambiente, como descritas na introdução, suscitaram a necessidade de compreender melhor a forma como o conteúdo de isomeria é abordada nos livros didáticos. Assim, esta pesquisa assume também um caráter de pesquisa bibliográfica, pois a pesquisadora teve contato direto com os livros – que se constituem como documentos de domínio científico, extraindo “deles toda a análise, organizando-os e interpretando-os segundo os objetivos da investigação proposta” (PIMENTEL, 2001, p. 180). Além disso, segundo Oliveira (2007, p. 69) “o mais importante para quem faz opção pela pesquisa bibliográfica é ter a certeza de que as fontes a serem pesquisadas já são reconhecidamente do domínio científico”.

Desta forma, a pesquisa foi desenvolvida a partir da análise dos livros didáticos de Química (Quadro 1), aprovados pelo PNLD 2018. Para a análise, seguiu-se as orientações de Lima e Miotto (2007), realizando “um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo, e que, por isso, não pode ser aleatório” (LIMA; MIOTO, 2007, p. 38). Desta forma, a coleta de dados foi iniciada com a adoção de critérios que delimitassem o universo da pesquisa. Definiu-se como parâmetro temático: o conteúdo de isomeria, como principais fontes: os livros didáticos de Química e, como parâmetro cronológico: as obras aprovadas no PNLD 2018. Na sequência, realizou-se a leitura de reconhecimento do material bibliográfico, a leitura exploratória, a seleção dos capítulos relacionados diretamente ao conteúdo de isomeria – que é objeto desta pesquisa, o estudo crítico do material selecionado, com a finalidade de organizar as informações coletadas e, finalmente, a interpretação dos dados, associando os dados encontrados com os referenciais teóricos (LIMA; MIOTO, 2007).

A partir desta análise, realizou a leitura cuidadosa dos capítulos, buscando identificar as seguintes categorias: 1) definição de Isomeria; 2) aspectos históricos relacionados a isomeria; 3) temas utilizados para a contextualização; 4) propriedades físicas dos isômeros; 5) aplicações dos isômeros; 6) recursos didáticos (analogias, modelos...) utilizados na abordagem do conceito de isomeria e, 7) atividades propostas pelos livros em relação ao conceito de isomeria. Estes aspectos foram descritos e serão analisados no próximo capítulo deste trabalho, tendo como

base as pesquisas relacionadas ao ensino de isomeria descritas no capítulo anterior, assim como outros referenciais relacionados às questões metodológicas para o ensino de Química como a experimentação, as analogias e o uso de modelos.

Quadro 1. Livros aprovados pelo PNLD 2018 utilizados na análise.

Código de Identificação	Título	Capa	Autores	Editora	Ano
Livro A	Vivá Química		NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T.	Positivo, 1ª edição	2016
Livro B	Ser Protagonista: Química		LISBOA, J. C. F. e colaboradores	SM, 3ª edição	2016
Livro C	Química		MATTOSO, C. A.; CHEMELLO, C. E.; PEREIRA, L. F.; PROTI, P. B.	Moderna, 1ª edição	2016
Livro D	Química – Ensino Médio		MACHADO, A. H.; MORTIMER, E. F.	Scipione, 3ª edição	2016
Livro E	Química		FONSECA, M. R. M.	Ática, 2ª edição	2016
Livro F	Química Cidadã		MÓL, G.; SANTOS, W. L. (orgs).	AJS, 3ª edição	2016

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Organização do conteúdo de isomeria dos livros didáticos

O primeiro critério analisado foi a localização do conteúdo de isomeria em cada um dos livros. Compreende-se que esta análise é importante pois mostra quais conceitos são considerados pelos autores das obras como pré-requisitos para a compreensão deste conteúdo. Além disso, verificar a posição do conteúdo pode dar subsídios para compreender o nível de aprofundamento que a obra pode dar ao conceito.

No livro A, os conceitos de isomeria são abordados no capítulo 6, após os capítulos sobre *i)* estudo da radioatividade, suas aplicações e implicações naturais; *ii)* desenvolvimento da Química Orgânica, *iii)* petróleo, gás natural e carvão: fontes de hidrocarbonetos; *iv)* funções oxigenadas e, *v)* funções nitrogenadas, halogenadas e sulfuradas. Já no livro B, isomeria aparece dividido em dois capítulos, no capítulo 2 – apresentando os conceitos de isomeria plana e cis-trans, logo após o capítulo “Carbono e cadeias carbônicas” e, no capítulo 8 – com a isomeria óptica; após os capítulos de *iii)* hidrocarbonetos; *iv)* funções oxigenadas; *v)* funções nitrogenadas; *vi)* funções halogenadas e sulfuradas e compostos organometálicos e, *vii)* compostos com mais de um grupo funcional.

No livro C, se apresenta organizado em capítulos e temas – alguns capítulos têm quatro temas e outros tem três temas. O conceito de isomeria aparece no tema 2, dentro do terceiro capítulo. Ele é precedido dos conceitos de *i)* fontes fósseis de hidrocarbonetos; *ii)* representação e classificações dos compostos orgânicos; *iii)* hidrocarbonetos; *iv)* polímeros sintéticos; *v)* fermentação alcoólica e oxidação alcoólica; *vi)* a síntese do biodiesel; *vii)* a energia nuclear; *viii)* compostos nitrogenados presentes em medicamentos. O conceito de isomeria óptica no capítulo 3 “A Química na Medicina”, no tema 2, pois neste livro os capítulos são divididos em temas. Diferente dos outros livros, no livro D os conceitos de isomeria são apresentados no capítulo 1 “A Química das drogas e dos medicamentos e as funções orgânicas”, junto com alquenos. No livro E, apresenta-se no capítulo 5, dentro da unidade sobre “Drogas lícitas e ilícitas”, após os capítulos sobre *i)* conceitos básicos e nomenclatura; *ii)* hidrocarbonetos e haletos orgânicos; *iii)* petróleo, hulha e madeira e, *iv)* funções oxigenadas e nitrogenadas. Já no livro F, são apresentados os conceitos no capítulo 3, após os capítulos sobre *i)* a química orgânica e o petróleo; *ii)* alimentos e substâncias orgânicas.

Desta forma, percebe-se que dos seis livros, quatro seguem padrões semelhantes: A, C, E F. Nestes livros, os conceitos relacionados à isomeria são apresentados após a apresentação de conceitos básicos associados às características dos compostos orgânicos e às funções

orgânicas – ou seja, para os autores destes livros, é necessário que os alunos consigam compreender as diferentes formas de organização das cadeias carbônicas e, identificar e diferenciar todos os grupos funcionais, antes de iniciar os estudos de isomeria.

Já para os autores do livro D, os conceitos de isomeria são apresentados em uma ordem diferente – iniciando com a isomeria cis-trans, logo no primeiro capítulo, quando são analisadas as diferentes possibilidades de organização das cadeias carbônicas. Na sequência, o livro D aborda, em apenas três páginas, outros conceitos de isomeria. Percebe-se nesta abordagem, que para os autores deste livro, não se faz necessária a compreensão de muitos conceitos, uma vez que a isomeria está diretamente relacionada à arquitetura das moléculas. Apenas o livro B traz os conceitos de isomeria dividido em dois capítulos, onde os conceitos de isomeria plana aparecem associados às características gerais dos compostos orgânicos e, após a apresentação das funções orgânicas apresenta os conceitos de isomeria óptica e cis-trans.

Assim, compreende-se que há possibilidades de abordagens diferentes para este conceito e que, cabe ao professor de Química compreender e avaliar os conceitos prévios necessários para a compreensão do fenômeno de isomeria, assim como na seleção de estratégias metodológicas e dos exercícios, como serão analisados nos próximos tópicos.

Definição de Isomeria

Foram observados quais termos os autores utilizaram para definir os conceitos de isomeria. Percebe-se que todos os livros iniciam pela definição da palavra **isômero**, antes de definir **isomeria**. Segundo Marcelino Júnior (2014, p. 179) estes “termos carregam uma mesma semântica, sem distinção entre o aspecto fenomenológico e didático”, ou seja, a isomeria é um fenômeno que pode ser estudado, já a palavra isômero está associada a uma classificação. Os isômeros são definidos nos livros A e B como compostos diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular. Já no livro C, a palavra isômero é utilizada para diferenciar o butano e o metil-propano, que são compostos com mesma fórmula molecular, mas apresentam diferentes fórmulas estruturais. Esta definição é semelhante à utilizada nos livros D e F. Na sequência, o livro C complementa a definição, explicando que: “compostos isômeros apresentam a mesma fórmula molecular, mas propriedades físicas e/ou químicas distintas” (Livro C, p. 29).

O Livro E apresenta uma abordagem diferente, pois não define a palavra isômeros, mas explica sua origem, quando explica a diferença do cianeto de amônio e a ureia: “Esses compostos ficaram conhecidos como isômeros – do grego iso, ‘mesmo’, e méros, ‘parte’, significando, portanto, ‘partes iguais’ –, palavra inventada por Berzelius para descrever a

isomeria, fenômeno que havia acabado de ser descoberto” (Livro E, p. 11). Esta explicação aparece também no livro F (p. 83).

O livro E define isomeria como: “Isomeria é o fenômeno em que dois ou mais compostos possuem mesma fórmula molecular e diferente fórmula estrutural” (Livro E, p.11), esta definição verifica-se em destaque em um quadro azul. Já no livro D, aparece a seguinte explicação:

“A possibilidade da existência de mais de uma fórmula estrutural para a mesma fórmula molecular é conhecida como **isomeria**. O fato de que os átomos de uma molécula se distribuem de forma diferente no espaço pode conferir propriedades físicas e químicas diferentes a compostos que são isômeros entre si” (Livro D, p. 34 – grifo dos autores).

No livro A, não apresenta a definição do conceito de isomeria – apesar de iniciar o capítulo com o tópico “O conceito de isomeria: um pouco de história”, é comentado sobre o conceito de isômeros, se referindo ao capítulo 2, onde a definição foi apresentada. Na sequência, a obra classifica isomeria em dois grandes grupos: a isomeria constitucional ou plana e a isomeria espacial ou estereoisomeria, mas sem apresentar a definição. Da mesma forma, nos livros C e F não se apresentam o conceito de isomeria. No livro F verifica-se um quadro “Pare e pense” com a seguinte pergunta “O que a palavra isomeria significa?” (Livro F, p. 82), mas fica a impressão de que este será construído pelo aluno, pois só apresenta a definição de isômeros. Já no livro B apresenta-se o conceito da seguinte forma: “Fala-se em isomeria quando compostos diferentes e, portanto, com propriedades diferentes possuem mesma fórmula molecular. Compostos com essas características são ditos isômeros entre si” (Livro B, p. 33). Desta forma, verifica-se que se não é apresentada uma definição clara sobre o fenômeno, mas como uma propriedade, relacionando aos isômeros.

Raupp e Del Pino (2015) destacam que estes conceitos não fazem parte dos conhecimentos espontâneos ou com as experiências prévias dos alunos e, que por isso, podem ser a causa da desmotivação em aprender estes conceitos e/ou da dificuldade em lidar com situações abstratas e desassociadas do seu cotidiano. Por isso, considera-se importante fazer tal análise, pois, “uma aprendizagem será significativa quando o aluno for capaz de estabelecer relações coerentes entre o que já sabe e o novo conhecimento que lhe está sendo apresentado” (CORREIA *et al.*, 2010, p. 93). Além disso, de acordo com Marcelino Júnior (2014), “o domínio de um sistema de conceitos e de habilidades em isomeria pode se transformar efetivamente em instrumento cognitivo do estudante, ampliando tanto o conteúdo quanto a forma do seu pensamento” (MARCELINO JUNIOR, 2014, p. 32).

Aspectos históricos relacionados à isomeria

Os aspectos históricos relacionados a isomeria foram analisados, buscando verificar a abordagem e a importância destes para a compreensão do conteúdo. Compreende-se que é importante a inserção de aspectos históricos nos livros didáticos, pois como afirmam Vidal e Porto (2012, p. 295) podem “humanizar as ciências e relacioná-las aos interesses éticos, culturais e políticos; deixar as aulas mais estimulantes e reflexivas, desenvolvendo o pensamento crítico dos alunos; contribuir para uma compreensão maior dos conteúdos científicos”. Estes autores complementam ainda que a inserção de aspectos históricos nas aulas de Ciências, oportuniza ao aluno perceber “que a ciência resulta de um processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, que possui suas limitações e procedimentos intrincados – ou seja, que a ciência não aparece, repentinamente, na mente de “gênios” isolados que geram o conhecimento” (2012, p. 295).

Desta forma, verifica-se que, em todos os livros de Química aprovados no PNLD 2018 identificam-se menções à história da construção do conhecimento relacionado à isomeria. Entretanto, em alguns livros a abordagem acontece de forma integrada ao texto e, em outros, os aspectos históricos são mencionados em boxes desconectados do texto principal. Exemplo desta última forma de abordagem é o livro B, que apresenta no capítulo 2 conceitos, exemplos, aplicações no cotidiano, exercícios e até uma proposta de atividade prática sobre isomeria, mas só ao final do capítulo traz o box “Química tem história” apresentando a descoberta da isomeria (Figura 1), citando alguns nomes de cientistas envolvidos com a construção deste conceito. O mesmo fato é percebido no livro F. Verifica-se que, desta forma, a história é considerada um apêndice e não uma parte integrante, indispensável para a compreensão dos conceitos que estão sendo apresentados.

🕒 Química tem história

A descoberta da isomeria

Composição e identidade das substâncias

Até o início do século XIX, os químicos acreditavam que a composição de uma substância, determinada por análises químicas e expressa através de fórmula empírica, com a indicação dos elementos e suas proporções relativas, era suficiente para definir a identidade dessa substância.

Por conta disso, a ideia de que duas substâncias distintas poderiam ter a mesma composição não era considerada pelos químicos da época. Qualquer indício de que duas substâncias claramente diferentes apresentavam, preliminarmente, a mesma composição era tido como um erro das análises químicas. Estas, por sua vez, deveriam ser refeitas

indicavam que a composição do cianato de prata era idêntica a do fulminato de prata, pois ambas substâncias apresentavam a mesma porcentagem de prata, carbono, nitrogênio e oxigênio, com fórmula empírica AgCNO .

Liebig, inicialmente, contestou os resultados de Wöhler, apontando que as análises deveriam estar erradas, pois duas substâncias diferentes deveriam apresentar composições distintas. Wöhler, por sua vez, disponibilizou uma amostra do cianato de prata a Liebig, que confirmou os resultados já obtidos.

A concepção do conceito de isomeria

Berzelius tomou conhecimento da controvérsia entre Liebig e Wöhler. Com o intuito de resolvê-la, ele pro-

Figura 1: Boxe com aspectos históricos associados à isomeria no Livro B, p. 41.

Já nas outras obras, verifica-se que a história é utilizada para introduzir os conceitos de isomeria, apresentando principalmente os trabalhos de Berzelius, Liebig e Pauster. Por exemplo, no livro E, o tópico sobre isomeria constitucional é introduzido da seguinte forma:

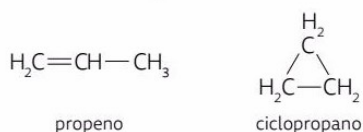
“O conceito de isomeria teve origem na primeira síntese orgânica, quando Wöhler e Berzelius observaram que tanto a ureia, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$, como o cianato de amônio, $\text{NH}_4\text{OCN}(\text{s})$, que havia sido utilizado para prepará-la, apresentavam os mesmos elementos na mesma quantidade: $\text{N}_2\text{H}_4\text{CO}$. Os cientistas observaram também que as propriedades químicas e físicas dessas substâncias, contudo, eram absolutamente diferentes. Foi Berzelius quem, com a ajuda do químico alemão Justus von Liebig (1803-1873), propôs uma explicação para o fenômeno: os compostos apresentavam a mesma composição de elementos, mas a disposição dos átomos desses elementos em cada composto era diferente” (Livro E, p. 120).

Abordagem semelhante é identificada no Livro A, como mostra a figura 2:

■ O conceito de isomeria: um pouco de história

Ao longo do estudo de Química Orgânica que realizou até aqui, você já teve a oportunidade de analisar exemplos de compostos que apresentavam a mesma composição química, mas possuíam fórmulas estruturais diferentes.

Observe o caso a seguir.



Os dois compostos, propeno e ciclopropano, têm a mesma fórmula molecular (C_3H_6), mas apresentam fórmulas estruturais diferentes. Portanto, os dois compostos são isômeros.

Os primeiros isômeros identificados foram as substâncias inorgânicas fulminato de prata (AgCNO), pelo químico alemão Justus von Liebig (1803-1873) e pelo químico e físico francês Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) em 1824, e cianato de prata (AgNCO), pelo químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882) em 1825. Note que o fenômeno de isomeria não é exclusivo da Química Orgânica.

Naquela época não existia o conceito de isomeria, que só foi formulado por Berzelius em 1830, conforme visto no capítulo 2. No entanto, Gay-Lussac já imaginava que, para explicar as diferentes propriedades dessas duas substâncias, deveria supor outro modo de combinação entre os “átomos”.

Na mesma década, também foi observado o fenômeno da isomeria em compostos como a ureia e o cianato de amônio (conforme você viu no capítulo 2).

Atualmente, o fenômeno de isomeria é classificado em dois grandes grupos: a **isomeria constitucional** ou **plana** e a **isomeria espacial** ou **estereoisomeria**.

Figura 2: Abordagem dos aspectos históricos associados à isomeria no Livro A, p. 155.

Desta forma, verifica-se que, nestas abordagens a história passa a ter papel essencial para a compreensão do conceito químico, diferente do que foi mostrado nos Livros B e F. Entretanto, em função do tempo, a análise aqui não foi realizada de forma mais ampla como sugerem alguns pesquisadores (VIDAL; PORTO, 2012; PITANGA *et al.*, 2014; TARGINO; BALDINATO, 2016), pois tem-se o objetivo de analisar a presença destes aspectos. Compreende-se que seja importante a ampliação desta análise verificando, por exemplo: i) a abordagem das ideias/descobertas; ii) a evolução das teorias; iii) quem são os principais cientistas envolvidos e, iv) o contexto em que as informações estão relacionadas (TARGINO; BALDINATO, 2016). Ou ainda, seria interessante analisar a linearidade, a consensualidade e a ausência da abordagem mais ampla do contexto histórico, como propõe Pitanga e colaboradores

(2014). Por outro lado, nos livros C e D apresentam alguns cientistas durante o decorrer do capítulo, apresentando o conteúdo e por quem foi desenvolvido.

Contextualização do conceito isomeria

Segundo Raupp e Del Pino (2015) os conceitos científicos relacionados à isomeria não têm associações diretas aos conhecimentos cotidianos do estudante, diferente do que ocorre com outros assuntos como termoquímica e a ideia de calor ou outros conceitos relacionados à química Orgânica, como os polímeros, os combustíveis, dentre tantos outros. De acordo com Souza (2015, p. 81), “apresentar o conteúdo de forma contextualizada, problematizada, de forma que o aluno reconheça sua importância e que relacione com o cotidiano facilita a construção do conhecimento de forma significativa”.

Diante da importância dada pela literatura à contextualização nas aulas de Química, analisou-se como os livros trazem situações contextualizadas. Para isso, considera-se importante trazer a diferenciação apresentada por Wartha, Silva e Bejarano (2013) e que a caracterização do cotidiano a partir da apresentação de fatos do dia a dia para ensinar os conceitos científicos se caracteriza como exemplificação ou ilustração. A problematização seria a apresentação da articulação dos conhecimentos e conceitos com temas geradores ligados a situações reais. Desta forma, a contextualização, de acordo com Wartha, Silva e Bejarano (2013), seria um processo mais complexo do que a apresentação de exemplos ou de contextos sem problematizar, pois necessita provocar a busca por entendimentos sobre o tema que está sendo estudado, sendo um princípio norteador da abordagem metodológica.

Assim, verifica-se que a maior parte dos exemplos que aparecem nos livros não trazem uma abordagem contextualizada para os conceitos de isomeria. O que são apresentadas são aplicações dos conceitos em situações do cotidiano, como por exemplo, no livro B, quando explica os diferentes isômeros de posição e, na sequência, traz um boxe explicativo sobre três compostos que podem aparecer como produtos indesejados na produção de xampus. O mesmo ocorre no livro F, quando após a explicação dos conceitos de isomeria cis e trans, apresenta o exemplo:

“Um exemplo de diferença de propriedades químicas de isômeros geométricos está nas gorduras trans. Os isômeros trans das gorduras apresentam uma reatividade biológica diferente das gorduras cis. Assim, as gorduras trans aumentam, no sangue, a quantidade da lipoproteína LDL, conhecida como “colesterol ruim” e diminuem a quantidade de lipoproteína HDL, conhecida como ‘colesterol bom’” (Livro F, p. 85).

Do contrário, o livro D apresenta o contexto das gorduras trans dentro do capítulo sobre alimentos e nutrição. Neste capítulo são analisados conceitos relacionados à caloria dos alimentos, diferencia alimentos diet e light, apresenta as estruturas e as propriedades das vitaminas e dos sais minerais e, na sequência discute os ácidos graxos e as gorduras. Neste contexto, o livro explica as propriedades físicas e químicas dos ácidos graxos e as configurações cis e trans dos compostos. Algo parecido é identificado no livro C, no capítulo intitulado Os triglicerídeos na alimentação e as gorduras trans, onde o conceito de isomeria cis-trans é apresentada após a explicação sobre a produção de óleos e margarinas. Percebe-se, nestes casos, que ocorrem situações de contextualização e não de exemplificação ou de aplicação.

Já nos livros A, B e a ideia de isomeria cis-trans também é associada às gorduras trans, mas após a explicação de todos os conceitos. Por exemplo, o conceito de isomeria cis-trans é apresentado no livro B no capítulo 2 e o contexto de gordura trans aparece apenas no capítulo 10. O mesmo ocorre no livro E, onde o conceito de isomeria cis-trans aparece no capítulo 5 e o exemplo da gordura trans está no capítulo 9. Verificam-se nestes casos que, apesar de ser o mesmo exemplo, a partir dos referenciais teóricos analisados, temos exemplificações e não contextualizações.

Em relação aos isômeros ópticos, identificam-se várias aplicações dos conceitos, pois em todos os casos, a justificativa para o estudo destes compostos baseia-se no fato destes compostos terem propriedades diferentes, alguns são medicamentos e outros são venenos, por exemplo. Entretanto em vários casos, a aplicação aparece como um exemplo e não como o contexto. Por exemplo, no livro A, a isomeria óptica é explicada, assim como o fenômeno da luz polarizada, da atividade óptica e da simetria e, só após a explicação sobre o carbono assimétrico, é apresentado o exemplo do limoneno no limão e na laranja e, das diferentes formas da glicose que participam ou não do metabolismo. Ou seja, são exemplos, não contextos.

Já no livro B, inicia-se explicando o caso da talidomida, que foi um medicamento utilizado por volta dos anos 1950 para o tratamento de insônia, ansiedade e enjoos por mulheres grávidas. Entretanto, verificou-se a incidência de bebês com deformações físicas e isso foi associado ao uso deste medicamento. O livro comenta este fato histórico, mas não explica a relação deste com os isômeros ópticos. Abordagem semelhante aparece nos livros C e F, apenas citando a talidomida como um exemplo de composto que apresenta isomeria óptica, mas sem explicação ou sem a apresentação das estruturas deste composto. Já o livro D apresenta as estruturas dos compostos (Figura 3) e explica que um dos isômeros provoca a “má-formação congênita e afeta principalmente o desenvolvimento dos braços e das pernas do bebê. Essa mesma atividade não é observada no isômero R, que age apenas como sedativo”. O livro B na

página 151 apresenta representação semelhante à Figura 3, com a explicação: “verifica-se que a presença de átomo de carbono assimétrico faz com que a molécula tenha uma imagem não sobreponível, o que corresponde a outra substância” (Livro B, pág. 151).

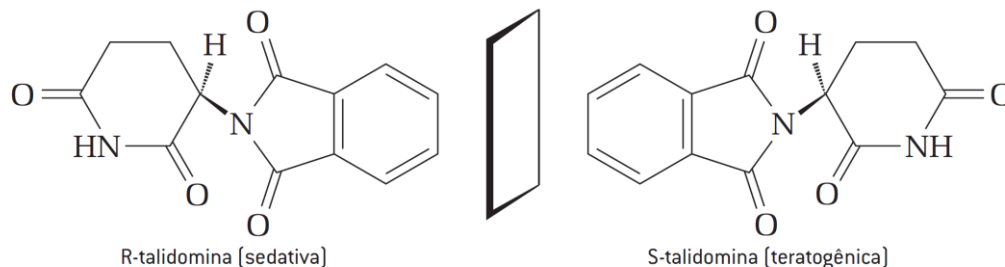


Figura 3: representações dos isômeros presentes na talidomida (Livro D, p. 35).

Abordagem diferente tem o livro E, que explica todos os conceitos associados à isomeria óptica e, ao final do capítulo, traz um quadro com vários exemplos, dentre eles a talidomida. Ou seja, novamente é a aplicação do conceito em uma situação do cotidiano e não uma contextualização.

Além destes exemplos, identificam-se outros associados às drogas, ao aspartame, vitaminas, morfina, dentre outros, mas como apontado por Marcelino Júnior (2014), com poucas articulações com os conceitos, restringindo-se às aplicações. Assim, considera-se importante que o professor analise os livros com cuidado e procure associar estes exemplos de forma contextualizada aos conceitos de isomeria, procurando identificar nas obras temas que podem ser relevantes e que despertem o interesse dos alunos.

Propriedades físicas dos isômeros

Verificou-se que os livros A (p. 158), C (p. 147), D (p. 33), E (p. 130-131) e F (p. 85), apresentam tabelas comparativas com as propriedades físicas de alguns compostos, ou seja, somente o livro B não traz as propriedades físicas como um critério para diferenciação dos isômeros. As tabelas (Figuras 4, 5, 6 e 7) apresentam características comuns e algumas especificidades. Por exemplo, os cinco livros trazem os pontos (ou temperaturas) de ebulição como um critério importante de ser analisado. Já o ponto (ou temperatura) de fusão aparece nas tabelas dos livros A, D, E e F e, a densidade é apresentada nas tabelas dos livros A, E e F. Além disso, o livro C apresenta duas propriedades que não são analisadas nos outros livros: rotação da luz polarizada e atividade biológica (como pode ser verificado na Figura 7), uma vez que é o único livro que apresenta a comparação das propriedades para isômeros ópticos. Verifica-se

que nenhum dos quadros apresenta a solubilidade como um critério de diferenciação entre os isômeros.

Comparação de substâncias com propriedades distintas com a fórmula estrutural $\text{CH}_3\text{CHCHCH}_3$				
Substância	Fórmula plana	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)	Densidade (g/cm ³)
A	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	-139	4	0,62
B	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	-106	1	0,59

A

DADOS FÍSICOS DOS ISÔMERO DO BUT-2-ENO			
Nome	$t_{\text{ebulição}}$	$t_{\text{fusão}}$	Densidade
<i>trans</i> -but-2-eno	1 °C	-106 °C	1,3778 g/mL
<i>cis</i> -but-2-eno	4 °C	-139 °C	1,3868 g/mL

F

Figura 4: Tabelas encontradas nos livros A (p. 158) e F (p. 85) com propriedades físicas de dois isômeros.

Substância	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
hexano	C_6H_{14}	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	-95,3	68,7
2,2-dimetil-butano	C_6H_{14}	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-99,0	49,7
heptano	C_7H_{16}	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	-90,6	98,5
2,2-dimetil-pentano	C_7H_{16}	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-123,8	79,2
octano	C_8H_{18}	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	-56,8	125,6
2,2-dimetil-hexano	C_8H_{18}	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-121,1	106,8

Figura 5: Tabela encontradas no livro D (p. 35) com propriedades físicas de alguns isômeros.

<p>Veja abaixo a densidade em g/mL e a temperatura de ebulição (TE) em °C dos isômeros <i>cis</i> e <i>trans</i> do 1,2-dicloroeteno.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Isômetro</th> <th>$d/(\text{g/mL})$</th> <th>$TE/^\circ\text{C}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>cis</i></td> <td>1,282</td> <td>≈59</td> </tr> <tr> <td><i>trans</i></td> <td>1,257</td> <td>≈48</td> </tr> </tbody> </table>	Isômetro	$d/(\text{g/mL})$	$TE/^\circ\text{C}$	<i>cis</i>	1,282	≈59	<i>trans</i>	1,257	≈48	<p>Veja abaixo as temperaturas de fusão (TF) e de ebulição (TE) em °C dos isômeros <i>cis</i> e <i>trans</i> do 1,2-dimetilciclopentano.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Isômetro</th> <th>$TF/^\circ\text{C}$</th> <th>$TE/^\circ\text{C}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>cis</i></td> <td>-62</td> <td>99,5</td> </tr> <tr> <td><i>trans</i></td> <td>-120</td> <td>91,8</td> </tr> </tbody> </table> <p>Os isômeros <i>cis</i> e <i>trans</i> do 1,2-dimetilciclopentano são usados em sínteses orgânicas.</p>	Isômetro	$TF/^\circ\text{C}$	$TE/^\circ\text{C}$	<i>cis</i>	-62	99,5	<i>trans</i>	-120	91,8
	Isômetro	$d/(\text{g/mL})$	$TE/^\circ\text{C}$																
	<i>cis</i>	1,282	≈59																
<i>trans</i>	1,257	≈48																	
Isômetro	$TF/^\circ\text{C}$	$TE/^\circ\text{C}$																	
<i>cis</i>	-62	99,5																	
<i>trans</i>	-120	91,8																	

E

Figura 6: Tabelas encontradas no livro E (p. 130-131) com propriedades físicas de dois isômeros *cis-trans*.

Comparação de algumas propriedades dos dois enantiômeros da carvona			
	<i>l</i> -carvona	<i>d</i> -carvona	Enantiômeros da carvona
Temperatura de ebulição a 1 atm	231 °C	231 °C	Mesmas propriedades físicas
Rotação óptica da luz polarizada	-61°	+61°	Rotação óptica oposta
Atividade biológica (cheiro/sabor)	Hortelã	Alcaravia	Atividade biológica diferente (porque os receptores gustativos no corpo são quirais)

Figura 7: Tabela encontrada no livro C (p. 147) com propriedades físicas de dois isômeros ópticos.

Compreende-se que a apresentação das propriedades físicas dos compostos seja um critério interessante para a diferenciação dos isômeros. Considera-se importante também que os professores procurem exemplos de solubilidade, uma vez que esta propriedade é bastante diferente, em especial, em compostos com isomeria cis-trans (RAUPP, DEL PINO, 2015). Entretanto, como demonstrado nas Figuras 4, 5, 6 e 7, os livros apresentam poucas possibilidades para que os professores apresentem esta diferenciação em suas aulas. Por isso, seria importante que os professores consultassem outras fontes de informação.

Aplicações dos isômeros no cotidiano

Raupp e Del Pino (2015, p. 166) afirmam que “a singularidade de compostos que apresentam a mesma forma molecular, mas propriedades diferentes e as aplicações no cotidiano podem ser utilizadas pelo professor com um fator motivacional para o estudo do tema”. Por isso, foram analisadas nas obras, exemplos de aplicações dos isômeros em situações do cotidiano. Em especial para os compostos que apresentam isomeria óptica, foram identificados exemplos nos livros para que os professores utilizem as características dos compostos em suas aulas. Os livros A (p. 169), C (p. 148) e E (p. 141-142) – Figura 8, apresentam quadros, como curiosidade, com vários exemplos de isômeros ópticos que são usados como princípios ativos em fármacos. Nos livros A e E apresenta-se a fórmula estrutural e uma pequena descrição sobre cada composto, enquanto no livro C apresenta-se o fármaco e seu efeito. Nos outros livros, estas propriedades também são apresentadas, mas sem o uso do recurso gráfico, já que as informações são apresentadas no corpo do texto ou em boxes com apenas um tipo de composto, como no caso do livro B (p. 153) – Figura 9.

Curiosidade



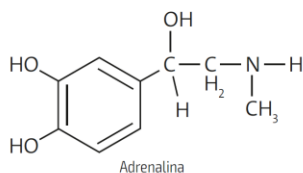
Atividade bioquímica dos enantiômeros

Como dissemos, a maior diferença entre dois enantiômeros está na atividade que eles exercem em um organismo vivo.

Vamos ver alguns exemplos de como isso ocorre em compostos conhecidos.

Adrenalina

A adrenalina é um hormônio produzido pela parte medular das glândulas suprarrenais e liberado pela excitação das fibras nervosas. A adrenalina levogira atua como um potente vasoconstritor e hipertensor.



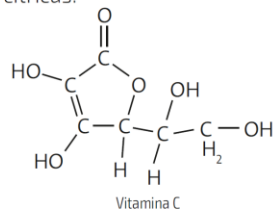
Apresenta um efeito pronunciado sobre o metabolismo corporal, provoca aumento da frequência cardíaca e da tensão arterial.

Em condições normais, a quantidade de adrenalina liberada pelo organismo é constante, mas, em situações de estresse emocional, raiva ou medo, ocorre uma descarga extra da substância, que eleva temporariamente a atividade metabólica.

A adrenalina dextrogira é bem menos ativa como hormônio do que a adrenalina levogira.

Vitamina C

A vitamina C – ácido ascórbico dextrogiro – é obtida de vegetais, verduras cruas, legumes e frutas cítricas.



Auxilia a absorção do ferro, aumenta a resistência orgânica, fortalece os ossos, os vasos sanguíneos, as gengivas e tem efeito antioxidante e antiestressante. A carência de vitamina C provoca escorbuto, gengivite, perda de apetite e cansaço. O ácido ascórbico levogiro não apresenta nenhuma atividade biológica.

Morfina

Em condições ambientes a morfina é um pó cristalino, incolor e brilhante.

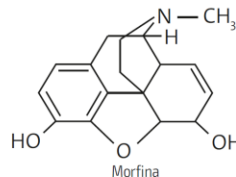


Figura 8: Quadro encontrado no livro E (p. 141) com curiosidades sobre alguns compostos que apresentam isomeria óptica.

SAIBA MAIS

Os isômeros do aspartame e suas propriedades adoçantes

O aspartame é uma substância comumente utilizada para adoçar alimentos. Isso ocorre porque seu potencial adoçante é 180 vezes maior que o da sacarose, apesar de as duas substâncias serem similares em termos calóricos. Conseqüentemente, uma menor quantidade de aspartame deve ser adicionada ao alimento para que o mesmo sabor doce seja obtido.

Por apresentar dois átomos de carbono assimétricos, o aspartame possui dois pares de enantiômeros.

O sabor adocicado corresponde a um dos enantiômeros. O sabor amargo corresponde ao seu isômero óptico.

Fonte de pesquisa: BAGATIN, O. et al. Revista Química Nova na Escola, São Paulo, n. 21, p. 34-38, maio 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a07.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2016.

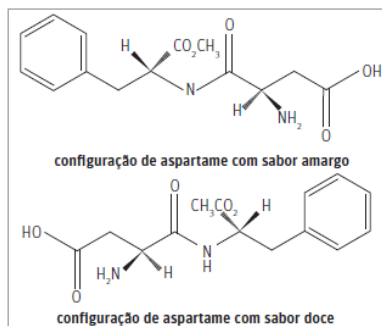


Figura 9: Quadro encontrado no livro B (p. 153) com características de dois isômeros ópticos.

Segundo Marcelino Júnior (2014), compreender as propriedades das substâncias é uma habilidade importante de ser desenvolvida nas aulas de Química, pois possibilita estabelecer relações entre os fenômenos, a teoria e os modelos. Além disso, o autor aponta a possibilidade do professor em relacionar os isômeros com suas aplicações na indústria, na medicina e na agricultura, dentre outras. Destaca também a importância do professor discutir com seus alunos

que as propriedades diferentes e até antagônicas dos isômeros podem provocar problemas individuais e sociais, e que parte do “desconhecimento destas propriedades ainda permanecem na saúde e na vida de muitas pessoas até os nossos dias” (MARCELINO JÚNIOR, 2014, p. 32).

Recursos pedagógicos associados à isomeria

a) Analogias

Segundo Mendonça, Justi e Oliveira (2007) relacionar conceitos através das analogias é uma parte básica do processo do pensamento humano, pois auxiliam na comunicação e no entendimento dos problemas. Segundo as autoras, “utilizamos analogias para explicar ‘algo’ para alguém ao usarmos expressões do tipo ‘se parece com...’, ‘é como se fosse...’” (MENDONÇA, JUSTI, OLIVEIRA, 2007, p. 2). Assim, de acordo com Araújo, Malheiro e Teixeira (2015) os professores utilizam analogias e metáforas para facilitar a compreensão de conteúdos abstratos ou difíceis de compreender pelos estudantes. “Nessa perspectiva, os docentes partem de um alvo, que configura o conceito científico a ser abordado, utilizando um análogo, algo que seja familiar ao cotidiano dos discentes, para tentar explicá-lo de maneira mais simples e construtiva” (ARAÚJO, MALHEIRO, TEIXEIRA, 2015, p. 20).

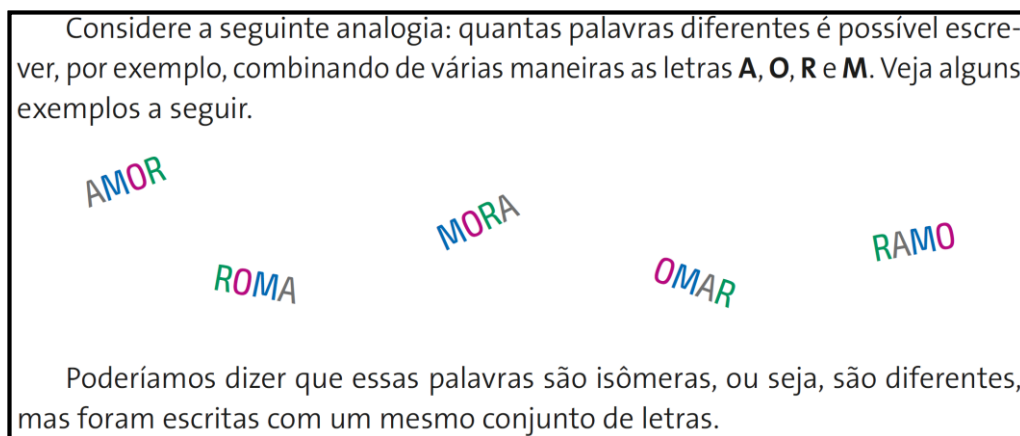


Figura 10: Trecho do livro E (p. 120) fazendo menção a analogias para explicar a ideia de isômeros.

Como pode ser observado na Figura 10, o livro E faz menção ao termo analogia, para explicar o que seriam isômeros, usando as várias possibilidades de palavras escritas usando as letras A, M, O e R. O livro E diz que as palavras são isômeras, por serem diferentes, mas escritas com o mesmo conjunto de letras. Entretanto, neste exemplo, verifica-se a confusão entre os

domínios alvo – no caso, os compostos orgânicos que apresentam isomeria e análogo – as palavras escritas com as mesmas letras.

Por isso, o professor precisa tomar alguns cuidados com as analogias, pois ao querer melhorar a explicação poderá acarretar algo que não se pretendia, não sendo reconhecida como tal, ficando explícita a sua utilidade. Neste sentido, o livro B introduz o conceito de isomeria óptica com a imagem de uma borboleta, para explicar a simetria entre as asas (Figura 11b) e o livro A utiliza um limão e uma laranja para introduzir o conceito de isomeria (Figura 11a). No texto do livro A, explica-se que há no limão e na laranja, a frutose e a glicose, que apresentam mesma fórmula molecular, mas tem grupos funcionais diferentes – frutose tem grupo cetona e glicose tem grupo aldeído. Entretanto, para o aluno que vê a imagem e que lê o texto, fica a impressão de que a diferença entre limões e laranjas se deve a isomeria destes dois compostos. Já o exemplo usado pelo livro B (figura 11b), para exemplificar o fenômeno de simetria é mais adequado, inclusive por ter a explicação de forma clara abaixo da figura.



Figura 11: Imagens que abrem os livros A (p. 154) e B (p. 148) com imagens análogas.

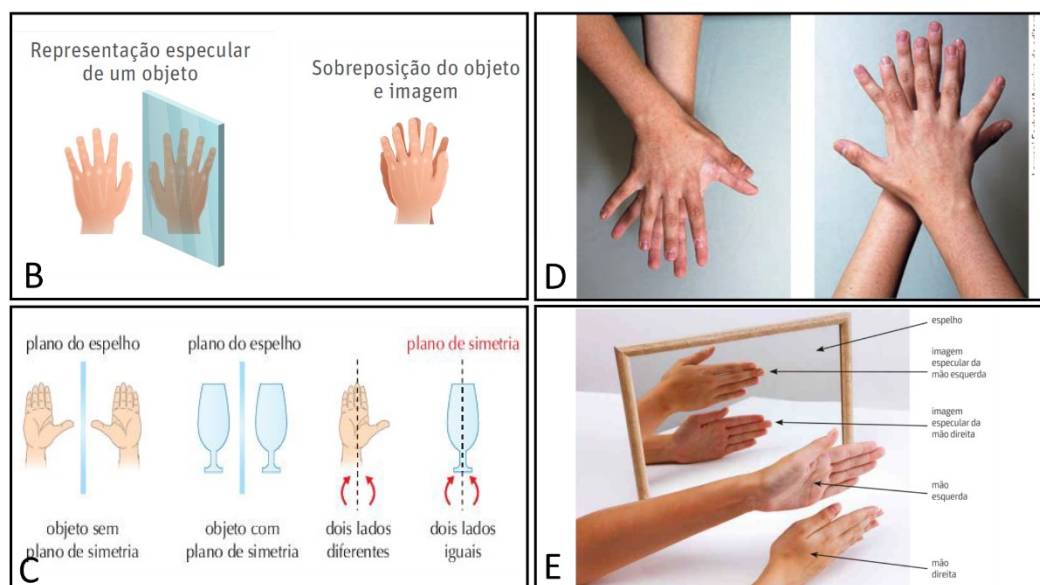


Figura 12: Imagens encontradas nos livros B (p. 149), C (p. 141), D (p. 35) e E (p. 134) apresentando analogia com mãos para explicar plano de simetria e imagem especular.

Outro exemplo de analogia que aparece na maioria dos livros é a comparação entre as mãos direita e esquerda para explicar a ideia de imagem especular. Verifica-se este uso nos livros B, C, D e E, conforme mostra a figura 12. Os livros B e E explicam que a origem do termo quiral vem da palavra grega *khéir*, que significa mão (Livro B, p. 149; E, p. 134). Os outros livros utilizam as mãos como exemplos, mas sem trazer esta explicação. Entretanto, em todos os casos é importante destacar que as mãos não são isômeras, mas são exemplos usados para a compreensão do fenômeno.

O livro A apresenta um modelo (figura 13) para explicar os isômeros espaciais a partir da analogia com chave e fechadura: “as enzimas só interagem com a substância cuja disposição espacial é compatível com a sua. Ou seja, de forma análoga, seria semelhante a um sistema de chave fechadura, isto é, em que há o encaixe de uma molécula em outra” (Livro A, p. 168).

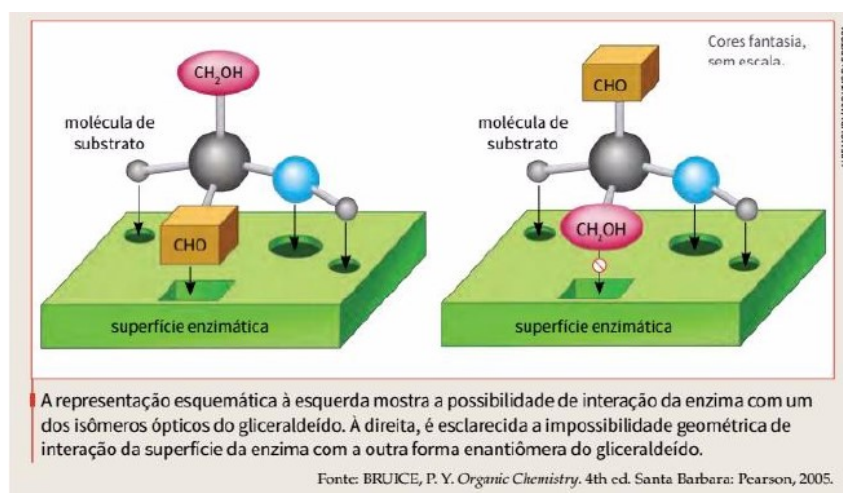


Figura 13: Representação encontrada no livro A (p. 169) como analogias para demonstrar a interação da enzima com um dos isômeros ópticos do gliceraldeído.

Neste sentido, é importante destacar que a analogia da chave-fechadura, que é bastante utilizada pelos professores das disciplinas de Biologia, tem limitações como aponta Francisco Júnior (2009):

Enzima e substrato não possuem "encaixe perfeito". Se assim fosse, o complexo enzima-substrato possuiria maior estabilidade do que os reagentes e os produtos da reação, desfavorecendo termodinamicamente a catálise enzimática que, por sua vez, não se processaria. Essa analogia tem papel apenas funcional, ou seja, enzimas específicas catalisam as reações de substratos específicos, assim como chaves específicas abrem determinadas fechaduras. Todavia, ela é empregada como uma analogia estrutural em detrimento ao caráter funcional (FRANCISCO JUNIOR, 2009, p. 133).

Desta forma, os termos chave e fechadura fortalecem, de acordo com o autor o conceito equivocado de encaixe perfeito – como é mencionado no livro A. Assim, é essencial que o

professor de Química, ao utilizar esta analogia, discuta com os alunos as limitações e possibilitem a compreensão do fenômeno.

b) Modelos

De acordo com Mól e colaboradores (2010, p. 134 *apud* Machado, 2013), a ciência química caracteriza-se pela utilização de teorias e modelos específicos, além de utilizar uma linguagem própria que permite a comunicação entre cientistas e técnicos de diferentes áreas, nas quais são necessários conhecimentos químicos. Para eles, tal linguagem também é utilizada na informação sobre substâncias químicas e materiais presentes em produtos, entre eles alimentos, remédios e artigos de beleza (MACHADO, 2013, p. 13).

Podemos observar nos livros A e B, modelos (Figura 14) onde pode ser observada a possibilidade de rotação quando a ligação entre os átomos for uma ligação simples. Na figura 15 – que será apresentada e analisada na sequência, identificam-se dois modelos de ensino semelhantes. No livro A (figura 14 – A) traz o modelo com uma pessoa girando enquanto no livro B (Figura 14 – B) indica com uma seta a rotação. No livro B, há a explicação de que apenas as ligações simples permitem rotação: “Nesse composto, a livre rotação da ligação simples entre os átomos de carbono possibilita que a molécula adquira várias conformações sem a formação de produtos diferenciados” (Livro B, p. 37).

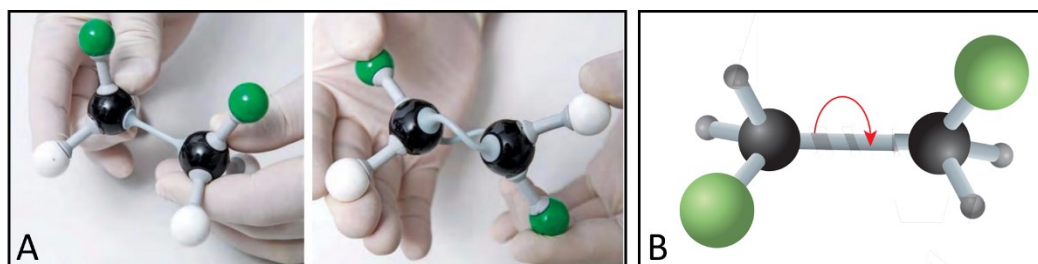


Figura 14: Representações encontradas nos livros A (p. 160) e B (p. 37) como modelos explicativos para a possibilidade de rotação da ligação simples nos compostos

Raupp, Serrano e Moreira (2009) afirmam que a visualização em química é o ponto fundamental, pois sua aprendizagem envolve habilidades viso espaciais que dão suporte para realizar determinadas operações cognitivas espacialmente. É através destas operações que nos tornamos capazes de internalizar as visualizações externas, para então manipularmos as estruturas mentalmente, podendo externalizá-los após esse processo (RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009, p. 66).

A parte que envolve o conceito de isomeria geométrica, não tem como fugir dos modelos, pois assim os alunos conseguem imaginar mentalmente a representação, através de

uma imagem ou o modelo apresentado, fazendo conexão ao nível macroscópico, possibilitando a transformação de representações bidimensionais em tridimensionais. Pois cada molécula tem sua individualidade seja na representação estrutural quanto geométrica.

Os livros A e B apresentam modelos parecidos para explicar o plano imaginário (Figura 15). O livro A traz um modelo com a fórmula estrutural, mostrando os constituintes que estão do mesmo lado ou em lados opostos no plano; já o livro B traz uma representação com esferas, dando cores fantasias, para os ligantes nas posições cis e trans. As imagens mostram que, diferente do que foi mostrado na figura 14, os compostos que apresentam uma dupla ligação não têm como se rotacionar.

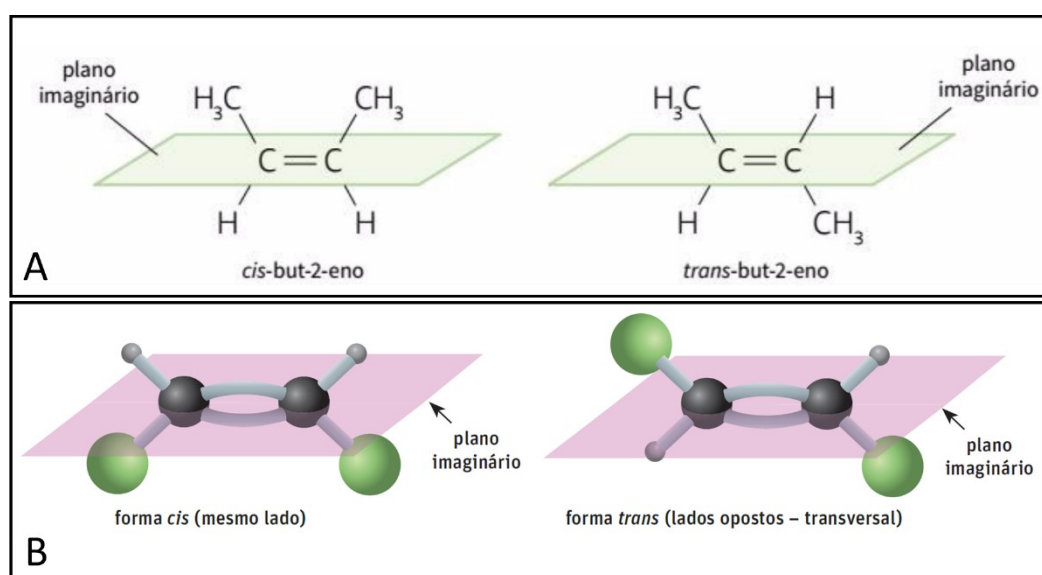


Figura 15: Representações encontradas nos livros A (p. 159) e B (p. 37) como modelos explicativos demonstrar um plano imaginário nas estruturas cis e trans em alcenos.

Na figura 16 verificam-se outros modelos moleculares usados pelos livros para diferenciar compostos cis e trans. As imagens mostram de forma clara as diferenças nas estruturas dos compostos, assim como os tipos de átomos e como estes estão organizados em cada estrutura. No livro A, o exemplo utilizado é o da molécula de retinal, que é bastante detalhado mostrando a fórmula molecular estrutural, com todos os átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, onde o aluno pode visualizar o anel aromático e a posição dos ligantes; ao lado, apresenta a estrutura com os símbolos dos átomos substituídos por bolas com tamanhos e cores diferentes. Considera-se importante que os livros tragam comparações entre estes tipos de representações para que os estudantes consigam compreender as diferenças e as limitações de cada modelo, ao mesmo tempo em que se familiariza com os diferentes tipos de representações que podem ser usados nas avaliações e nos processos seletivos. Já o livro F utiliza a comparação ocorre entre as diferentes representações do but-2-eno, com modelos

tridimensionais e fórmulas de traços, mostrando as diferenças entre os compostos cis e trans. Da mesma forma, considera-se importante que o estudante perceba as diferenças, semelhanças e as limitações de cada modelo.

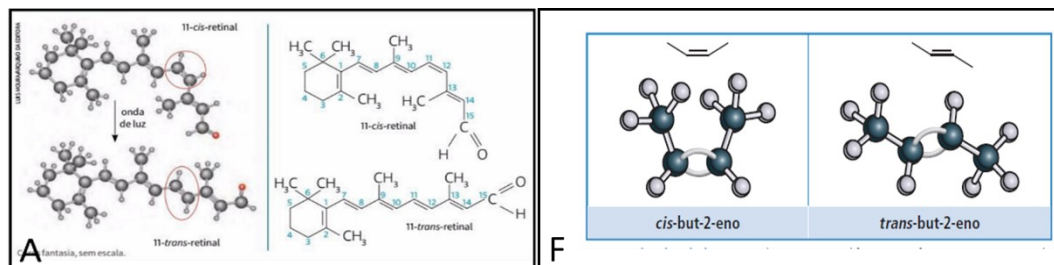


Figura 16: Representações encontradas nos livros A (p. 163) e F (p. 84) para explicar a diferença estrutural de compostos orgânicos cis e trans

O mesmo recurso é percebido na figura 17, com exemplos do livro A (p. 159) e livro E (p.122). O livro A traz exemplos de moléculas cis e trans com as fórmulas estruturais condensadas, mostrando os ligantes em diferentes posições do plano. Já o livro E traz exemplos de isômeros funcionais, mostrando que a diferente posição do oxigênio faz com que o composto tenha funções orgânicas diferentes – no caso, um fenol, um álcool e um éter. Considera-se importante que o professor apresente estes modelos para que os alunos compreendam as diferenças entre os isômeros.

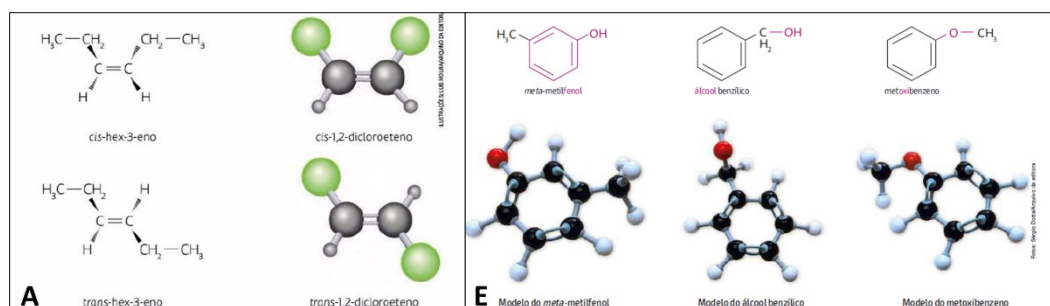


Figura 17: Representação encontradas no livro A (p. 159), E (p.122), como modelos explicativos demonstrar diferentes representações de compostos cis-trans (livro A) e isômeros planos (livro E).

Na figura 18 observam-se três exemplos encontrados nos livros que podem ser usados como modelos para explicar a quiralidade nos compostos orgânicos. Nos três livros, utiliza-se um espelho para mostrar a diferença entre os compostos. Apesar de trazer exemplos muito semelhantes, os modelos utilizados pelos livros trazem possibilidades diferentes para os professores, assim como possibilitam ao professor verificar limitações em cada modelo – como por exemplo, a possibilidade de causar dúvidas a representação utilizada pelo livro B (p. 151), quando a imagem não é tão evidente a sobreposição das espécies, levando o aluno a entender que o átomo central fez seis ligações. Já o recurso utilizado pelo livro F (p. 85) é interessante pois mostra que mesmo girando a molécula não é possível chegar na mesma representação.

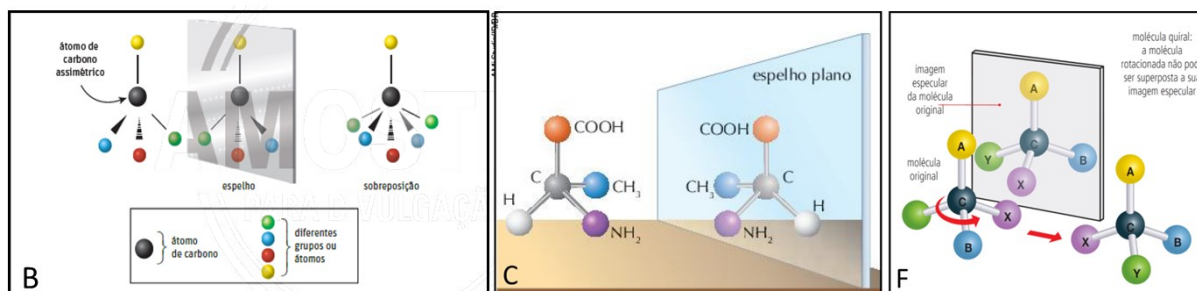


Figura 18: Representações encontradas nos livros B (p. 151), C (p. 141) e F (p. 85) esquema tridimensional.

Em outros dois exemplos encontrados nos livros B e C (Figura 19), percebe-se que o livro B utiliza um recurso semelhante ao livro F (na figura 18), ao mesmo tempo, o livro C traz a comparação entre estruturas mais complexas – o que também é uma habilidade importante de ser desenvolvida em sala de aula, para a compreensão dos enantiômeros, no caso, um par de enantiômeros do ibuprofeno, sendo apenas a estrutura apresentada no lado esquerdo (Figura 19C) tem a função analgésica.

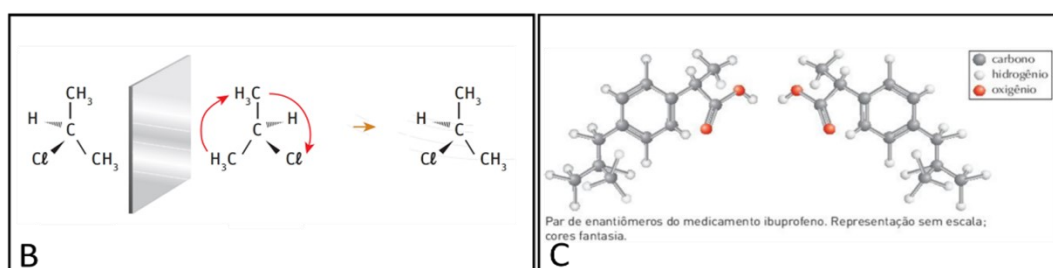


Figura 19: Representações encontradas nos livros B (p. 149) e C (p. 141) para explicar a simetria em compostos orgânicos.

c) Exercícios

Durante a análise dos livros foi observado que todos apresentaram exercícios sobre isomeria nos capítulos, mas que a quantidade é bastante variada entre eles. Na tabela 1, encontra-se o resultado da análise do quantitativo de questões envolvendo os três tipos de isomeria. Verifica-se maior número de questões sobre isomeria nos livros B (58), A (30) e E (19). Dentre os conceitos mais abordados, verifica-se praticamente um empate entre as questões para isomeria plana (51) e isomeria óptica (47) e, quase a metade (26) destas envolvendo isomeria cis-trans.

Com base nos dados da tabela 1, verifica-se que os livros C dá destaque ao conteúdo de isomeria óptica, enquanto o livro F apresenta mais exercícios sobre isomeria plana. Os outros livros trazem número de questões bem parecido envolvendo os conceitos de isomeria plana e óptica. Em todos os livros, os exercícios são apresentados no final de cada conteúdo, há questões abertas e fechadas, assim como há questões elaboradas pelos autores e outras de

vestibulares de instituições superiores e do ENEM, com o objetivo de verificar a aprendizagem dos estudantes.

Tabela 1. Quantidade de exercícios em cada livro didático aprovado pelo PNLD 2018.

Livros	Quantidade de exercícios do conteúdo			total
	isomeria plana	isomeria cis-trans	isomeria óptica	
A	11	7	12	30
B	23	12	23	58
C	-	-	5	5
D	2	1	1	4
E	9	5	5	19
F	6	1	1	8

Em relação às questões do ENEM, verificou-se que apenas os livros A e B trazem este exame. No livro A traz uma questão do ENEM de 2014 sobre o medicamento talidomida relacionando com os conceitos de enantiômeros e mistura racêmica e, outra questão do ENEM de 2015, sobre os feromônios que as abelhas utilizam para se comunicarem, apresentando os compostos e analisando suas funções orgânicas – ou seja, não se relaciona ao conceito de isomeria. Já no livro B, traz uma questão do ENEM – sem identificar o ano, explorando o conceito de quiralidade, citando que cada composto orgânico possui suas propriedades físicas e químicas.

De acordo com Núñez e Ramalho (2017), o ENEM é uma avaliação anual em larga escala com a finalidade de avaliar a aprendizagem dos estudantes do ensino médio e, pode contribuir com a melhoria do ensino de Química na escola. Entretanto, com base nos dados analisados nos livros, verifica-se que há maior ênfase em outros tipos de questões, pois das 124 questões encontradas nos seis livros, apenas três eram do ENEM. Sobre esta questão, é possível fazer duas análises: a primeira é que os autores dos livros valorizam pouco o ENEM enquanto um processo a ser considerado para que os estudantes possam conhecer a forma como os conteúdos são avaliados, logo se preparem para esta avaliação. Estas provas constituem um instrumento potencialmente valioso para se estudarem os erros e dificuldades de aprendizagem de alunos que finalizaram seus estudos na educação básica, assim como para se refletir sobre a melhoria da aprendizagem do ensino e do currículo de Química na escola (NÜNEZ; RAMALHO, 2017, p. 801).

Outra possibilidade de análise é que o ENEM tem abordado poucas questões sobre este assunto. Na pesquisa realizada por Paixão (2019), quando analisou as questões de Química no ENEM entre 2014 a 2018, apenas onze questões envolviam conceitos de isomeria, ou seja,

menos de 5% das questões relacionadas à Química neste período. O autor afirma que este número era ainda menor no período de 2009 a 2013, de acordo com sua análise. Tal fato reforça a compreensão de que estes conceitos são pouco abordados pelo ENEM, o que justifica o fato das poucas questões que são citadas pelos livros analisados.

d) Experimentos

Segundo Galiuzzi e Gonçalves (2004, p. 331), é importante que o professor perceba “a experimentação como um instrumento de explicitação de teorias; de encultramento no discurso científico, que inclui aprender as teorias estabelecidas pela ciência e aprender como se constrói o conhecimento científico”. Estes autores apontam também que estas atividades possibilitam a integração de outros conhecimentos além do conhecimento científico. Por isso, analisou-se a presença deste tipo de atividades nos livros didáticos.

Experimento



Construção de modelos – enantiômeros

Material necessário

- 2 xícaras de chá de farinha de trigo
- 1 xícara de chá de sal
- 1 xícara de chá de água (pode ser necessário um pouco mais)
- 2 colheres de sopa de óleo (mineral ou vegetal)
- corante alimentício em 4 cores diferentes ou pó para fazer suco em 4 cores diferentes (uva, limão, laranja, morango, por exemplo)
- tigela ou bacia de plástico
- palitos de dente
- 1 espelho pequeno, desses usados para ma-

bolinha para formar um tetraedro (conforme mostra a foto da página 134).

III. Faça bolinhas de 4 cores diferentes (foto) e espete-as na extremidade livre de cada palito.



Figura 20. Atividade prática encontrada no livro E, p. 135

Dos livros aprovados no PNL D 2018, apenas os livros B, C e E apresentam propostas de atividades experimentais. Entretanto, os livros B e E apresentam propostas de atividades práticas, envolvendo a construção de modelos utilizando massa de modelar (Figura 20), barbantes e argolas (Figura 21) e esferas de isopor e palitos de churrasco (Figura 22). Estas propostas visam possibilitar aos alunos a manipulação de materiais simulando as diferentes combinações entre os átomos em isômeros planos (livro B) e ópticos (livros B e E). Apenas o livro C (Figura 23) apresenta uma proposta experimental utilizando reagentes (açúcar, glicerina e água destilada) e vidrarias (erlenmeyer, proveta, balança e suporte universal) comuns a laboratórios de Química. Este experimento objetiva a construção de um polarímetro de baixo custo. Desta forma, verifica-se que todas as propostas utilizam materiais de fácil acesso aos professores da educação básica.

Atividade experimental

Isomeria plana

Objetivo

Representar as ligações entre os átomos com modelos formados por arruelas e barbantes e verificar o número de combinações possíveis entre os átomos de uma molécula.

Material

- 10 arruelas ou argolas de, aproximadamente, 3 cm de diâmetro
- 20 pedaços de barbante de 10 cm de comprimento
- etiquetas adesivas

Procedimento

Figura 21. Atividade prática encontrada no livro B, p. 40.

Todas as atividades aparecem após a apresentação dos conceitos, ou seja, não são propostas para introduzir o conceito ou despertar o interesse do estudante para resolver um problema, mas para comprovar a teoria que já foi estudada. No livro B, tanto a primeira, quanto a segunda propostas de atividade práticas aparecem após todos os conceitos envolvidos ter sido apresentados, sendo anteriores apenas aos exercícios. No livro C, a atividade experimental aparece após a explicação sobre as moléculas dextrógiras e levógiras e a explicação detalhada sobre o funcionamento do polarímetro – ou seja, o experimento é realizado para provar a teoria. Já no livro E, a atividade prática é proposta após a explicação de enantiômeros, mas está localizada no meio do capítulo, sendo anterior às explicações de carbono assimétrico, polarização da luz e atividade óptica.

Atividade experimental

Isomeria óptica do ácido láctico

Objetivo

Visualizar por meio de modelos o fenômeno da isomeria óptica.

Material

- esferas de isopor
- palitos de churrasco
- tinta plástica azul, verde, amarela, vermelha e preta
- pincel
- esnelho

Resíduos

As esferas de isopor e os palitos de churrasco podem ser utilizados para representar outras moléculas.

Figura 22. Atividade prática encontrada no livro B, p. 155.

Nenhuma das atividades encontradas nos livros tem características investigativas ou possibilitam novas reflexões ou aprendizagens. No final de cada uma atividade, encontram-se algumas perguntas, mas muitas delas poderiam ser respondidas sem a realização da prática. Por exemplo, no livro B, após a construção dos modelos usando barbantes e argolas, as questões são: “1. A que função pertence o etanol? [...] 3. Qual a função orgânica do isômero do ácido etanoico?” (livro B, p. 40). Da mesma forma, para a atividade sobre o ácido láctico, as questões são: “1. Dê o nome oficial da molécula de ácido láctico. [...] 4. A molécula do d-ácido láctico

desvia o plano de luz polarizada? Em caso afirmativo, para qual lado (esquerdo ou direito)?”. É importante destacar que esta última prática foi realizada usando palitos de churrasco e esferas de isopor, logo seria impossível que o aluno respondesse estas questões com base no que foi realizado apenas no experimento.

Atividade prática
Investigando o efeito da concentração da solução sobre o ângulo de desvio do plano da luz polarizada

Consulte o infográfico *Segurança no laboratório* antes de iniciar a atividade.

Antes de iniciar a atividade, peça aos alunos que façam previsões de possíveis resultados, acompanhadas das respectivas explicações.

Nesta atividade prática será descrita a construção de um polarímetro de baixo custo, com o qual serão realizados alguns testes a fim de estudar como a concentração da amostra influencia o ângulo de desvio do plano da luz polarizada.

Também podem ser utilizadas canetas-laser. Recomenda-se, entretanto, o devido cuidado para que, em hipótese alguma, o laser incida no olho de alguém.

Material

- ▶ Quatro erlenmeyers de 200 mL
- ▶ Sacarose (açúcar de cozinha)
- ▶ Glicerina (adquirida em farmácias)
- ▶ Fonte de luz monocromática (lanterna de luz colorida)
- ▶ Uma proveta de 100 mL de vidro (se possível, com fundo bem plano)
- ▶ Dois filtros polarizadores, de diâmetro superior ao da proveta (adquiridos em lojas de material fotográfico)
- ▶ Suporte universal
- ▶ Uma garra
- ▶ Duas argolas (utilizadas em)

Procedimento

- 1 Com auxílio da balança e dos erlenmeyers, prepare soluções aquosas de sacarose (10%, 30% e 50%, em massa) e de glicerina (50%, em massa) – cerca de 150 mL cada uma.
- 2 Monte o arranjo óptico conforme mostrado na figura ao lado, mantendo os filtros inferior (polarizador) e superior (analisador) perpendiculares ao eixo da proveta e à fonte de luz (veja na figura). Eles devem ser colocados sobre as argolas, permitindo sua livre rotação.

A proveta pode ser substituída por um tubo de vidro ou mesmo de plástico (tipo cano de PVC) de dimensões similares, selando em uma das extremidades uma placa de vidro com cola de silicone, certificando-se de que não ocorrerão vazamentos.

Arranjo experimental para observação da polarização da luz em diferentes soluções. Representação sem escala; cores fantasia.

Figura 23. Atividade experimental encontrada no livro C, p. 145.

Do contrário, segundo Sulzbach (2017), a prática experimental poderia contribuir para o desenvolvimento de algumas habilidades, como a busca por respostas, elaboração de hipóteses e organização dos resultados, oportunizando-os a refletirem sobre seus erros e acertos. Estas habilidades seriam importantes, já que os alunos apresentam dificuldades de compreensão dos conceitos envolvidos em isomeria, porque exigem o domínio de visualização espacial e de abstrações (SOUZA, 2015, p. 23). Por isso, seria importante que os professores buscassem atividades experimentais que potencializassem o levantamento de conceitos prévios e a busca de explicações, constituindo uma forma de abordagem macroscópica da Química (MACHADO, 2013, p. 15).

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para compreender a abordagem do conteúdo de isomeria nos livros didáticos aprovados no PNLD 2018 analisou-se como estes apresentam a definição, aspectos históricos, possibilidades de contextualização com situações do cotidiano, análise das propriedades físicas dos isômeros, o uso de modelos e de analogias e, as propostas de exercícios e experimentos em cada obra. Verificou-se que, diferente do que era esperado encontrar um capítulo específico para a introdução do conceito de isomeria, em alguns livros, este conceito aparece de forma diluída ao longo dos diferentes capítulos – como por exemplo, na introdução do estudo dos compostos de carbono ou quando analisam as diferentes formas de organização dos átomos nas moléculas e o efeito destas organizações nas propriedades físicas dos compostos. Em relação à definição, verifica-se que a maioria dos autores explicam e exemplificam o significado de “isômeros”, mas poucos trazem a definição de isomeria.

Durante a análise dos aspectos históricos pode se observar que no livro B e F trazem boxes com menções a cientistas, datas e fatos, mas de forma desassociada ao conteúdo. Já os livros A e E trazem os aspectos históricos para introduzir o conteúdo de isomeria, diferente de como é abordado nos livros B e F que são desprendidos do texto, enquanto os livros C apresenta a história sobre a talidomida e D decorre durante o texto alguns cientistas. A linearidade e a teoria da evolução, dos aspectos históricos acaba sendo importante para que os alunos entendam sobre o conceito, como surgiu, como foi sendo desenvolvido.

Em relação às possibilidades de contextualização, verificou-se nos livros, exemplos dos fármacos e a análise das estruturas dos princípios ativos, diferenciando-os e discutindo suas aplicações no dia a dia. Entretanto, verificou-se a pouca presença destes exemplos nas explicações sobre isomeria plana e cis-trans pois exemplificam e não contextualizam, dando ênfase quase exclusiva nas partes que tratam da isomeria óptica. Assim nos livros didáticos ocorrem muita exemplificação. Analisando os seis livros didáticos, apresentou-se tabelas de alguns fármacos e suas aplicações possibilitando relacionar com o cotidiano, suas aplicações na indústria, na medicina, possibilitando uma discussão na sala de aula.

As propriedades físicas são interessantes para saber e entender a diferenças de um isômero e outro, pois cada substância possui, um ponto de fusão, ebulição e densidades. Os livros analisados se apresentam em tabelas nos livros A, C, D, E e F apresentando em algumas as diferenças dos pontos de fusão e ebulição, densidade, diferenciando cada isômeros. O livro B não aborda as propriedades físicas dos isômeros.

Verificou-se que todos os livros trazem vários modelos que podem ser úteis para o trabalho dos professores, assim como para a aprendizagem dos estudantes. Há modelos bastante diversos nos livros, que possibilitam a visualização das moléculas em diferentes tipos de representações, em especial nas moléculas tridimensionais, que exigem a imaginação e abstração por parte do aluno.

Verificou-se que todos os livros trazem propostas de exercícios, mas em número bastante irregular tanto na distribuição entre os tipos de isomeria, como na quantidade entre as obras – o livro B apresenta 58 propostas de exercícios, enquanto o livro C apresenta cinco atividades e o livro D apresenta apenas quatro atividades. Verificou-se também que há nos livros menos propostas de atividades para a isomeria cis-trans. Além disso, verificou-se poucos exemplos de atividades voltadas para o ENEM, dificulta que os estudantes compreendam como estes conceitos são abordados nesta importante avaliação.

Outro ponto analisado nas obras foi a presença de atividades experimentais. Como era esperado – já que a literatura indica a pouca abordagem experimental associada à isomeria, há poucos exemplos nos livros didáticos, sendo que apenas um deles traz realmente um experimento. Nos outros casos, os livros apresentam propostas práticas, para a construção de modelos usando massa de modelar, esferas de isopor, argolas, palitos de churrasco e barbantes. Compreende-se que estas atividades são importantes por possibilitarem a manipulação de modelos que normalmente são mentais, entretanto, entende-se que a realização de atividades experimentais possibilitaria o desenvolvimento de habilidades, a elaboração de hipóteses e despertariam o interesse dos estudantes. Além disso, verifica-se que, nos livros, as atividades práticas foram apresentadas após a apresentação do conteúdo, ou seja, para a comprovação da teoria estudada e não para construir os conceitos.

Ao final da análise dos livros didáticos de Química Orgânica aprovados pelo PNLD, verifica-se que estes se constituem como ferramentas úteis ao trabalho do professor, possibilitando que estes sirvam para o aproveitamento de ideias de contextualização, de abordagens históricas e da seleção de modelos, exercícios e até de algumas atividades práticas. Entretanto, não há um livro ideal, perfeito ou sem problemas. Por isso, é importante que os professores tenham acesso a todos os livros buscando ideias para melhorar suas aulas, utilizando-os como fonte de pesquisa e não como um único suporte ou um guia para o trabalho em sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. G.; ARRIGO, V.; BROIETTI, F. C. D. Interpretações de estudantes do ensino médio a respeito de isômeros planos. *Ciências & Ideias*, v. 10, n. 3, p. 119-135, 2019. <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2019.v10i3.1156>
- ALVES, M. V. D. S.; SILVA JUNIOR, C. N. Análise de Livros Didáticos de Química sobre o Conceito de Isomeria. In: *Anais do II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências*. Campina Grande: Editora Realize, p. 1-3, 2017. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/28146>. Acesso: maio/2021.
- ANDRÉ, M. E. D. A. Texto, contexto e significados: algumas questões na análise de dados qualitativos. *Cadernos de Pesquisa*, n. 45, p. 66-71, 1983. Disponível em <http://publicacoes.fcc.org.br/index.php/cp/article/view/1491/1485>. Acesso: maio/2021.
- ARAÚJO, R. S.; MALHEIRO, J. M. S.; TEIXEIRA, O. P. B. Uma Análise das Analogias e Metáforas Utilizadas por um Professor de Química Durante uma Aula de Isomeria Óptica. *Química Nova na Escola*. v. 37, n. 1, p. 19-26, 2015. <https://doi.org/10.5935/0104-8899.20150004>
- ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química*. Bookman, 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*, vol. 3., Brasília: MEC, 1998
- _____. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em (http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192). Acesso: abril/2021
- _____. *PCN+ Ensino Médio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.
- CORREIA, M. E. A.; FREITAS, J. C. R.; FREITAS, J. J. R.; FREITAS FILHO, J. R. Investigação do fenômeno de isomeria: concepções prévias dos estudantes do ensino médio e evolução conceitual. *Revista Ensaio*, v. 12, n. 2, p. 83-100, 2010. <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120206>
- DINIZ JÚNIOR, A. I.; SILVA, J. R. R. T. Isômeros, funções orgânicas e radicais livres: análise da aprendizagem de alunos do ensino médio segundo a abordagem CTS. *Química Nova na Escola*. v. 38, n. 1, p. 60-69, 2016. <https://doi.org/10.5935/0104-8899.20160010>
- GALIAZZI, M. do C; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. *Química Nova*, vol. 27, nº 2, p. 326-331, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000200027>
- HORIKAWA, A. Y.; JARDILINO, J. L. A Formação de Professores e o Livro Didático: avaliação e controle dos saberes escolares. *Revista Lusófona de Educação*, v. 15, p. 147-162, 2010.
- LEITE, M. B.; SOARES, M. H. F. B. Cálculos químicos nos capítulos de solução e estequiometria em livros didáticos de Química aprovados pelo PNL/D/2012/2015. *Educação Química em Punto de Vista*, v. 2, n. 1, p. 41-61, 2018 <https://doi.org/10.30705/eqpv.v2i1.983>
- LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. *Revista Katál*, v. 10, p. 37-45, 2007.

Disponível em <https://www.scielo.br/pdf/rk/v10nspe/a0410spe.pdf>. Acesso: maio/2021.
<https://doi.org/10.1590/S1414-49802007000300004>

MACHADO, N. S. Avaliação do uso de modelos concreto-mistos no ensino do conceito de isomeria óptica, na perspectiva de professores de Química do ensino médio do DF. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília. Brasília, 2013, 104p.

MARCELINO JUNIOR, C. D. A. C. Desenvolvimento de um sistema didático para a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros, em licenciandos em química, na perspectiva da teoria de P.YA. Galperin. 2014. 317f. Tese (Doutorado em Educação) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. Os Itens de Química do ENEM 2014: erros e dificuldades de aprendizagem. *Acta Scientiae, Canoas*. v. 19, n. 5, p. 799-816, 2017.

OLIVEIRA, J. R. S. D. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. *Acta Scientiae*. v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.

PAIXÃO, G. A. Reflexões sobre o ensino de química orgânica na educação básica - análise das compreensões de (futuros) professores. 2019. 66 f. Monografia (Graduação em Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2019.

PAULETTI, F. O ensino de Química e a escola pública: a isomeria geométrica mediada pelo uso de programas computacionais. Dissertação (Mestrado em Educação) Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2013, 128p.

PIMENTEL, A. O método da análise documental: seu uso numa pesquisa historiográfica. *Cadernos de Pesquisa*, n. 114, p. 179-195, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-15742001000300008>

PITANGA, A. F.; SANTOS, H. B.; GUEDES, J. T.; FERREIRA, W. M.; SANTOS, L. D. História da Ciência nos livros didáticos de Química: eletroquímica como objeto de investigação. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 1, p. 11-17, 2014. <https://doi.org/10.5935/0104-8899.20140002>

QUEIROZ, R. O. A utilização de modelos didáticos, na forma de analogias, no ensino de isomeria 3D: uma investigação dos saberes docentes junto a professores de química. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015, 109p.

RAUPP, D.; DEL PINO, J. C. Estereoquímica no ensino superior: historicidade e contextualização em livros didáticos de Química Orgânica. *Acta Scientiae*, v. 17, n. 1, p. 146-168, 2015.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MOREIRA, M. A. Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em Química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 1, p. 65-78, 2009.

SANTOS, F. F. O Professor e Livro Didático: Implicações Metodológicas na Prática de Ensino em Geografia. In: *Anais do 8º Encontro Internacional de Formação de Professores*, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2016. Disponível em <https://eventos.set.edu.br/enfope/article/view/2363/1300>. Acesso: maio/2021.

SANTOS, V. D. A. D.; MARTINS, L. A Importância do Livro Didático. *Candombá - Revista Virtual*. v. 7, n. 1, p. 20-33, 2011.

SILVA, M. W.; COSTA, Y. F.; MARCELINO JÚNIOR, C. A. C. Avaliação de aspectos históricos da isomeria em livros de QO do ensino superior. In: Anais da XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, Recife: UFRPE, 2013, p. 1-3.

SIMÕES NETO, J. E. Abordando o conceito de isomeria por meio de situações-problemas no ensino superior de Química. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009, 121p.

SOUZA, K. R. A. P. Elaboração e aplicação de uma unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino-aprendizagem de isomeria. Dissertação (Ensino de Ciências da Natureza) Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2015, 117p.

SULZBACH, A. C. O ensino de isomeria óptica por meio de atividades experimentais. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017, 96p.

TARGINO, A. R. L.; BALDINATO, J. O. Abordagem histórica da lei periódica nas coleções do PNLD 2012. Química Nova na Escola, v. 38, n. 4, p. 324-333, 2016. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160044>

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A história da Ciência nos livros didáticos de Química do PNLEM 2007. Ciência & Educação, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000200004>

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