



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
QUÍMICA-LICENCIATURA

JOSÉ JULIO GOMES DA SILVA

**MODELOS MOLECULARES SÓLIDOS: seu uso como material
didático na aprendizagem de isomeria**

Caruaru
2019

JOSÉ JULIO GOMES DA SILVA

**MODELOS MOLECURARES SÓLIDOS: seu uso como material
didático na aprendizagem de isomeria**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Química –
Licenciatura da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para a
obtenção do título de Licenciado em
Química.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Freitas da Silva

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

S586m Silva, José Julio Gomes da.
Modelos moleculares sólidos: seu uso como material didático na aprendizagem de isomeria. / José Julio Gomes da Silva. - 2019.
81 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Ana Paula Freitas da Silva.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Química, 2019.
Inclui Referências.

1. Química (Ensino médio). 2. Isomerismo – Pernambuco. 3. Moléculas – Modelos – Pernambuco. 4. Mapeamento conceitual. I. Silva, Ana Paula Freitas da (Orientadora). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-334)

JOSÉ JULIO GOMES DA SILVA

**MODELOS MOLECURARES SÓLIDOS: seu uso como material
didático na aprendizagem de isomeria**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Química-Licenciatura da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para a obtenção do título de
Graduado em Química-Licenciatura.

Aprovada em: 19 / 11 / 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Ana Paula Freitas da Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^o Dr.^o José Ayron Lira dos Anjos (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Me.^a Girleide Torres Lemos (Examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho a minha mãe Maria Helena e ao meu pai-avô José Gomes “in memoriam” que sempre me apoiaram com seu amor incondicional e por terem sido as pessoas que contribuíram integralmente para que eu me tornasse quem sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, gostaria dizer que as poucas palavras ditas aqui, não são suficientes para expressar toda minha gratidão em concluir mais um ciclo.

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, da inteligência, pela saúde que me possibilitou concluir mais uma etapa.

A minha família, minha mãe Helena, pelo seu amor, seu apoio e sua paciência para comigo, por sempre buscar me proporcionar as melhores condições para que eu buscasse realizar meus sonhos. Ao meu Pai-Avô José “in memoriam”, que ao longo de sua vida fez tudo o que foi possível por mim. A minha tia Ivonete, que é praticamente uma segunda mãe que eu tenho nessa vida, que sempre contribuiu ao lado dos meus pais. A minha irmã Joseane, por ser alguém que sempre me ajudou ao longo dessa caminhada.

As minhas melhores amigas, Taís e Ryanne que hoje são parte da família, sou grato por todo apoio, amor, cumplicidade ao longo desses anos que estamos juntos, por todos os momentos vividos, todas as conversas, conselhos, por tudo que foi compartilhado. O que seria de mim sem meu porto seguro? Amo vocês!!

A minha orientadora, Prof.^a Dr. Ana Paula Freitas obrigado por todo apoio, confiança, paciência ao longo da construção desse trabalho. Sou grato por todas as contribuições que puderam o enriquecer, por todas as conversas em sua sala, pelas histórias, risadas, por toda troca de conhecimentos. Pelos laços construídos e por tudo que pôde ser compartilhado ao longo desses anos.

Aos meus Amigos, a vocês agradeço por todo companheirismo, todo apoio, todos abraços, risos (gaitamos muito), pelos choros também, afinal “chorar faz parte”. Foram 5 anos incríveis, que eu não sei o que seria de mim sem cada um de vocês, Gerssyka, Saimon, Jessica, Márcio, Laís, Tereza, Sostenes. Obrigado por muitas vezes acreditar em mim, mais do que eu mesmo, pela paciência no convívio diário,

por estarem ao meu lado em tantos momentos, sejam os bons ou os “médios”, pelos rolês maravilhosos, “só quem viveu sabe”.

Agradeço também, aos amigos que conquistei durante esses anos, por meio da universidade ou fora dela e aqueles que estão ao meu lado há alguns anos. Sou muito grato, por vocês que me apoiaram, que torceram, que de alguma forma contribuíram para concretização de tudo isso. Amo vocês!!

Aos meus professores do curso, Ana Paula Souza, Roberta Dias, Roberta Félix, Fabiana Costa, João Tenório, Flávia Vasconcelos, por todas as contribuições para minha formação acadêmica. A professora Karla Jeane, que cedeu o espaço em suas aulas para que assim fosse possível realizar essa pesquisa. A todos, meu muito obrigado.

Aos professores Girleide Lemos e José Ayrton por terem aceitado o convite para compor a banca avaliadora do meu trabalho, agradeço também pelas inúmeras contribuições para minha formação e todas aquelas feitas a fim de enriquecer esse trabalho.

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para concretização dessa etapa.

Passamos toda a vida nos preocupando com o futuro. Fazendo planos para o futuro. Tentando prever o futuro. Como se desvendá-lo fosse aliviar o impacto. Mas o futuro está sempre mudando. O futuro é o lar dos nossos medos mais profundos e das nossas maiores esperanças. Mas uma coisa é certa: quando ele finalmente se revela, o futuro nunca é como imaginamos.

(GREY, [narração] S05E23, 2009)

RESUMO

As formas usuais de representação das moléculas nas abordagens dos conteúdos de química orgânica, em especial do conteúdo de isomeria, são, em sua maioria, por meio de representações bidimensionais, sejam nos livros didáticos, nas anotações em quadro ou em outros materiais utilizados em aula. Isso tem por consequência o surgimento de dificuldades de aprendizagem, dentre elas a de visualização das moléculas em um plano tridimensional. Nesse sentido, a utilização de materiais didáticos pode ser de grande contribuição quando se pretende representar as moléculas orgânicas. Os modelos moleculares, caracterizados como modelos sólidos, são utilizados na química orgânica para representar estruturas de moléculas, e em vista disso, podem ser úteis como material didático para aprendizagem do conteúdo de isomeria, uma vez que possuem a finalidade de representar objetos e também de auxiliar na explicação e compreensão do conhecimento científico. Por meio de uma metodologia de abordagem qualitativa, realizada com estudantes do 3^a ano de uma Escola de Referências em Ensino Médio, localizada na cidade de Lajedo, no Agreste de Pernambuco, essa pesquisa teve, como objetivo, analisar como se dá a aprendizagem dos conceitos de isomeria por meio da utilização dos modelos moleculares sólidos. Os dados foram coletados em uma sequência didática de 4 encontros, utilizando-se de três instrumentos de pesquisa: questionário aberto com uso dos modelos moleculares e mapas conceituais. A partir dos dados obtidos foi possível compreender como se deu a utilização dos modelos moleculares para a resolução das questões propostas, como permitir que os estudantes desenvolvam habilidades espaço visuais das moléculas possibilitando diferencia-las e relaciona-las diante das suas propriedades, sendo essas uma das habilidades desenvolvidas e requeridas nesse processo, como também foi possível reconhecer as limitações, dentre estas as dificuldades na elaboração dos modelos mentais pelos estudantes resultando em dificuldades na expressão e manipulação dos modelos. Para além, no que se refere aos mapas conceituais, foi possível verificar como o uso dos modelos favoreceram o desenvolvimento de habilidades e contribuíram para construção do conhecimento dos estudantes através das relações construídas nos mapas conceituais, assim como também pelos conceitos mobilizados pelos estudantes e as estruturas que os mapas conceituais foram construídos.

Palavras-chave: Ensino de Química. Isomeria. Modelos Moleculares. Mapas
Conceituais.

ABSTRACT

The usual ways of representing molecules in organic chemistry content approaches, especially isomeric content, are mostly through two-dimensional representations, whether in textbooks, chalkboard annotations, or other classroom materials. This has the consequence of learning difficulties, including the visualization of molecules in a three-dimensional plane. In this sense, the use of teaching materials can be of great contribution when it is intended to represent the organic molecules. Molecular models, characterized as solid models, are used in organic chemistry to represent molecule structures, and in view of this, can be useful as didactic material for learning the content of isomerism, since they have the purpose of representing objects and also of assist in explaining and understanding scientific knowledge. Through a qualitative approach methodology, carried out with students of the 3rd year of a High School Reference School, located in the city of Lajedo, in the Agreste de Pernambuco, this research aimed to analyze how the learning of the concepts takes place. isomerism through the use of solid molecular models. Data were collected in a didactic sequence of 4 meetings, using three research instruments: open questionnaire using molecular models and concept maps. From the obtained data it was possible to understand how the molecular models were used to solve the proposed questions, how to allow the students to develop visual space skills of the molecules, allowing them to be differentiated and related to their properties. of the skills developed and required in this process, and it was also possible to recognize the limitations, among them the difficulties in the elaboration of mental models by the students resulting in difficulties in the expression and manipulation of the models. In addition, with regard to concept maps, it was possible to verify how the use of models favored the development of skills and contributed to the construction of students' knowledge through the relationships built on the concept maps, as well as by the concepts mobilized by the students and the students. structures that the concept maps were built on.

Keywords: Chemistry teaching. Isomerism. Molecular models. Conceptual maps.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Níveis de representação do conhecimento químico.....	18
Figura 2 –	Níveis de representação do conhecimento químico reformulados...	18
Figura 3 –	Formas de representação em química orgânica.....	22
Figura 4 –	Esquema sobre isomeria e suas subdivisões.....	25
Figura 5 –	Exemplo de isomeria de posição.....	26
Figura 6 –	Exemplo de isomeria de função	26
Figura 7 –	Exemplo de isomeria de cadeia.....	26
Figura 8 –	Exemplo de isomeria de compensação.....	27
Figura 9 –	Exemplo de tautomeria.....	27
Figura 10 –	Exemplos de isômeros geométricos cis-trans.....	11
Figura 11 –	Representação de composto quiral.....	11
Figura 12 –	Exemplos de enantiômeros (a esquerda) e diastereoisômeros (a direita)	29
Figura 13 –	Representação de um Mapa Conceitual.....	30
Figura 14 –	Mapa conceitual do tipo fluxograma.....	32
Figura 15 –	Mapa conceitual do tipo sistema: saída e entrada.....	32
Figura 16 –	Mapa conceitual do tipo teia de aranha.....	33
Figura 17 –	Mapa conceitual do tipo hierárquico.....	34
Figura 18 –	Mapa conceitual inicial do grupo A.....	49
Figura 19 –	Mapa conceitual final do grupo A.....	49
Figura 20 –	Recorte do MC final do grupo A.....	51
Figura 21 –	Recorte do MC inicial do grupo A.....	52
Figura 22 –	Recorte do MC final do grupo A.....	53
Figura 23 –	Recorte do MC final do grupo A.....	55
Figura 24 –	Recorte do MC inicial do grupo A.....	55
Figura 25 –	Recorte do MC final do grupo A.....	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	ABSTRAÇÃO DO CONHECIMENTO EM QUÍMICA	16
3.2	MODELOS E MODELAGEM PARA A APRENDIZAGEM DE QUÍMICA	20
3.3	ISOMERIA	24
3.4	MAPAS CONCEITUAIS	29
4	METODOLOGIA	29
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	36
4.2	CAMPO E PARTICIPANTES DA PESQUISA	36
4.3	COLETA DE DADOS	36
4.4	ANÁLISE DOS DADOS	38
4.4.1	Análise do questionário respondido com auxílio do material didático	38
4.4.2	Análise dos Mapas Conceituais	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1	ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS COM AUXÍLIO DOS MODELOS MOLECULARES.....	39
5.2	ANÁLISE COMPARATIVA DOS MAPAS CONCEITUAIS...	48
5.2.1	Análise dos conceitos mobilizados pelos alunos nos mapas conceituais	50
5.2.2	Análise das inter-relações mobilizados pelos alunos nos mapas conceituais.....	53
5.2.3	Análise das estruturas dos mapas conceituais construídos pelos estudantes.....	56
5.3	CONSIDERAÇÕES ACERCA UTILIZAÇÃO DOS MODELOS MOLECULARES MEDIANTE A ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS.....	57
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA APLICAÇÃO NA PESQUISA	67
	APENDICE B – PLANOS DE AULAS UTILIZADOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	69
	ANEXO A - MAPAS CONCEITUAIS CONTRUÍDOS PELOS GRUPOS.....	77

1 INTRODUÇÃO

No ensino e aprendizagem de química, é comum que professores e estudantes se depararem com conteúdos que necessitem de um alto grau de abstração para sua interpretação. A natureza dos conteúdos, exigem dos estudantes, a compreensão desses conhecimentos em diferentes níveis de representação, de forma que os estudantes tenham que fazer uso da abstração, para que assim, seja possível desenvolver a compreensão do conhecimento químico nesses níveis. Assim, mesmo que o processo de ensino aprendizagem esteja cercado de elementos macroscópicos, ainda poderá haver dificuldades na compreensão de muitos desses conteúdos (WARTHA; GUZZI FILHO; JESUS, 2012).

De acordo com Romero (1998) muitas dessas dificuldades estão atreladas às vivências da escola brasileira, na qual os estudantes não desenvolvem suas experiências com o tridimensional, pois vivenciam uma realidade bidimensional de abordagem dos conteúdos, por meio do quadro, caderno e livros. Essas dificuldades podem estar presentes em diferentes áreas de estudo da química.

O fenômeno da isomeria, por exemplo, que diz respeito a compostos que possuem a mesma fórmula molecular, e que diferem na organização dos átomos, seja na forma como se ligam (isomeria constitucional), ou como estão disposto no espaço (estereoisomeria). Através do entendimento desse fenômeno, os estudantes poderão compreender as propriedades de inúmeros compostos, que são fundamentais para o desenvolvimento da aprendizagem em química orgânica.

Entretanto, a forma de abordagem convencional, baseada apenas nos livros didáticos, anotações no quadro e slides, pode dificultar a compreensão desses fenômenos. Dado que, estão dispostos na sua forma bidimensional (2D), cabendo aos estudantes a função de transpor esse fenômeno para outras formas de representação, de forma que seja possível desenvolver a compreensão dos mesmos. Tal observação é corroborada a partir das experiências nos estágios supervisionados e no programa de iniciação à docência (PIBID), foi possível perceber que as dificuldades de aprendizagem, especialmente na química orgânica, podiam estar atreladas a alguns fatores como: as formas de abordagens dos conteúdos, a falta de materiais didáticos

adequados e ainda a formação dos professores, poderão estar entre as principais causas para o surgimento das dificuldades no processo de aprendizagem.

Nessa perspectiva, buscou-se analisar como dá-se a utilização dos modelos moleculares (MM) para representação dos compostos orgânicos na aprendizagem de isomeria.

Para isso, buscou-se por meio de uma metodologia com abordagem qualitativa, analisar como se dá a aprendizagem do conteúdo de isomeria, por meio da utilização dos modelos moleculares sólidos como material didático. A estruturação dessa pesquisa se deu através de uma sequência didática que foi executada em quatro momentos, envolvendo alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública da cidade de Lajedo, no agreste de Pernambuco.

Nesse contexto, a utilização desses modelos se mostra como proveitoso instrumento para superar as dificuldades na compreensão do conteúdo, uma vez que será capaz de auxiliar os estudantes na visualização e manipulação das estruturas dos compostos orgânicos. Dessa forma os estudantes podem desenvolver diversas habilidades, estas que colaboram para uma melhor compreensão do conteúdo, assim como contribui também para o desenvolvimento das atividades internas dos estudantes, como a abstração e os seus modelos mentais.

Esse trabalho de conclusão de curso se estrutura em seis seções. Na primeira tem-se a introdução dessa pesquisa, apresentando uma descrição da problemática e justificativa. Seguida dos objetivos gerais e específicos que norteiam essa pesquisa. Na segunda seção, tem-se os referenciais teóricos utilizados nesse trabalho, que versam a respeito da abstração do conhecimento químico, modelos e modelagem para a aprendizagem de Química, isomeria e mapas conceituais.

Na terceira, tem-se a descrição dos aspectos relacionados a metodologia dessa pesquisa, dentre eles, seu tipo, campo e participantes. Assim como os instrumentos de coleta de dados e seus critérios de análise. Na quarta seção, apresentam-se os resultados e as discussões a respeito dos dados obtidos na pesquisa. Na quinta, apresentam-se as considerações finais deste trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a utilização dos modelos moleculares sólidos como instrumento didático na aprendizagem do conteúdo de isomeria.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender como se deu a utilização dos modelos moleculares na resolução das questões.
- Avaliar a eficiência da utilização dos modelos moleculares sólidos para a aprendizagem de isomeria por meio da análise dos mapas conceituais construídos pelos estudantes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ABSTRAÇÃO DO CONHECIMENTO EM QUÍMICA

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), documentos norteadores das práticas educacionais, definem que a aprendizagem em química no ensino médio deve possibilitar aos estudantes o desenvolvimento do pensamento crítico, de forma que estes tenham a autonomia para se posicionar e reconhecer os fenômenos que ocorrem ao seu redor, tendo como consequência a construção do conhecimento científico em comunhão com as vivências do seu meio social (BRASIL, 1999).

Entretanto, na maioria das salas de aula a aprendizagem de química se dá de uma forma mecânica, em que o estudante está a todo o momento assumindo um papel passivo, memorizando e reproduzindo aquilo que lhe é ensinado, sem questionar ou conseguir relacionar o conteúdo com o seu contexto. Dessa forma, os estudantes ficam condicionados aos modelos tradicionais de aprendizagem, nos quais geralmente passar conteúdo é o principal objetivo desse processo (SILVA, 2012).

Tem-se como consequência da utilização dessa metodologia de ensino, o surgimento de dificuldades durante o processo de aprendizagem, pois os estudantes se acomodam a estar sempre na posição de receptor das informações, sem fazer questionamentos ou expor suas ideias a respeito do que lhe é ensinado, fazendo com que o estudo das ciências seja algo desinteressante e irrelevante.

De acordo com Silva (2006), muitos estudantes ainda permanecem na posição passiva no processo de aprendizagem, pois comportam-se como meros receptores de informações, ocasionando assim, dificuldades na construção do seu conhecimento. Dessa maneira a aprendizagem se torna um processo no qual não há uma relação lógica e clara entre as novas e antigas ideias dos estudantes, havendo falta de significação dos conceitos científicos que a eles são apresentados, resultando apenas em uma memorização e muita das vezes na ausência de compreensão do que é ensinado.

No que se refere aos estudantes do ensino médio, espera-se que a aprendizagem da química proporcione a compreensão das propriedades e transformações que acometem a matéria, relacionando-os com a resolução de problemas ou com ocorrências de seu cotidiano. Mas, para que isso aconteça, é

necessário que haja a compreensão dos conceitos científicos, muitos desses abstratos em que se tem a necessidade de realizar a correlação com os fenômenos estudados, representando-os através de símbolos e modelos de representação (POZO; CRESPO, 2009).

De acordo com Costa, Passerino e Zaro (2012, p. 277):

A natureza microscópica e muitas vezes abstrata, característica dos conhecimentos químicos, costuma provocar, entre os estudantes, dificuldades na aprendizagem das diversas leis e conceitos. Além disso, existe o fato de a linguagem química ser essencialmente simbólica, o que pressupõe a necessidade de uma grande capacidade de abstração e generalização.

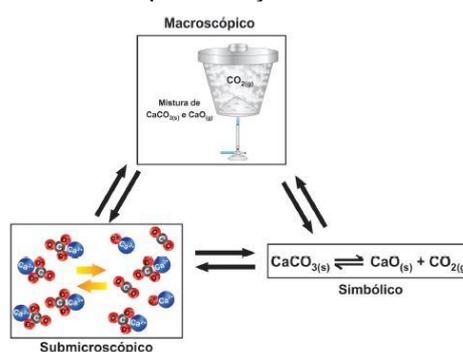
O estudo da química na transição do final do ensino fundamental para início do ensino médio já apresenta uma grande quantidade de conteúdos abstratos, o que significa que quando estiverem nos anos finais do ensino médio, os estudantes terão que lidar com um número ainda maior de abstrações presentes nos conteúdos, necessitando assim relacioná-las (POZO; CRESPO, 2009). Assim, é provável que os estudantes se deparem com muitas dificuldades, caso não tenham desenvolvido de forma satisfatória sua capacidade de abstração, para que através delas seja possível relacionar os conhecimentos construídos.

Diferente dos conhecimentos concretos, que podem ser percebidos nos objetos puramente através de nossos sentidos, os conhecimentos abstratos são resultado de ações mentais ditas abstrações, que tem origem nas experiências a partir das percepções sensoriais mas requer também a assimilação a partir de reestruturação da estrutura cognitiva, e cuja construção pode ser satisfatória naqueles indivíduos que interagem com as formas de representação e atividades sensoriais com os objetos (COSTA; PASSERINO; ZARO, 2012).

Nesse sentido, torna-se necessário que o processo de aprendizagem da química leve em consideração as interações entre fenômeno/objeto–representação, uma vez que, a utilização das representações poderá proporcionar uma melhor compreensão dos fenômenos (WARTHA; GUZZI FILHO; JESUS, 2012). Dessa maneira, tendo em vista a natureza muitas vezes abstrata do conhecimento químico, tem-se buscado realizar atividades que propiciem interação com objetos, de forma que estas possam ampliar a sua capacidade de representação.

Um dos primeiros pesquisadores a tratar sobre os níveis de representação do conhecimento químico foi Johnstone (1993), segundo ele o conhecimento químico pode estar disposto em três diferentes níveis que são o macroscópico, que diz respeito a observação dos fenômenos, o sub-microscópico, onde estaria situado a compreensão desses fenômenos de forma mais profunda (átomos, moléculas, íons e etc.) e o simbólico, estariam situadas nesse nível as formas de representação dos fenômenos. A relação entre os níveis de representação propostos pelo pesquisador está representada na figura 1 a seguir.

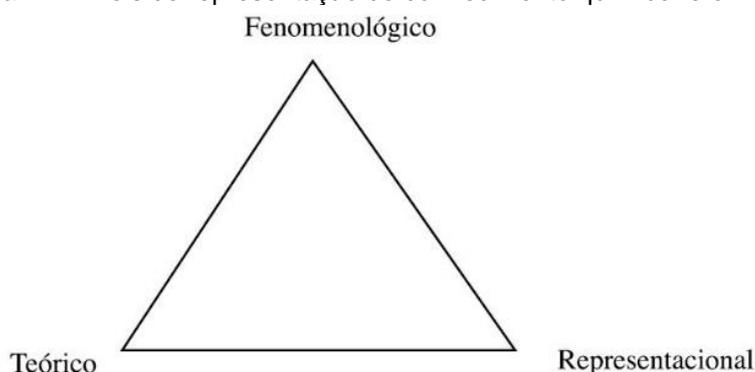
Figura 1 – Níveis de representação do conhecimento químico.



Fonte: GIBIN; FERREIRA, 2013, p. 21.

A partir dos estudos de Johnstone outros pesquisadores como Mortimer, Machado e Romanelli (2000) desenvolveram uma reformulação para o modelo de representação, através da redefinição dos três níveis representacionais como fenomenológico, teórico e representacional, conforme figura 2.

Figura 2 – Níveis de representação do conhecimento químico reformulados.



Fonte: MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000, p. 277.

O aspecto fenomenológico diz respeito aos fenômenos concretos e visíveis, levando-se em consideração não só apenas aqueles que podem ser reproduzidos em laboratório, mas também aqueles que são resultado da atividade social dos indivíduos. Segundo os autores esse aspecto contribui no sentido de promover habilidades específicas nos estudantes, e que através delas é possível controlar variáveis, analisar

resultados, construir modelos e etc. O aspecto teórico compreende as explicações que têm como base os modelos abstratos, incluindo aquelas entidades que não podem ser diretamente percebidas, como os átomos, moléculas e as demais interações que acometem os materiais. O aspecto representacional diz respeito a natureza simbólica do conhecimento químico, em que estão incluídas as fórmulas, equações químicas, representações através de modelos, gráficos e equações matemáticas, entre outras. Esse aspecto também oferece mecanismos para representação e compreensão dos processos quando se relaciona os outros aspectos (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000).

Assim como Johnstone (1993) outros pesquisadores (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000; GIBIN; FERREIRA, 2013) defendem que para que ocorra a compreensão do conhecimento químico é necessário que se tenha o entendimento desses níveis, mas além disso é fundamental que os estudantes saibam relacionar esses três níveis, de forma que, um dado conhecimento químico possa ser compreendido pelos estudantes em cada um desses níveis de representação.

Wartha, Guzzi Filho e Jesus (2012, p. 55) definem as representações como uma operação cognitiva que as pessoas realizam quando se referem a objetos e fenômenos com os quais entram em interação. A representação construída pretende reunir as principais características e atributos dos objetos ou dos fenômenos representados.

No que diz respeito aos estudos dos fenômenos na química, consideram-se os do nível microscópico como os mais elaborados níveis de conhecimento químico, apesar dos estudos partirem dos fenômenos perceptíveis ao macroscópico, ou seja, fenômenos que pode ser observados de forma direta ou indireta seja no laboratório ou na natureza, ainda surgem dificuldades devido as abstrações nas abordagens dos conceitos, mas que podem ser interpretados por meio dessas representações (WARTHA; GUZZI FILHO; JESUS, 2012).

De acordo com Silva (2012), a falta de atividade com materiais concretos condiciona o estudante a utilizar apenas suas abstrações para desenvolvimento dos conhecimentos, assim se os estudantes não dispõem de um material que possibilite a observação e reflexão, resta apenas utilizar a abstração, e se ele tem dificuldades em fazer essa relação, apresentará dificuldades na compreensão do conteúdo. A inserção

de atividades com materiais lúdicos pode provocar não só interesse dos estudantes pelo estudo da disciplina, uma vez que possibilita que as aulas sejam mais dinâmicas e interativas, mas colabora para que se tenha um aprendizado mais expressivo.

A analogia entre os modelos e as estruturas moleculares facilita o estudo da constituição, da configuração (estrutura tridimensional) e das diferentes conformações, que uma molécula pode assumir (ROQUE; SILVA, 2008, p. 922). Nesse sentido, Gilbert (2005) defende que a utilização de modelos é essencial se pretende-se propiciar a visualização dos fenômenos, pois será possível de se fazer comparações com as abstrações construídas e suas representações, favorecendo a construção do conhecimento.

3.2 MODELAGEM E OS MODELOS MOLECULARES PARA A APRENDIZAGEM DE QUÍMICA

Os modelos podem ser definidos como uma forma de representação de um objeto, que é produzido de acordo com intenções específicas e que pode sofrer modificações (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000). Eles são amplamente utilizados no ensino de química, com objetivo de elucidar explicações e processos que são muitas das vezes apresentados de forma abstrata, dificultando a compreensão por parte dos estudantes.

Nesse sentido, os modelos desempenham a função de fazer com que os discentes disponham de uma representação a nível macroscópico, uma vez que, na química, os conceitos são construídos a nível microscópico, ocasionando em alguns casos dificuldades na compreensão, quando se faz a relação entre esses níveis de representação (JUSTI, 2010). Assim, a utilização de modelos dará suporte para que os estudantes possam transitar entre os níveis de representação e com isso desenvolver a compreensão do conhecimento químico.

Todo esse processo, segundo Justi (2010), resulta na criação de novos modelos, que são inicialmente criados pela mente humana, individuais e intransferíveis, que são chamados de modelos mentais, estes que também podem ser elaborados coletivamente. Este modelo por sua vez, não pode ser acessado por terceiros, mas pode ser expressado por meio de outros dois tipos de modelos, os

modelos expressos, que diz respeito a materiais bidimensionais que podem ser visualizados, e os modelos concretos, que correspondem a materiais sólidos e resistentes que tem a finalidade de fazer uma representação tridimensional dos objetos.

Segundo Borges (1997) os modelos mentais são utilizados como meio de caracterização para interpretação que os indivíduos fazem a partir da interação com sistemas físicos. Nesse sentido, os modelos mentais são fundamentais para a compreensão dos conceitos químicos, uma vez que, representam a forma de interpretação dos fenômenos pelos indivíduos.

Os modelos não existem somente com a finalidade de representação, mas como uma base para o desenvolvimento de explicações e compreensão do conhecimento científico, resultado da elaboração dos modelos mentais (MILAGRES; JUSTI, 2001). Dessa forma, os modelos mentais são a forma como os indivíduos representam as informações externas que são a eles apresentadas, e podem ser aliados a outros modelos na intenção de compreender ou descrever fenômenos.

No ensino da química ainda pode-se levar em consideração a utilização de outros tipos de modelos, que podem ser classificados como modelos científicos, que apresentam de forma mais complexa um determinado conteúdo, e a partir desse os docentes realizam modificações que levam em consideração o nível cognitivo de seus estudantes, com o objetivo de subsidiar a compreensão dos modelos científicos, sendo conhecido como modelo curricular (JUSTI, 2010).

Ainda no âmbito escolar, tem-se o modelo de ensino, que tem por finalidade auxiliar os estudantes na compreensão de elementos dos modelos curriculares através de conceitos produzidos. Os modelos sólidos, são uma maneira de representar os modelos de ensino, que pode ser feita por meio de desenhos, modelos moleculares, analogias, simulações etc. (JUSTI, 2010). Nesse sentido, a utilização adequada das representações desses modelos, poderá favorecer uma melhor compreensão dos modelos curriculares. Porém, é importante considerar que nem sempre as formas de representação mais pertinentes são as utilizadas, o que pode dificultar o processo de aprendizagem.

Os tipos de modelos mais utilizados pelos químicos são os desenhos e as estruturas moleculares, como as projeções de Fischer (figura 3) e as fórmulas em perspectiva (figura 3), na intenção de representar os diferentes compostos. A

necessidade de elucidação dos compostos orgânicos surgiu na década de 50 a partir da dificuldade de padronização dos conceitos e representações na área, devido às infinitas formas de se dar uma nomenclatura, especificar uma fórmula estrutural e quantificar os isômeros dos compostos químicos (ROQUE; SILVA, 2008). A utilização única desses modelos na grande maioria dos ambientes escolares resulta em dificuldades no processo de aprendizagem, de forma que nem sempre eles serão suficientes para que os estudantes possam desenvolver suas capacidades de abstrações e compreender de forma satisfatória os fenômenos.

Figura 3 – Formas de representação em química orgânica.



Fonte: CAREY, 2012, p. 316.

Porém, essas formas de representação não são as únicas utilizadas para ilustração de compostos na química orgânica. Existem também os modelos concretos, dos quais os mais comuns são os modelos moleculares e os desenhos, conhecidos também como modelos de ensino. Segundo Justi (2010), esses tipos de modelos podem ser fundamentais para auxiliar os estudantes na compreensão de aspectos específicos dos modelos curriculares.

Através dos modelos moleculares, os estudantes podem estudar e compreender como são as estruturas dos compostos, pois esses propiciam a visualização de uma estrutura que antes era invisível aos nossos olhos, de forma que seja possível fazer uma representação concreta dos compostos (ROQUE; SILVA, 2008). Dessa forma, a utilização de modelos moleculares a fim de representar as moléculas orgânicas pode ser fundamental para compreensão de diversos fenômenos, tendo em vista que muitas vezes a abstração e a forma como esses fenômenos estão representados não são suficientes para que ocorra a compreensão.

Esses modelos buscam proporcionar a representação tridimensional do arranjo espacial dos átomos nas moléculas, assim, tendo em vista a aprendizagem de química, a sua utilização como material didático, favorece a visualização e compreensão das estruturas dos compostos, uma vez que, aqueles conteúdos que exigem abstração dos estudantes para compreensão, irá dispor de um material

concreto que dará subsídio para uma melhor aprendizagem do conteúdo (LIMA; LIMA-NETO, 1999).

A utilização dos modelos sólidos além de auxiliar na representação das moléculas, favorece o desenvolvimento das habilidades visuoespaciais, pois por meio dela é possível evitar que ocorra a construção equivocada de conceitos científicos e os estudantes possam visualizar e interpretar os fenômenos de estudo.

Habilidade visuoespacial pode ser definida como a capacidade de transição entre as representações 2D e 3D, essa definição é derivada do conceito de visualização espacial (WU; SHAH, 2004). É através dessa habilidade que os estudantes podem desenvolver a sua percepção espacial e conseguir reconhecer determinados aspectos dos objetos e fenômenos por meio das representações. Raupp, Serrano e Moreira (2009) consideram que a visualização é um fator crucial na química, e é necessário que essas habilidades visuoespaciais deem suporte para o desenvolvimento das operações cognitivas.

Para Rogenski e Pedroso (2008) a visualização pode ocorrer por intermédio da utilização de materiais manipuláveis. Por meio da interação com esse tipo de representação, os estudantes poderão desenvolver melhor sua abstração de forma que possa atribuir significado e interpretar os fenômenos. Assim, será possível que os estudantes desempenhem um papel ativo no processo de aprendizagem, construindo seu conhecimento através da mediação do professor e utilização desses materiais.

A utilização das analogias entre os modelos moleculares e as entidades que estão sendo representadas de forma concreta favorece atribuição de significados aos fenômenos estudados, uma vez que, tratando-se dos conteúdos abstratos, em que há pouca compreensão por parte dos estudantes, o emprego desses modelos concretos possibilita relacionar com maior proximidade a representação ao fenômeno estudado (JUSTI, 2010).

Na química orgânica, o conteúdo de isomeria, é comum o surgimento de dificuldade, quando se pretende estudar por meio das diferentes formas de representação, devido ao seu uso extensivo das fórmulas estruturais. Geralmente utiliza-se apenas a fórmula estrutural plana, o que dificulta os processos de explicação e visualização dos fenômenos, dessa forma a utilização de modelos tridimensionais pode ser útil para estudo desse conteúdo, tendo em vista que irá proporcionar uma

melhor visualização dos compostos e auxiliará na interpretação dos fenômenos (RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009).

3.3 ISOMERIA

Os estudos da isomeria tiveram início em 1830, quando o químico Berzelius realizou uma síntese orgânica, e a partir de suas observações, concluiu que haviam compostos que possuíam a mesma fórmula molecular, mas cujas suas propriedades físicas e químicas eram diferentes. Diante desse fato, ele passou a chamar esses compostos de isômeros, dando assim origem ao conceito de isomeria. Berzelius não foi o primeiro a identificar esse fenômeno, em 1824 o químico alemão Liebig já havia interpretado esse fenômeno, então, em conjunto, apresentaram uma explicação para esse fenômeno, na qual os compostos possuíam a mesma composição elementar, entretanto a disposição desses elementos em cada um desses compostos era diferente (FONSECA, 2001).

Os parâmetros para Educação Básica do Estado de Pernambuco (2013) definem que, para ocorrer a construção do conhecimento em química, é fundamental que os estudantes compreendam os fenômenos, teorias e a linguagem química. O conteúdo de isomeria, está localizado no eixo temático IV, no qual descreve que os estudantes devem dominar os conhecimentos referentes a interpretação dos modelos, para explicações da constituição e transformações dos materiais.

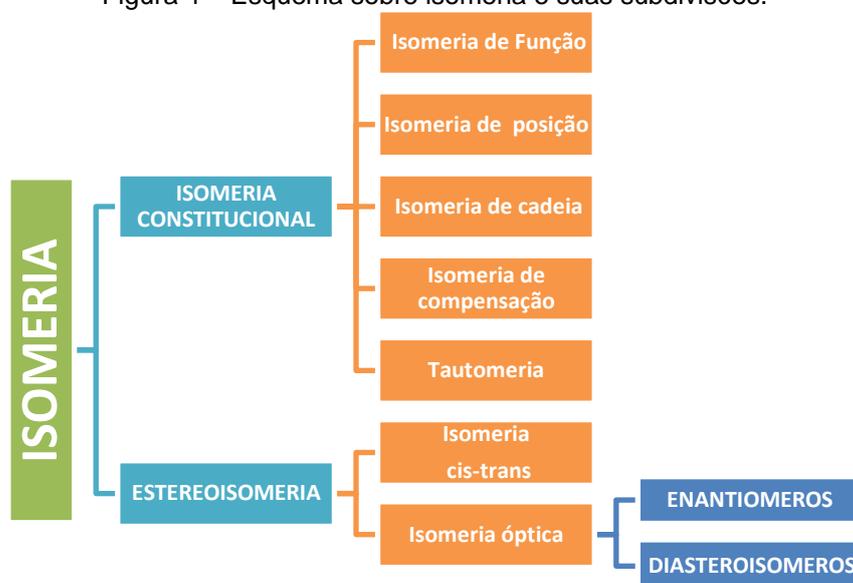
Os parâmetros também estabelecem como objetivos de aprendizagem, as seguintes: Reconhecer os casos de isomeria dos compostos orgânicos, através das suas fórmulas estruturais e das diferenças das propriedades entre eles; e relacionar o comportamento dos isômeros com suas estruturas moleculares.

De acordo com Silva e Silva (2007) a isomeria é um conteúdo em que muitos estudantes apresentam dificuldades, que muitas vezes é decorrente da forma como são abordados em sala. Isso pode ser constatado, por meio da utilização das formas usuais de representação, a partir das quais os estudantes não conseguem construir os conceitos de isomeria e também não conseguem diferenciar os compostos através desses modos de representação, na maioria das vezes, por meio das fórmulas estruturais e/ou da projeção de Fisher.

A utilização de modelos tridimensionais sólidos, possibilita que os estudantes manipulem as estruturas, permitindo que analisem a disposição dos átomos na molécula, permitindo que ocorra a compreensão dos fenômenos (RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009). Assim, levando em consideração as expectativas de aprendizagem para o conteúdo de isomeria, a utilização desses materiais didáticos pode ser de grande valia, visto que, irá proporcionar uma experiência de manipulação com modelos concretos, que podem favorecer a aprendizagem do conteúdo.

Quando se estuda o fenômeno da isomeria, procura-se dividi-lo em duas classificações, isômeros constitucionais e os estereoisômeros, dessa forma, afim de obtermos uma melhor compreensão do conteúdo, a figura 4 mostra um esquema da isomeria e suas subdivisões que será detalhada logo em seguida.

Figura 4 – Esquema sobre isomeria e suas subdivisões.

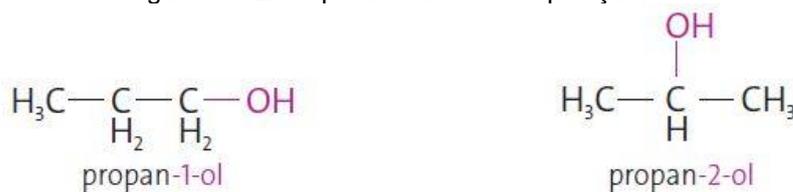


Fonte: Autoria própria, 2019.

O fenômeno da **isomeria constitucional** corresponde aquele em que, as moléculas dos compostos orgânicos possuem a mesma fórmula molecular, mas apresentam os átomos com conectividades diferentes, sendo dividida em: posição, cadeia, compensação e tautomeria (SOLOMONS; FRYLE, 2012; BARBOSA, 2011).

A **isomeria de posição** é caracterizada por compostos que têm o mesmo tipo de função e cadeia, mas apresentam diferença na posição do grupo funcional, de uma ramificação ou ainda de uma insaturação, essa diferença de posição resulta na diferença nas propriedades físicas e químicas entre os isômeros (MCMURRY, 2011; MORTIMER; MACHADO, 2013), conforme descrito na figura 5.

Figura 5 – Exemplo de isomeria de posição.



Fonte: FONSECA, 2013, p. 134.

A **isomeria de função** diz respeito a compostos que possuem a mesma constituição elementar, mas diferem nas funções orgânicas o que leva a diferenças nas propriedades físicas e químicas (MCMURRY, 2011; MORTIMER; MACHADO, 2013), conforme observado na figura 6, os isômeros possuem a fórmula molecular $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, mas apresentam duas funções orgânicas diferentes, o álcool e o éter.

Figura 6 – Exemplo de isomeria de função.



Fonte: FONSECA, 2013, p. 132.

A **isomeria de cadeia** é caracterizada por compostos que possuem a mesma fórmula molecular, mas organizados em cadeias diferentes (MCMURRY, 2011; FONSECA, 2013), conforme ilustra a figura 7, os isômeros apresentam a mesma fórmula molecular C_4H_{10} , mas possuem cadeias diferentes, em que uma é linear e a outra ramificada.

Figura 7 - Exemplo de isomeria de cadeia.



Fonte: FONSECA, 2013, p. 133.

A **isomeria de compensação** é caracterizada por compostos que possuem a mesma fórmula molecular e um heteroátomo, mas que diferem na posição do heteroátomo na cadeia, conforme figura 8 (CAREY, 2012; FONSECA, 2013).

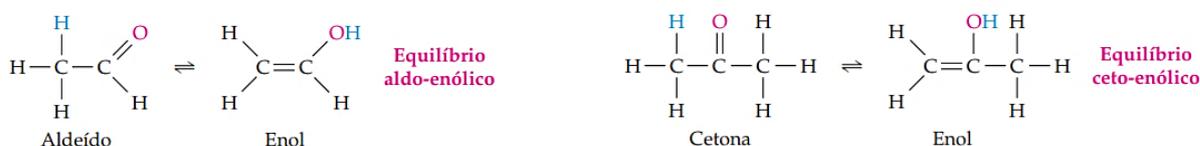
Figura 8 - Exemplo de isomeria de compensação.



Fonte: FONSECA, 2013, p. 132.

Existe ainda o caso especial de isomeria, no qual, os compostos possuem a mesma fórmula molecular e grupos funcionais diferentes, porém estes coexistem em um equilíbrio dinâmico, como cetona e enol, conforme representado na figura 9 e são denominados de tautômeros (**Tautomeria**) (SOLOMONS; FRYHLE, 2012; FONSECA, 2013).

Figura 9 - Exemplo de tautomeria dos tipos aldo-enólico e ceto-enólico.

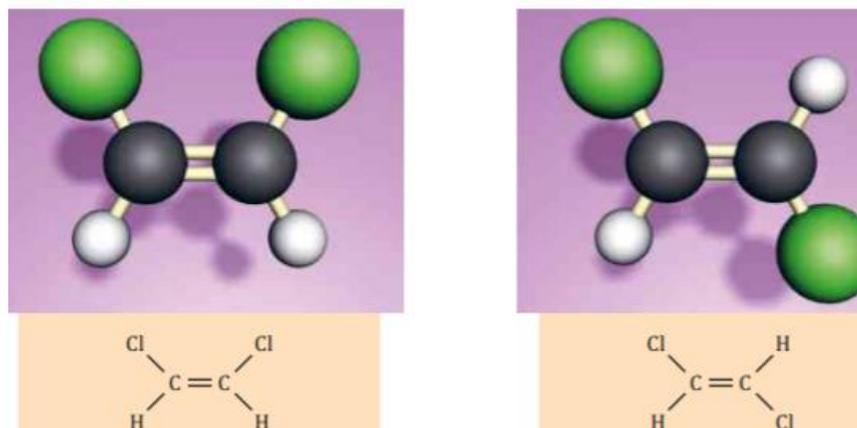


Fonte: PERUZZO E CANTO, 2006, p. 140.

A isomeria espacial também conhecida como **estereoisomeria**, é caracterizada por compostos que possuem mesma fórmula molecular, mas diferem na disposição espacial de seus átomos (SOLOMONS; FRYHLE, 2012; BARBOSA, 2011). Essa isomeria pode ser do tipo *cis-trans* e óptica (enantiômeros e diastereoisômeros).

A isomeria ***cis-trans*** é caracterizada por compostos que apresentam ligações duplas entre os carbonos, o que impede o giro livre do átomo de carbono, assim, para que ocorra o fenômeno da isomeria geométrica é necessário que estejam ligados a cada um dos carbonos dois ligantes diferentes entre si (CAREY, 2012; SOLOMONS; FRYHLE, 2012). A partir da disposição desses átomos, os isomeria geométricos podem receber duas nomenclaturas, estas que são a *cis*, quando dois d ligantes iguais estão voltados para um mesmo lado da molécula (Figura 10). E a *trans* quando dois ligantes iguais estão dispostos em lados opostos na molécula (Figura10).

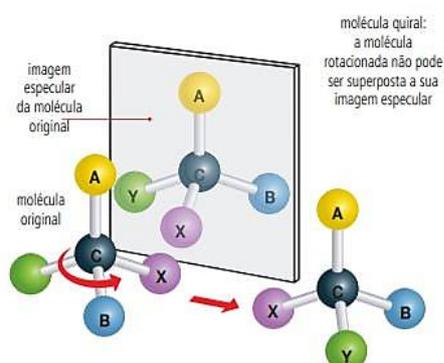
Figura 10 - Exemplos de isômeros geométrico cis-trans.



Fonte: Adaptado CANTO, 2016, p. 98.

O fenômeno da **isomeria óptica**, é caracterizado por compostos que possuem a mesma fórmula molecular, mas apresentam atividade óptica contrária. Esse tipo de isomeria pode ocorrer em substâncias, das quais, suas imagens especulares não são sobreponíveis, essa é uma característica comum em as substâncias denominadas **quirais** (CAREY, 2012; SOLOMONS; FRYHLE, 2012). **Imagem especular** é o termo utilizado para denominar a imagem de um objeto no espelho (figura 11). Outra forma de identificar se uma substância é quiral, é identificando se a mesma possui um carbono quiral, o **carbono quiral** é aquele que possui quatro ligantes diferentes (figura 11) (CAREY, 2012; SOLOMONS; FRYHLE, 2010).

Figura 11- Representação de composto quiral.

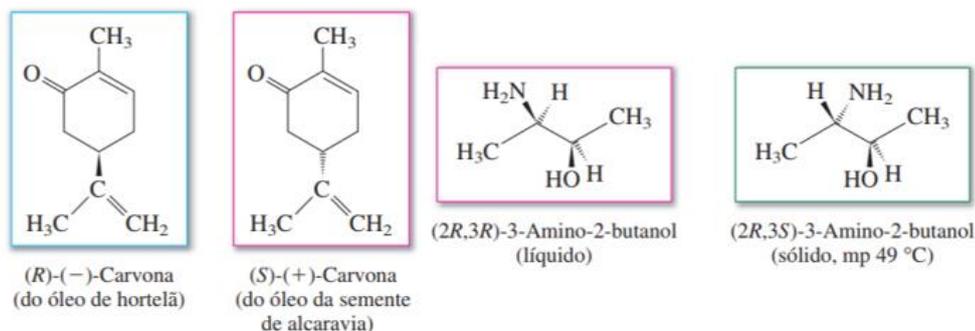


Fonte: SANTOS; MÓL, 2016, p. 85.

Quando as substâncias possuem carbonos quirais, pode-se dizer também que estas possuem centros de quiralidade, e por possuir essa propriedade, são capazes de desviar a luz plano polarizada. Moléculas que possuem centro de quiralidade são bastante comuns, podendo ser encontradas naturalmente ou produzidas por meio de sínteses orgânicas (SOLOMONS; FRYHLE, 2012; BARBOSA, 2011; CAREY, 2012).

Os estereoisômeros podem ser classificados em dois tipos, os **enantiômeros** (figura 12) compostos que possuem suas imagens especulares não sobreponíveis entre si. E ocorrem apenas em compostos quirais. E os **diastereoisômeros** (figura 12) compostos que não possuem imagens especulares entre si, além de seus pares possuem propriedades físicas e químicas entre si (CAREY, 2012; SOLOMONS; FRYHLE, 2012).

Figura 12 – Exemplos de enantiômeros (a esquerda) e diastereoisômeros (a direita).



Fonte: Adaptado CAREY, 2012, p. 318 e p. 324.

Nota-se que para compreensão do fenômeno da isomeria, é necessário que os estudantes aprendam uma grande quantidade de conceitos e procedimentos devido as diferentes formas de ocorrência desse fenômeno. Dessa forma, para que ocorra uma aprendizagem satisfatória desse conteúdo, é fundamental não só compreensão dos conceitos, mas também a relação entre esses, para que assim seja possível que os estudantes possam construir um conhecimento científico com maior êxito.

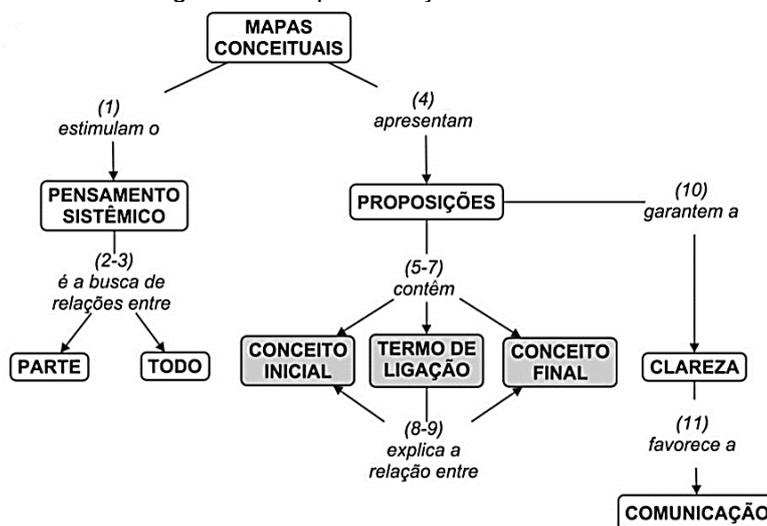
Assim como o esquema utilizado no início dessa seção, na intenção de realizar uma disposição geral do conteúdo, outra forma eficiente de se fazer isso, é por meio da construção de mapas conceituais, estes são um tipo de digrama utilizados com a finalidade de organizar conceitos, informações e ideias. E tem como vantagem, permitir que os conteúdos sejam apresentados de forma mais clara e precisas, podendo também os relacionar.

3.4 MAPAS CONCEITUAIS

Mapas conceituais (MCs) são uma forma de representação de conceitos através de diagramas, em que palavras interligadas através de linhas contendo ou não preposições são utilizadas como forma de exposição de ideias ou conceitos

(MOREIRA, 1997, 2006). Por meio dos MCs (Figura 12) é possível organizar e hierarquizar conteúdos e temáticas, sendo também uma maneira de facilitar o estudo através das relações construídas entre os conceitos.

Figura 13 – representação de um MC.



Fonte: AGUIAR; CORREIA, 2016, p. 43.

A construção de mapas conceituais pode ser feita para objetos mais amplos como uma disciplina, ou mais específicos como subdisciplinas, tópicos, conteúdos, etc., o que permite seu uso em diversos momentos na sala de aula, visto que, eles demonstram grande utilidade para demonstrar relações conceituais de uma única aula, ou ainda de toda uma matéria (MOREIRA, 1986; 2006).

Os mapas conceituais podem ser construídos em diversas dimensões, que vão desde uma até mais de três, porém os mais utilizados são os bidimensionais, pois possibilitam uma representação melhor dessas relações, saindo do horizontal sem que se torne algo muito complexo (MOREIRA, 1986; 2006).

Existem inúmeras maneiras de se construir um mapa conceitual, e não existem regras nem modelos fixos que determinem a forma como estes devem ser construídos. Nesse sentido Moreira (2006, p.10) sinaliza para o seguinte ponto:

O ponto importante é que um mapa conceitual deve ser sempre visto como "um mapa conceitual", não como "o mapa conceitual" de um determinado conjunto de conceitos. Isto é, qualquer mapa conceitual deve ser visto apenas como uma das possíveis representações de uma certa estrutura conceitual.

Dessa forma, cada MC construído apresentará uma forma diferente de dispor relações diferentes entre os conceitos, mesmo que sejam feitas para o mesmo objeto de estudo, da mesma maneira que estes podem ser construídos com estéticas diferentes para exposição das relações conceituais.

Aguiar e Correia (2013) propõem algumas características que devem estar contidas em um MC para que ele seja construído de forma satisfatória, deve ser feito tomando como referência uma pergunta focal, os conceitos devem estar relacionados com o uso de preposições e finalmente a disposição dos conceitos deve ser feita de maneira hierarquizada.

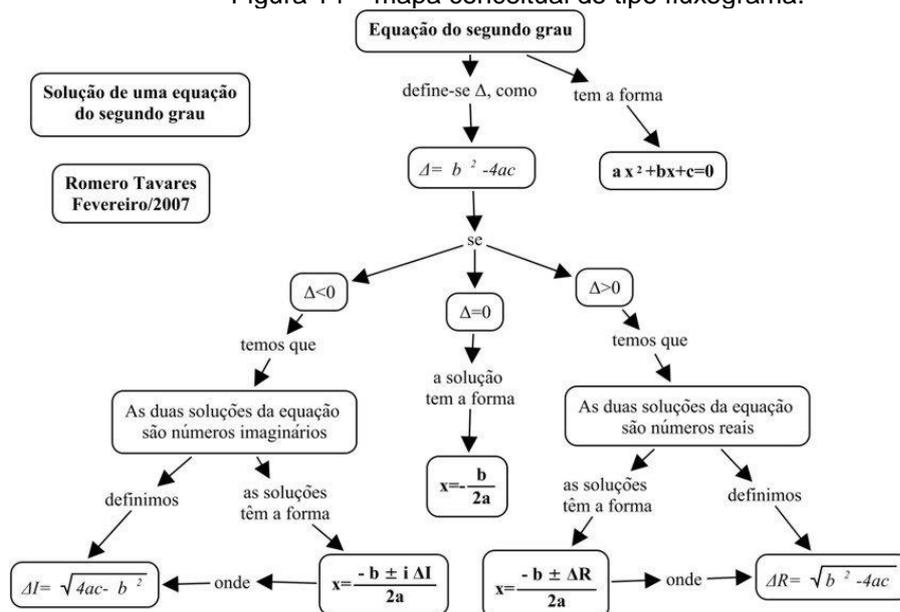
A pergunta focal é primordial para a construção de um mapa conceitual, através dela é possível que o professor faça uma delimitação do conteúdo, mas para isso é necessário que a pergunta focal seja clara e objetiva, pois possibilita que os estudantes selecionem os conceitos e proposições adequadas para construção seu mapa (AGUIAR; CORREIA, 2013).

As proposições podem ser definidas como os termos que ligam dois ou mais conceitos, desde que nela esteja contido um verbo, permitindo assim que haja clareza na relação conceitual apresentada. Com uso de proposições adequadas será possível reconhecer também possíveis erros de relações conceituais presente nos MC (AGUIAR; CORREIA, 2013).

Tavares (2007) apresenta descrição de modelos de mapas conceituais apontando para as preferências de uso para cada modelo, seja pela facilidade de elaboração, pela clareza das informações ou pelo destaque que se pretende dar a determinada temática com a construção do mapa conceitual, estes são:

- ♦ **Fluxograma:** a organização desse tipo de MC se de forma linear, e é geralmente utilizado para descrever passo a passo de procedimentos específicos. Eles são de fácil leitura, porém não apresentam criticidade nas informações expostas, pois pretende somente descreve-las.

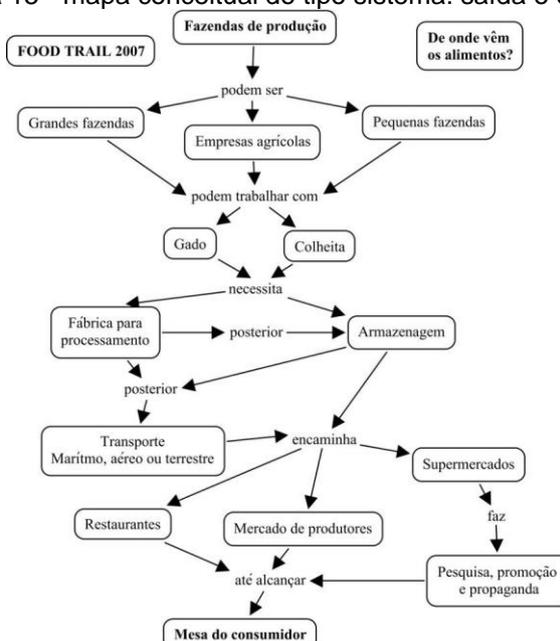
Figura 14 – mapa conceitual do tipo fluxograma.



Fonte: TAVARES, 2007, p. 77.

- ◆ **Sistema: entrada e saída:** semelhante a MC do tipo fluxograma, neste as informações têm a possibilidades de entrada e saída, ou seja, pode ser interpretado do início para o final e vice-versa. Este tipo de mapa pode ser útil quando se deseja apresentar muitas relações entre os conceitos, porém, a utilização desse mapa pode ocasionar em dificuldades de interpretação, devido à grande quantidade de informações.

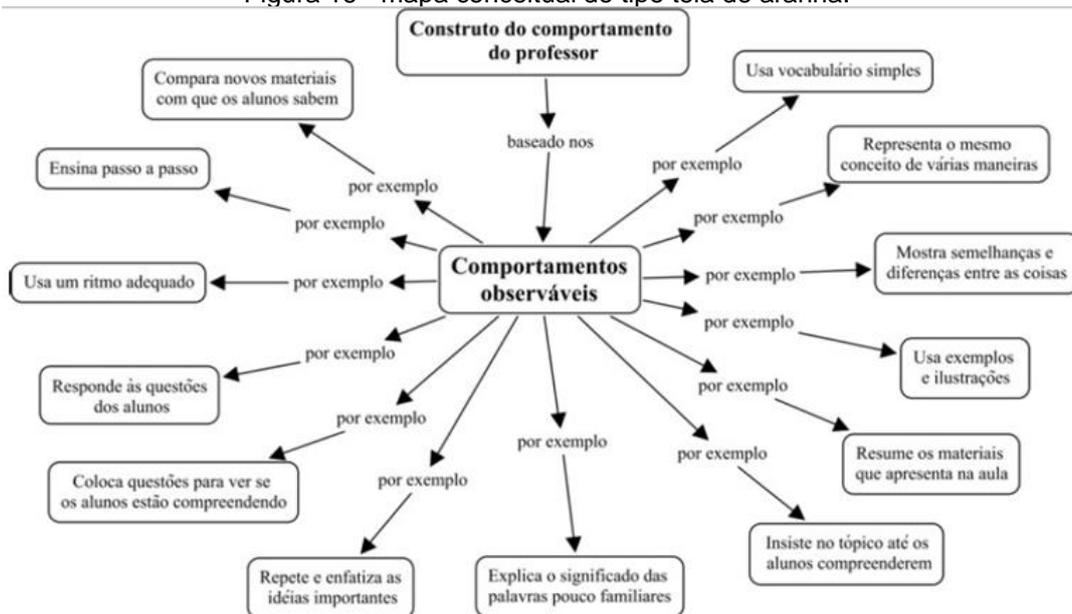
Figura 15 - mapa conceitual do tipo sistema: saída e entrada.



Fonte: TAVARES, 2007, p. 77.

- ◆ **Teia de aranha:** nesse tipo de MC o tema principal encontra-se no centro, e os conceitos subsequentes vão sendo dispostos ao redor tendendo a se afastar do centro de acordo com a sua especificidade. Caracteriza-se por ser um mapa de fácil estruturação, mantendo o foco nas relações conceituais. Mas pode apresentar dificuldades no que diz respeito a percepção das relações conceituais, pois em alguns casos a ausência de clareza na identificação dos conceitos mais relevantes.

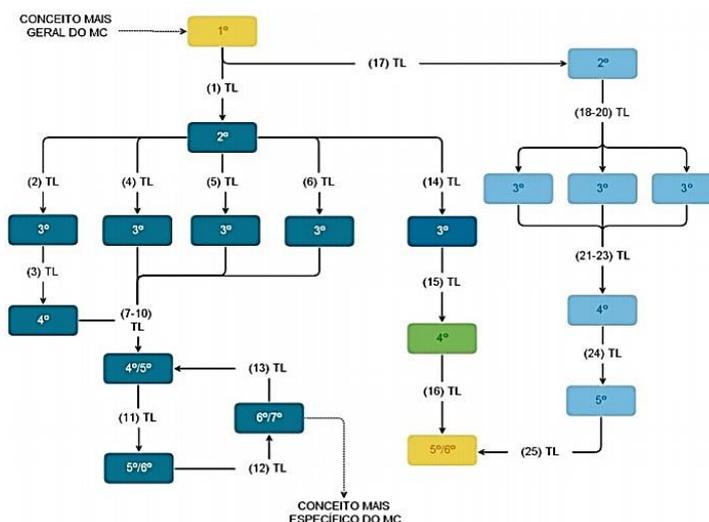
Figura 16 - mapa conceitual do tipo teia de aranha.



Fonte: TAVARES, 2007, p. 76.

- ◆ **Hierárquico:** nesse MC as informações são dispostas de forma desencadeada, tem como característica principal o conceito central no topo, e os mais específicos subsequentes, seguindo uma ordem dos mais gerais para os mais singulares. Sua estruturação demonstra uma forma mais adequada para dispor as informações, com conceitos mais explícitos e inclusivos, como também permite uma maior relação entre esses. Mas é importante considerar que sua construção exige rico conhecimento do assunto abordado.

Figura 17 - mapa conceitual do tipo hierárquico.



Fonte: AGUIAR; CORREIA, 2013, p. 148.

A hierarquia na disposição dos conceitos estimula a criatividade, geralmente é utilizada com objetivo de fazer uma apresentação detalhada dos conceitos, de forma que se disponham dos mais gerais estão em posições de destaque enquanto os específicos em posições mais subordinadas, facilitando assim a compreensão geral do MC (AGUIAR; CORREIA, 2013).

Uma das formas de favorecer a construção de um bom MC é elencar os principais conceitos e as preposições com base na pergunta focal, e partir desse conjunto será possível para o estudante desenvolver as relações conceituais (TAVARES, 2008; AGUIAR; CORREIA, 2013). Dessa forma, ficará mais claro para o estudante como ele irá dispor os conceitos no mapa, tendo em vista que ele já fez a suas próprias relações e com o auxílio desses conceitos destacados poderá organizar seus conhecimentos construídos em um mapa conceitual.

Os mapas conceituais podem ser utilizados como instrumentos no processo de ensino-aprendizagem, da mesma maneira que como instrumento de avaliação, sendo considerada uma avaliação essencialmente qualitativa. Nesse sentido, Moreira (2006, p.19) destaca como esse instrumento pode ser utilizado na avaliação:

Na avaliação através de mapas conceituais a principal ideia é a de avaliar o que o estudante sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina, integra, conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico, disciplina, etc.

Assim é possível acompanhar a aprendizagem dos estudantes em determinados conteúdos, como também, verificar suas dificuldades por meio da

interpretação das relações expostas nos mapas, bem como os conhecimentos prévios dos estudantes.

Por meio do mapa conceitual os estudantes podem externar os conhecimentos construídos como resultado do entendimento e internalização das informações de determinado conteúdo. Nesse sentido, Moreira (1986) afirma que em muitos casos os MCs não são autossuficientes e para uma melhor compreensão destes seria importante que houvesse também a explicação dos mesmos.

Se opondo aos modelos tradicionais de avaliação os MCs permitem que os estudantes expressem suas ideias construídas ao longo do processo de ensino e aprendizagem, mas também permite que haja uma melhor interação entre os estudantes e professor- estudante, rompendo paradigmas presentes na sala de aula de que sempre há uma resposta correta e somente o professor tem o poder de julgar os resultados desse processo (CORREIA; SILVA; JUNIOR, 2011).

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A abordagem metodológica utilizada neste trabalho será qualitativa, visto que nesse tipo de abordagem a fonte principal dos dados é o campo de pesquisa, é nele que o pesquisador permanece em contato com seu objeto de estudo, possibilitando que ele interprete e atribua significados aos dados obtidos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

No que diz respeito aos procedimentos, pode-se classificar como uma pesquisa-ação, em razão de que nela há uma cooperação entre os envolvidos no trabalho e também porque ela ultrapassa a coleta de dados, neste procedimento o pesquisador desenvolve um papel ativo de participação no contexto da sua pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013).

4.2 CAMPO E PARTICIPANTES DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma Escola de Referência em Ensino Médio, localizada na cidade de Lajedo-PE, com 35 estudantes do terceiro ano do ensino médio. A escolha desses participantes se deu devido ao conteúdo de isomeria está presente no programa de conteúdos para este ano escolar e de o pesquisador já ter tido vivências com a turma.

4.3 COLETA DE DADOS

A estruturação dessa pesquisa se deu por meio de uma sequência didática (SD), pois para Méheut (2004) a SD é um agrupamento de atividades de ensino e aprendizagem, que tem por objetivo auxiliar no processo de construção do conhecimento científico. Esse tipo de metodologia tende a corroborar para a análise da utilização de recursos inseridos em contextos de ensino em relação a objetivos específicos de aprendizagem, apresentando-se também como uma ferramenta de pesquisa.

Os instrumentos de coleta utilizados nessa pesquisa, foram: questionário aberto (GIL, 2008) contendo questões relacionadas ao conteúdo de isomeria, visando identificar os conhecimentos desenvolvidos sobre este tema; e os mapas conceituais (MOREIRA, 2006; CORREIA et al., 2016), por meio desse instrumento essencialmente qualitativo será possível reconhecer aprendizagem desenvolvida ao longo da SD levando em consideração as categorias de análise propostas no 4.4.

A execução da sequência didática ocorreu em quatro momentos com duas horas cada um, que estão descritos a seguir.

Primeiro momento

O primeiro momento aconteceu em duas etapas, na primeira foi ministrada uma aula expositiva sobre mapas conceituais, para que fosse possível que eles construíssem os mapas conceituais iniciais. Na segunda, os estudantes foram divididos em grupos, em seguida, foi solicitado que eles construíssem mapas conceituais sobre o conteúdo de isomeria, a partir da pergunta focal: *O que você compreende por isomeria?*

A escolha do mapa conceitual foi baseada no fato de que este permite conhecer o que os estudantes sabem a respeito do conteúdo, assim como será possível fazer uma análise comparativa com o MC construído no quarto momento.

Segundo momento

Foi ministrada uma aula expositiva dialogada do conteúdo de isomeria, com o objetivo de aproximar os estudantes da temática, de forma que as informações pudessem ser discutidas por todos os estudantes. Onde foram também utilizados os Modelos Moleculares Sólidos (MMS) como material didático, visando favorecer o processo de ensino e aprendizagem na apresentação das informações do conteúdo. Os tipos de MMS utilizados foram dois, palitos + jujubas e palitos + massa de modelar a escolha desses materiais ficou a critério dos estudantes, optou-se utilizar esses tipos de modelos por serem mais acessíveis, tanto financeiramente, quanto no que diz respeito a utilidade.

Terceiro momento

Nessa etapa, cada grupo recebeu um questionário aberto sobre o conteúdo de isomeria, que deveria ser respondido com o auxílio dos MMS. É importante ressaltar que o uso desse material didático possibilitaria a representação das moléculas orgânicas em 3D, que foram construídas pelos próprios estudantes, acredita-se que a ação de construir os MMS colaborou para a resolução das questões propostas, auxiliando no processo de aprendizagem.

Quarto momento

No quarto momento foi solicitado que cada grupo construísse um novo mapa conceitual, com base na mesma pergunta focal inicial: O que você compreende por isomeria? expondo os conteúdos e conceitos que foram aprendidos pelo grupo.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi realizada a partir das informações coletadas nos quatro momentos, sendo esses: resolução do questionário com auxílio do material didático, análise comparativa entre os MC inicial e final.

4.4.1 Análise do questionário respondido com auxílio do material didático

Para análise de cada uma das respostas do questionário, que trataram em sua maioria de conceitos de isomeria, buscou-se classifica-las em quatro categorias: **resposta satisfatória (RP)**, **resposta pouco satisfatória (RPS)**, **resposta insatisfatória (RI)** e **sem resposta (SR)**, semelhante ao que foi feito por Simões Neto (2009).

4.4.2 Análise dos Mapas Conceituais

Para análise dos MCs final e inicial, foram utilizadas categorias de análise semelhantes às utilizadas por Ruiz-Moreno; Sonzogo; Batista; Batista (2007), estas que são: conceitos, inter-relações entre conceitos e estrutura do MC, que estão detalhadas a seguir.

Conceito – pretendeu-se analisar a qualidade dos conceitos apresentados, observando os níveis de hierarquia atribuídos entre esses conceitos, dos mais amplos até os mais específicos, exemplificação e atribuição às aplicações cotidianas.

Inter-relação – pretendeu-se analisar as relações feitas entre os conceitos dispostos nos mapas, observando se as linhas de entrecruzamento entre as palavras fazem sentido ou se há equívocos de relações e por fim uso de proposições.

Estrutura do MC - pretendeu-se analisar o tipo de mapa utilizado, como se deu a hierarquização dos conceitos apresentados e a representatividade dos conceitos dispostos bem como sua relevância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS COM AUXÍLIO DOS MODELOS MOLECULARES

A aplicação dos questionários tinha o intuito de fazer com que os estudantes utilizassem dos modelos moleculares para resolução das questões relacionadas ao conteúdo de isomeria. Os modelos moleculares utilizados pelos estudantes foram feitos de materiais alternativos (palitos de madeira e jujuba / massa de modelar e palitos de madeira), optou-se por esses materiais por serem de fácil acesso aos estudantes, por seu baixo custo quando comparada aos modelos comerciais e também pela redução de geração de resíduos, pois não foram utilizados materiais como isopor.

Os grupos participantes da intervenção foram identificados pelas letras de A à G, porém o grupo foi retirado da análise, por não ter participado de todas as etapas da SD. As respostas foram analisadas com base nas categorias elaboradas, como

resposta satisfatória (RS), resposta pouco satisfatória (RPS) e resposta insatisfatória (RI), sendo estas estabelecidas de acordo com os objetivos de cada questão proposta.

A primeira questão tinha por objetivo a formulação da definição para o fenômeno da isomeria, juntamente com a descrição de sua importância para o desenvolvimento da química. As respostas obtidas para essa questão puderam ser classificadas em duas das três categorias, que foram como respostas pouco satisfatórias e respostas insatisfatórias.

No que diz respeito das RPS, percebeu-se que os grupos tinham conhecimento da definição para o fenômeno da isomeria, mas apresentaram uma definição genérica para o fenômeno, sem levar em consideração características específicas do mesmo, como mostra a resposta do grupo D

“Isomeria que é quando compostos diferentes apresentam a mesma fórmula molecular. As classificações se subdividem em: isomeria de função; isomeria de cadeia; isomeria de posição e a de compensação, que seu caso específico é a tautomeria. É importante para identificarmos diferentes compostos com a mesma fórmula que estão presentes no nosso dia a dia.” (Grupo D)

Ao apresentar uma definição geral para o conceito de isomeria, o grupo não levou em consideração a especificidade das principais ocorrências do fenômeno, ou seja, que isômeros podem ocorrer de maneira a se constituir de formas diferentes na molécula (constitucional) ou se dispor de formas diferentes no espaço (espacial). Ainda assim, procura classificar a isomeria em alguns de seus casos, porém esses casos dizem respeito a um tipo específico de isomeria, a isomeria constitucional, o que demonstra que eles tem conhecimento da propriedade do fenômeno, mas não reconhecem as particularidades de cada um, esse fato pode ocorrer devido aos estudantes notarem apenas uma mudança de posição dos átomos, mesmo quando eles modificam também sua configuração espacial.

No que se refere as RI, percebeu-se que os grupos não demonstraram conhecimento suficiente para diferenciar os dois casos gerais do fenômeno da isomeria, como mostra a resposta do grupo A:

“São compostos diferentes que apresentam mesma fórmula molecular são chamados isômeros.” (Grupo A)

O grupo apresentou uma definição genérica para o fenômeno da isomeria, em que não se leva em consideração as especificidades das ocorrências do fenômeno

em constitucional, quando átomos se constituem apenas de forma diferente na molécula e a espacial, que ocorre quando os átomos se dispõem de forma diferente no espaço. Essa situação pode ocorrer devido aos estudantes não conseguirem interpretar e compreender as mudanças que ocorriam com as estruturas dos compostos, no sentido de que se tem um fenômeno que ocorre no plano e outro no espaço.

A segunda questão tinha como intenção tratar sobre a isomeria de função, que ocorre quando os compostos que possuem a mesma fórmula molecular, porém diferem nas suas funções orgânicas (MCMURRY, 2011; MORTIMER; MACHADO, 2013). A questão tratava a respeito de um álcool e suas aplicações cotidianas, sendo citada sua fórmula molecular C_2H_6O e a partir dessa, os estudantes teriam que construir as estruturas utilizando os MM. Com base nas estruturas construídas deveriam identificar o caso de isomeria e justificar através das observações feitas nas estruturas propostas.

Para essa questão, as respostas obtidas se enquadraram em duas categorias: RS e RPS. Dentre as respostas satisfatórias tem-se a do grupo C:

“Isomeria de função. Os compostos formados são o etanol e o metoximetano, álcool e éter respectivamente; o álcool apresenta o grupo funcional “OH”, que a partir da sua mudança de função para “O”, entre os carbonos, formamos outra função, o éter.” (Grupo C)

O grupo conseguiu identificar o caso de isomeria que ocorre com o composto (C_2H_6O), além disso, apresentaram uma justificativa coerente baseada na observação comparativa entre as estruturas construídas. Pode-se observar também que o grupo sinalizou, não só a mudança da função pertencente a cada grupo, como conseguiu descrever a mudança na posição dos átomos, como no caso de o oxigênio estar entre dois carbonos.

Essas considerações acerca das estruturas dos isômeros se dão devido a utilização dos MM, uma vez que, os modelos fazem com que os estudantes possuam uma forma de representação manipulável, evitando que equívocos de compreensão do comportamento das moléculas tal qual sua disposição espacial e as interações decorrentes dessa. Tal observação seria impossível de ser constituída de outra forma uma vez que ocorrem no nível sub-microscópico (JUSTI, 2010). Dessa forma, os

estudantes conseguem não só visualizar as estruturas dos compostos, como também fazer a manipulação destas.

A construção desses modelos, também possibilitou que os estudantes tivessem um entendimento em diferentes níveis de representação, fazendo com que fosse possível fazer uma transição de um nível microscópico para o representacional, tendo em vista que no estudo da química, a maioria dos fenômenos se sucedem a nível microscópico onde muitas das vezes tem como consequência a dificuldade na compreensão de leis e conceitos (COSTA; PASSERINO; ZARO, 2012).

Em relação as RPS, percebeu-se que os grupos reconheceram o caso de isomeria, mas só demonstraram conhecimento de uma das funções através das estruturas, como mostra a resposta do grupo G:

“Isomeria de função, porque as estruturas são de funções diferentes (função éter pois o oxigênio se encontra no centro entre os carbonos).” (Grupo G)

Mesmo utilizando os MM, observou-se que o grupo só conseguiu fazer observação em uma das estruturas, é possível que isso tenha ocorrido em função da maneira como os estudantes desenvolvem a sua abstração, uma vez que, por meio disso eles podem construir seus modelos mentais, esses modelos são fundamentais para construção do conhecimento químico, já que estes são desenvolvidos a partir das experiências dos indivíduos com sistemas físicos (BORGES, 1997). Assim, diante da necessidade de representação desses modelos, os estudantes podem cometer equívocos na em sua expressão, de forma que não tenha sido possível fazer as manipulações adequadas na estrutura, de forma que permitisse observar a formação do isômero com a função álcool.

A terceira questão abordava a isomeria de cadeia que ocorre em diversos hidrocarbonetos. Esse caso de isomeria ocorre quando compostos possuem a mesma fórmula molecular, mas apresentam configurações de cadeia diferentes (MCMURRY, 2011; FONSECA, 2013). A questão era composta por dois itens, cada um com um par de hidrocarbonetos (Butano e isobutano; Dimetilpropano e metilbutano), em que era solicitado a construção das estruturas e em seguida uma análise para identificação o caso de isomeria existente em cada item.

Nessa questão, as respostas obtidas se enquadraram em duas categorias: RS aquelas em que os grupos além de identificar o caso de isomeria, apresentaram uma justificativa adequada levando em consideração as estruturas construídas e os

conceitos de isomeria, e a RPS, onde se tinha apenas uma definição, sem uma justificativa adequada ou equivocada.

Dentre as respostas satisfatórias tem-se a do grupo C:

“I- Isomeria de cadeia: percebemos que houve a mudança do carbono da extremidade, passando a se ligar com o carbono central, formando-se uma ramificação.” (Grupo C)

“II- O dimetilpropano apresenta três carbonos e duas ramificações metil, logo o metilbutano apresenta quatro carbonos, classificando a isomeria de cadeia.” (Grupo C)

O grupo identifica os casos de isomeria nos dois itens, a isomeria de cadeia, e apresenta justificativas pertinentes, levando em consideração as estruturas construídas. Pode-se perceber que os MM foram cruciais para identificação da isomeria, pois a utilização do termo “percebemos” demonstra que os estudantes conseguiram observar a mudança nas estruturas em ambos os casos, isso se deu devido, ao fato do modelo permitir que os estudantes visualizem e manipulem as estruturas dos compostos, Roque e Silva (2008) discorrem que os modelos propiciam a visualização das estruturas dos compostos que antes era “invisível” aos nossos olhos, auxiliando no processo de abstração e compreensão dos fenômenos.

No que diz respeito às RPS, pode-se observar nas respostas duas situações interessantes, conforme descrito na fala do grupo G:

“I-Isomeria de posição. Porque muda posição da ramificação.” (Grupo G)

“II- Isomeria de cadeia, pois são de cadeias diferentes.” (Grupo G)

Na primeira situação percebe-se que há um equívoco em relação a identificação do caso de isomeria, a resposta do primeiro item indica que haveria uma mudança na posição de uma ramificação, mas o que acontece é que esta ramificação não existe, pois o butano é uma de molécula de cadeia linear, por isso não haveria possibilidade de uma mudança de posição de ramificação. O que foi possível inferir a partir disso, é que não houve uso dos modelos moleculares para resolução desse item, por esse motivo constata-se a ocorrência desse equívoco conceitual.

A quarta questão abordava conceitos de isomeria relacionados a estereoisomeria (isomeria espacial). A mesma versava sobre um tipo de feromônio encontrado em determinadas frutas e alimentos. Dividida em dois itens, tratava dos conceitos de isomeria cis-trans e isomeria óptica.

Dessa forma a análise deveria ser feita para cada um dos itens separadamente. Quando analisadas as respostas, as mesmas foram enquadradas em RS e RI em sua maioria.

Para o item I pedia-se que fosse construído a estrutura para o feromônio e identificasse o possível caso de isomeria. Neste caso, uma minoria das respostas foi classificada como satisfatórias, conforme fala do grupo D:

“É a isomeria geométrica, onde ocorre a cis ou a trans. Seus substituintes são opostos devido a isso há mudança.” (Grupo D)

Como pode-se observar, o grupo conseguiu identificar o tipo de isomeria, nesse caso a geométrica. Também discorreram sobre a variação entre *cis* e *trans*, em virtude da presença da dupla ligação no terceiro carbono. Considerando o conceito desse tipo de isomeria, ao falar que os substituintes são opostos, seria uma caracterização para isomeria do tipo *trans*, já que na *cis*, nós teríamos os substituintes do mesmo lado do plano, mesmo com a falta de clareza na exposição das resposta nota-se que o grupo compreendeu o conceito de isomeria geométrica, conseguindo responder satisfatoriamente a questão.

Ainda para o item I, acerca das RI, pode-se observar que as respostas dessa categoria, foram em sua maioria semelhantes, todas como a do grupo C:

“Cis-trans, quando acontece o giro na cadeia e é adicionado nos nitrogênios.”
(Grupo C)

Pode-se identificar nesta resposta o tipo de isomeria corretamente, mas a justificativa para a mesma demonstrou-se um tanto confusa e equivocada, ao falar que “acontece um giro” os estudantes descrevem uma característica oposta a característica no fenômeno, pois, devido a presença das duplas ligações entre os carbonos não é possível que ocorra um giro de ligação, além disso, o giro é impedido na ligação e não “na cadeia”, como é exposto acima.

Esse equívoco pode ser consequência do mal entendimento do conceito de isomeria geométrica. Foi falado durante a intervenção sobre a principal característica dessa isomeria ser a presença da dupla ligação entre carbonos, e como consequência disso o impedimento do giro, assim só há duas formas de disposição dos substituintes, a *cis* ou *trans*. Quanto ao termo “nitrogênios”, acredita-se que esse é mais um equívoco linguístico do que conceitual, uma vez que um dos exemplos trabalhados em aula utilizando os MM, tinha na configuração do composto uma adição de

hidrogênios para formação dos isômeros e complementação das ligações dos carbonos.

Para o item II, questionava se o mesmo composto possuía um outro tipo de isomeria, com base na análise da estrutura construída, deveriam afirmar ou negar essas ocorrências, se a resposta fosse positiva, indicasse qual seria. Nesse item apenas o grupo D conseguiu responder de forma satisfatória, conforme relatado abaixo:

“Sim, a isomeria óptica, pois não apresentam plano de simetria e seu carbono é quiral.” (Grupo D)

A resposta do grupo foi satisfatória porque ele conseguiu identificar o composto pode apresentar isomeria óptica. Também justifica a resposta informando que pelo fato de a molécula não ter um plano de simetria, ou seja, ao traçar um plano imaginário que corte a molécula ao meio, não se disponha dos mesmos átomos em lados opostos. E a outra forma, é a identificação de um carbono quiral, como sendo aquele que possui quatro ligantes diferentes, nessa molécula está representado pelo que está ligado ao grupo hidroxila. Essas observações puderam ser feitas a partir da construção adequada da estrutura desse composto. Para que o grupo chegasse a essa conclusão, eles utilizaram o conhecimento referente aos requisitos básicos para isomeria ótica, juntamente a análise dos MM construídos.

No que se refere as respostas insatisfatórias ao item II, todas elas negam a presença de outro de isomeria. E todas as respostas a esse item resumem-se a um “não”. Tendo em vista isso, algumas causas podem ser apontadas para o não reconhecimento da isomeria, dentre elas: os estudantes não terem compreendido os requisitos básicos para possuir isomeria óptica e assim não realizaram uma análise mais minuciosa da estrutura construída não percebem por exemplo a presença de um carbono quiral; outro fator é a própria construção dos modelos, os estudantes podem ter cometido equívocos em relação a disposição dos átomos na molécula, já que esta não era uma molécula tão simples.

A quinta questão abordava isomeria óptica por meio da sua ocorrência no ácido láctico, a partir disso, foram apontadas 4 afirmativas relacionadas a conceitos básicos dessa isomeria. A partir destas, os estudantes deviriam construir os MM e indicar se estas seriam falsas ou verdadeiras, justificando cada uma das suas escolhas com

base nos conceitos de isomeria e na utilização dos MM construídos. As repostas obtidas para essa questão estão dentro das categorias de RS e RPS.

As repostas categorizadas como RS, são aquelas em que os estudantes responderam corretamente as afirmativas, justificando através da utilização dos MM. Por esta razão a discussão foi feita por cada item como se segue.

O item I versava a respeito da molécula possuir carbono assimétrico, que de acordo com a literatura é aquele carbono que possui os quatro ligantes diferentes (CAREY, 2012; SOLOMONS; FRYHLE, 2010). O grupo D apresentou a seguinte resposta ao item em análise:

“Verdadeira. Sim, pois o carbono é quiral (4 ligações diferentes) e a sua posição muda quando é colocado no espelho.” (Grupo D)

Pode-se perceber através dessa resposta que o grupo reconhece a propriedade básica para que ocorra isomeria óptica, o carbono quiral. Essa observação foi possível de ser visualizada em virtude da análise dos diferentes ligantes no MM construídos. Também comentaram a respeito da imagem especular, quando mencionaram a mudança de posição do carbono, que na verdade muda é o arranjo espacial dos ligantes na molécula, o que foi caracterizado como um equívoco de expressão por parte dos estudantes.

O item II, abordava a propriedade de atividade óptica, aquela propriedade em que os compostos podem desviar a luz plano polarizada (CAREY, 2012; SOLOMONS; FRYHLE, 2010). A resposta para esse item foi a seguinte:

“Sim, pois são assimétricos. Essa é uma condição para ter uma isomeria óptica.” (Grupo D)

Como é possível observar, o grupo responde de forma adequada ao item, e justifica utilizando os conceitos de isomeria, já que se um composto possui carbono quiral, a molécula pode ser caracterizada como assimétrica tendo como consequência a propriedade de desviar a luz plano polarizado.

O item III, perguntava se o composto possuía isomeria *cis-trans*. A resposta apresentada foi a seguinte para esse item:

“Falso. Seus lados não são opostos” (Grupo D)

Apesar de responder corretamente a afirmativa, a justificativa do grupo, não é tão satisfatória, visto que, o grupo justifica com uma explicação semelhante à da isomeria *trans*., em que os substituintes estariam dispostos em lados diferentes do

plano. Tendo em vista a análise da molécula do ácido láctico, era possível identificar a não existência desse caso de isomeria, devido à ausência de carbonos insaturados, dessa forma, os substituintes tem diversas possibilidades de arranjo.

O item IV, tratava da sobreposição dessas moléculas, em que, através da análise dos MM construídos, seria possível sobrepô-los e verificar se a afirmativa estava correta. Para esse item, obteve-se a seguinte resposta:

“Verdadeiro. Se colocarmos uma em cima da outra, ficarão “iguais”” (Grupo C)

Nota-se que o grupo compreende o conceito de sobreposição, que ocorre quando você coloca a imagem especular de uma molécula sobre a mesma (CAREY, 2012; SOLOMONS; FRYHLE, 2010). Essa ação tem intenção de verificar como se dá a disposição dos átomos na molécula, sendo assim possível fazer uma análise comparativa dessa disposição. Assim tem-se uma resposta adequada, mas a justificativa apresenta um equívoco, o grupo afirma que ao realizar a sobreposição as moléculas ficariam “iguais”, mas o que se espera de moléculas não sobreponíveis é que elas fiquem diferentes ao serem sobrepostas, ou seja, seus substituintes não coincidem de estar no mesmo lugar no espaço, esse fator pode ter ocorrido devido a forma de manipulação dos MM. Se estes são foram construídos de forma a representar fielmente as disposições tanto da molécula quanto da sua imagem especular, pode ocorrer sobreposição incorreta destas, e dessa forma interpretações equivocadas também podem surgir.

As respostas categorizadas como RPS, são aquelas em que os estudantes indicam de forma adequada a maioria das afirmativas, porém não apresentam justificativas adequadas com base nas estruturas dos MM construídas. Dentre as respostas atribuídas a seguinte foi a de maior frequência entre os grupos:

“Ácido láctico possui isomeria óptica pois ele se diferencia pelo tipo de desvio do plano de luz polarizada.”

Apesar de ter uma boa parcela das afirmativas respondidas corretamente, os grupos optaram por justificar suas escolhas de uma forma geral, descrevendo a propriedade do composto de desviar a luz plano polarizada. Essa é uma propriedade que está presente em composto assimétricos, ou seja, aqueles que possui um carbono quiral. Dessa forma, não seria possível justificar todas afirmativas de forma coerente, já que por meio de uma análise dos MM os estudantes poderiam verificar as estrutura de uma forma mais cuidadosa, como por exemplo a sobreposição das

moléculas, e ainda poderiam observar que não havia presença de ligações duplas entre nenhum dos carbonos, um requisito básico para que ocorresse isomeria geométrica (*cis-trans*).

Nesse sentido nota-se como a utilização dos MM construídos seria importante para observação das estruturas dos compostos, uma vez que, por meio dela os estudantes tem uma melhor visualização da representação dos substituintes na molécula e podem fazer uma transição mais adequada entre os diferentes níveis de representação, além disso, por mais que eles desenvolvam seus modelos mentais de maneira que consigam “enxergar” a estrutura da molécula, algumas ações com essa estrutura podem ser dificultadas devido a abstração desse processo, por isso a utilização desse modo de representação do modelos demonstra ser propício para inferências mais convenientes em relação as propriedades dos compostos. Por meio da utilização dessa representação tridimensional dos arranjos dos átomos, os estudantes dispõem de um material concreto que dá subsidio para entendimento do fenômeno que ocorre com as estruturas dos compostos (LIMA; LIMA-NETO, 1999).

5.2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais foram construídos em dois momentos durante a sequência. No primeiro momento, o mapa teve por objetivo identificar o conhecimento prévio que os estudantes tinham a respeito do conteúdo de isomeria. O segundo mapa foi avaliado comparativamente com o primeiro, com o objetivo de verificar a evolução da compreensão do conteúdo de isomeria, após a intervenção proposta.

Foi selecionado para análise o grupo A, em virtude deste ter tido um maior acompanhamento durante todas as etapas de execução da SD, sendo por isso escolhido como grupo focal. Dessa forma, foi possível fazer inferências mais pertinentes as situações observadas nos mapas conceituais.

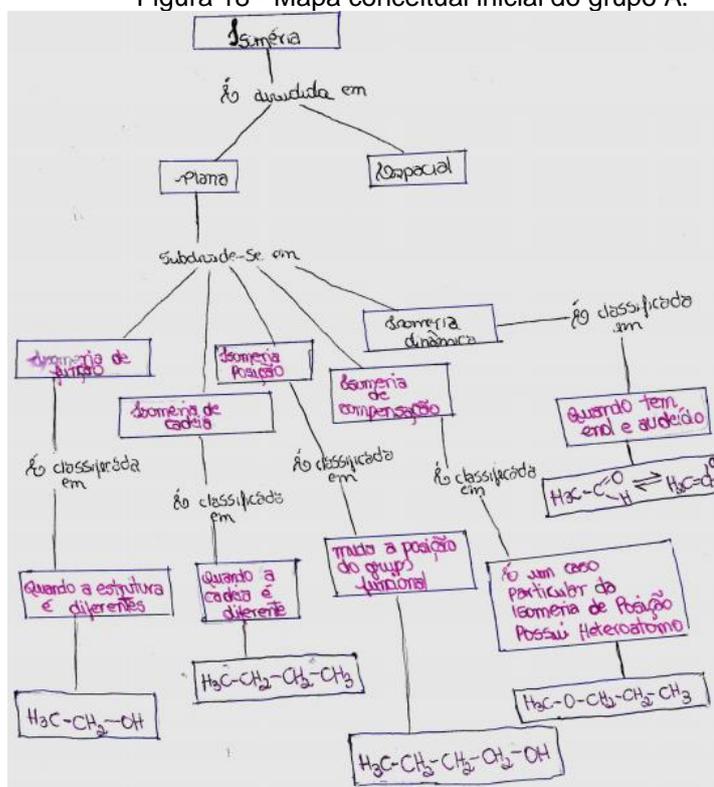
A análise dos MC foi feita com base em três categorias:

- ✓ Conceitos - foi analisado a qualidade e quantidade dos conceitos apresentados, observando se havia ou não equívocos, e ainda se foram utilizados exemplos;
- ✓ Inter-relações - foi observado como foram feitas as relações entre os conceitos, que tipo de relações foram estabelecidas e se estas faziam sentido, e a utilização de preposições;

- ✓ Estrutura do MC - analisou-se o tipo de MC utilizado, a estruturação utilizada para os conceitos, assim como sua hierarquização e representatividade.

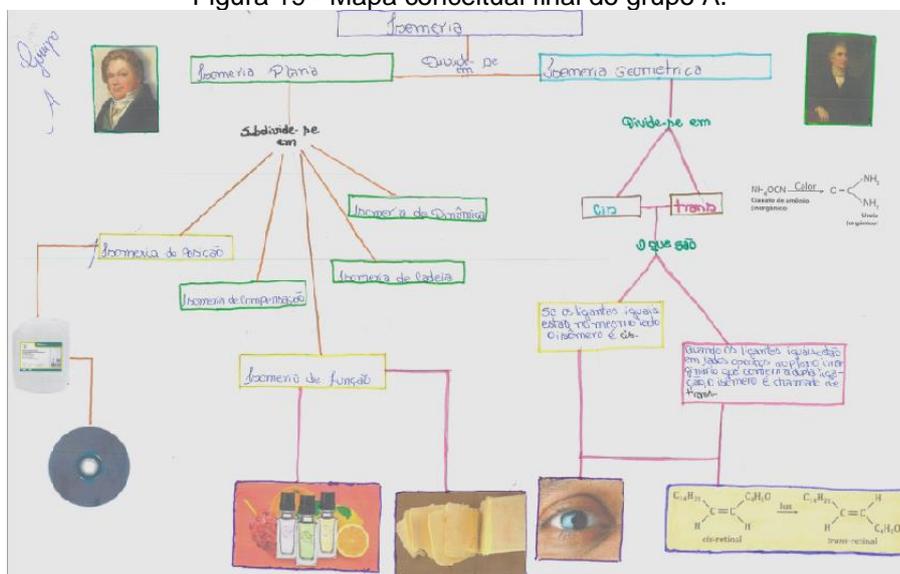
As figuras a seguir apresentam os mapas conceituais inicial (figura 30) e o final (figura 31) do grupo A, onde inicialmente foram analisados os conceitos apresentados.

Figura 18 - Mapa conceitual inicial do grupo A.



Fonte: dado da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 19 - Mapa conceitual final do grupo A.



Fonte: dado da pesquisa elaborado pelos estudantes.

5.2.1 Análise dos conceitos mobilizados pelos alunos.

Como pode-se observar, no MC inicial o grupo apresentou a descrição dos dois conceitos principais de isomeria, porém apenas um dos casos possui um desdobramento em conceitos mais específicos, a isomeria plana, como mostra a figura 18. Apesar de não ter um desdobramento de conceitos mais específicos para os dois casos de isomeria, é importante reconhecer que eles tinham conhecimento da subdivisão do fenômeno da isomeria em constitucional e espacial.

Essa situação pode ser observada porque os estudantes tiveram uma introdução do conteúdo de isomeria, mas a discussão foi relativa apenas para o caso da isomeria constitucional, dessa forma, ao construir o seu MC os estudantes procuraram expor os conceitos de seu conhecimento, tendo em vista que está é a finalidade da construção desse mapa, é ter ciência do conhecimento que o grupo possui do conteúdo (MOREIRA, 1997, 2006).

O MC inicial (figura 18), apresenta os conceitos relacionados a isomeria constitucional, como já dito, foi o único tipo de isomeria a ser exposto com mais detalhamento, o grupo buscou apresentar algumas definições para os casos de isomeria, mesmo não sendo algo fundamental, pois nos MC os indivíduos buscam apresentar suas ideias, conceitos ou leis por meio de palavras (MOREIRA, 1997, 2006). Em relação a essas definições pode-se observar como os estudantes compreendiam cada fenômeno, e o que se pode inferir é que algumas dessas definições estavam equivocadas, como o caso da isomeria de função em que o grupo expõe que é “quando a estrutura é diferente”, não ocorre um erro nessa definição, porém seria mais interessante se a definição se referisse a mudança do tipo de função orgânica. Ainda nesse sentido, tem-se o caso da isomeria de posição, que foi definido levando em consideração apenas uma das possibilidades “muda a posição de um grupo funcional”, já que essa não é a única possibilidade de ocorrência nesse caso.

Esses equívocos podem ter ocorrido em virtude de os estudantes terem tido dificuldade na compreensão dos conceitos, já que se tem uma abordagem usual de um fenômeno que ocorre totalmente no nível microscópico, tendo em vista que se refere a modificações nas estruturas dos compostos isoméricos. De acordo com Costa, Passerino e Zaro (2012, p. 277) a natureza microscópica e vezes abstrata,

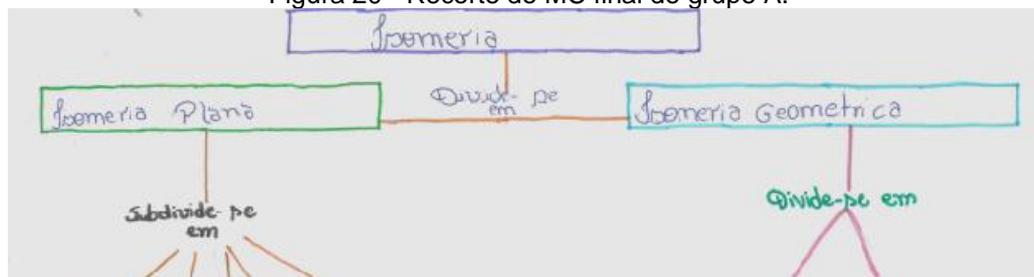
característica dos conhecimentos químicos, costuma provocar, entre os estudantes, dificuldades na aprendizagem das diversas leis e conceitos.

Esses equívocos podem também ter ocorrido, em virtude das formas de abordagem utilizadas para tratamento do conteúdo, onde os estudantes não tinham um material que os auxiliassem a fim de desenvolver de forma satisfatória sua abstração, dependendo apenas dela para compreensão do conteúdo. Essa falta de atividade com materiais concretos condiciona o estudante a utilizar apenas suas abstrações para desenvolvimento dos conhecimentos, não dispondo de um material que possibilite a observação e reflexão, em consequência disso tem o surgimento de dificuldades na compreensão do conteúdo (SILVA, 2012).

No que se refere ao MC final do grupo A (figura 19), o que se pode inferir é que o grupo apresentou uma evolução de conceitos em relação ao seu MC inicial (figura 18), pode-se observar que diferente do MC inicial o grupo considerava as subdivisões do fenômeno da isomeria, e além disso detalha os dois casos em conceitos mais específicos. Esse fato pode ser consequência das atividades realizadas na SD, nas quais, os estudantes puderam utilizar os MM para compreender as estruturas dos compostos isoméricos, pois segundo Justi (2010) esses modelos não são apenas uma forma de representação das moléculas dos compostos, mas uma ferramenta de estudo e compreensão das estruturas, auxiliando na compreensão de forma satisfatória do conteúdo, ou seja, desenvolvendo a compreensão de aspectos do modelo curricular.

Ainda em relação a disposição de conceitos, pode-se inferir no mapa final que mesmo apresentando a subdivisão dos dois casos de isomeria, o grupo relaciona a isomeria espacial diretamente com um de seus casos específicos, a isomeria geométrica (figura 20), não apresentando esse conceito mais geral e nem o outro caso mais específicos, a isomeria óptica.

Figura 20 - Recorte do MC final do grupo A.



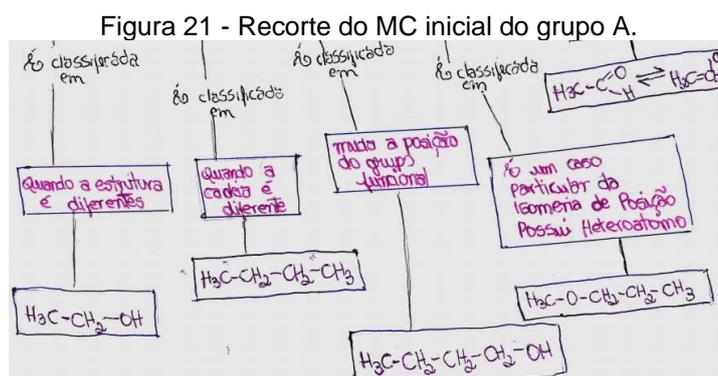
Fonte: dado da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Essa relação pode ter ocorrido devido os estudantes não compreenderem de forma satisfatória a divisão do fenômeno da isomeria em seus dois casos, isomeria plana e espacial. Nessa situação, o grupo procurou relacionar a isomeria geométrica ao segundo caso, mesmo essa relação não sendo explícita, é importante levar em consideração que não estava relacionado diretamente com os casos da plana. Essa situação pode ser consequência da utilização dos MM, pois esta possibilitou que os estudantes percebessem que a mudança era na disposição espacial dos grupos na molécula e não somente uma mudança na forma como estavam ligados, classificando-a como um caso de isomeria espacial.

Apesar da ocorrência citada acima o MC final do grupo A, diferente do que se observou no MC inicial (figura 18), em que os conceitos estavam apresentados apenas para um dos casos do fenômeno, a isomeria constitucional, apresenta conceitos específicos para as duas subdivisões, de forma que fica explícito que eles conseguiram assimilar mais conteúdo, já que expõe uma maior quantidade de conceitos.

Entretanto, essa exposição podia ser ainda mais satisfatória, uma vez que não expuseram o conceito geral, nem outros mais específicos, mas é importante levar em consideração que esse foi o conhecimento desenvolvido pelos estudantes ao longo da SD, logo, é coerente que a exposição dos conceitos no MC tenha sido esta. Moreira (2006) defende, que cada MC é uma forma diferente que os indivíduos tem de apresentar seu conhecimento, ou seja, uma possibilidade de estruturação conceitual.

Um outro aspecto analisado nos MC foi a exposição de exemplos em sua construção, além dos conceitos gerais e específicos. No que se refere a isso, pode-se observar no MC inicial (figura 21), o grupo apresentava a disposição de exemplos referentes aos casos de isomeria constitucional, no entanto não apresentaram os pares de isômeros.

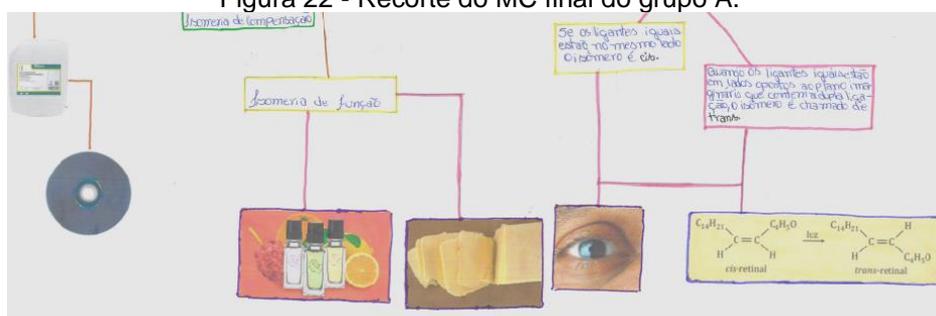


Fonte: dado da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Levando em consideração o conceito de isomeria, seria imprescindível que o grupo tivesse exposto um par de compostos e não somente um deles, visto que para um melhor entendimento dos casos de isomeria utilizados seria crucial o conhecimento das duas substâncias isoméricas, além de utilizar apenas as formulas estruturais. De acordo com Roque e Silva (2012), essas formas de representações são responsáveis pelo surgimento de dificuldades de compreensão das estruturas das moléculas, ainda mais quando se trata de um conteúdo como o de isomeria, em que se tem uma grande variedade de compostos, sendo necessário relacioná-los.

No que diz respeito ao mapa final, observou-se que o grupo, optou por utilizar diferentes tipos de exemplos, como mostra a figura 22.

Figura 22 - Recorte do MC final do grupo A.



Fonte: dado da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Diferente do que se observou no MC inicial, o grupo não utilizou os mesmos exemplos para os casos de isomeria, em vez disso, foram utilizadas imagens para alguns casos do fenômeno. Essa situação pode ter sido resultado dos estudantes perceberem que os exemplos utilizados inicialmente seriam insuficientes, visto que seria mais adequado utilizar pares de substâncias para esse tipo de representação.

Outra observação foi a respeito da indicação da fórmula molecular de cada exemplo utilizado, uma vez que a utilização dessas daria uma maior clareza as relações feitas através das imagens utilizadas, a utilização das imagens no mapa conceitual o torna uma ferramenta mais dinâmica, tendo em vista que os estudantes podem representar seu conhecimento utilizando de diferentes recursos.

5.2.2 Análise das inter-relações mobilizadas pelos estudantes nos mapas conceituais.

As inter-relações foram observadas no MC inicial (figura 18), onde a maioria das relações feitas foram coerentes, pois estas deixam claras as relações conceituais feitas para o conteúdo pelo grupo, como por exemplo, relacionar as isomerias de função, de cadeia e de posição como sendo casos específicos da isomeria constitucional. Dessa forma tinham-se uma relação clara dos conceitos mais gerais aos mais específicos, sendo importante considerar que os específicos foram expostos apenas para isomeria constitucional.

Todas as linhas de entrecruzamento faziam sentido na relação entre todos os conceitos dispostos, o grupo não fez muitas relações entre os próprios conceitos, o que pode ser consequência da ausência de um amplo conhecimento dos estudantes a respeito da temática, além disso, é importante levar em consideração que maioria dos estudantes não haviam tido experiências com a construção de MC, dessa forma é possível que estes façam as relações mais básicas entre os conceitos e nesse primeiro mapa não tenham uma habilidade de construção suficiente para desenvolver relações mais específicas.

No que diz respeito o MC final (figura 19), foi observado que em sua maioria as relações entre os conceitos foram coerentes. Assim como no MC inicial, as relações foram realizadas dos conceitos mais gerais até os mais específicos. Algumas relações construídas não faziam sentido, haja vista que não foi feita a relação entre as isomerias constitucional e espacial, mas sim a relação entre esse conceito mais geral e um conceito mais específico, a isomeria geométrica. Essa situação seria decorrente da dificuldade de compreensão do conteúdo, em que os estudantes podem ter relacionado a subdivisão da isomeria ao seu caso mais específico, isso não quer dizer que o grupo não tinha conhecimento dessa subdivisão, pois o grupo em seu MC inicial (figura 18) apresentou o conceito referente a esse caso mais geral de isomeria.

Além disso, percebeu-se a ausência de algumas relações, entre alguns conceitos dispostos no MC final. A primeira situação se refere as imagens utilizadas, para representar os conceitos de isomeria, seria interessante que a linha de cruzamento estivesse ligada aos dois elementos (figura-conceito), mas isso não ocorreu, como mostra a figura 23. A falta dessa ligação sugere que os conceitos não terem relação.

Figura 23 - Recorte do MC final do grupo A.



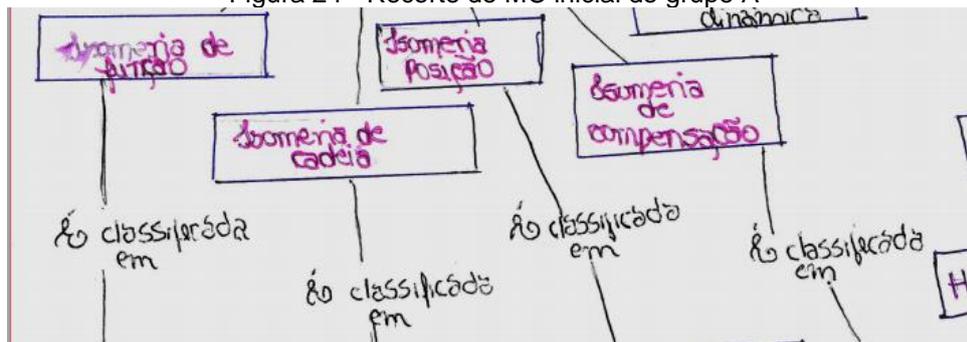
Fonte: dado da pesquisa elaborado pelos estudantes.

A outra situação observada é que o grupo apresentou algumas imagens em seu MC (figura 19), porém não fez nenhuma relação com outro conceito do mapa. Isso foi observado com imagens relacionadas ao aspecto histórico do fenômeno da isomeria, que foi colocado no MC, porém nenhuma relação foi construída com elas. Esse ponto retoma a discussão a respeito da construção do MC, onde a inexperiência nesse tipo de atividade pode ter condicionado os estudantes a utilizar as imagens como mera ilustração e não por relações conceituais desenvolvidas.

Ainda com relação a categoria de inter-relações outro aspecto a ser analisado é o uso de preposições, que são termos que podem ligar dois ou mais conceitos a fim de deixar mais claras as relações (AGUIAR, CORREIA, 2013). No MC inicial (figura 18) observou-se o uso de algumas preposições, que tinham o objetivo de relacionar os conceitos gerais e específicos. As utilizadas para as gerais, demonstraram-se adequadas, deixando explícita a relação da isomeria com suas subdivisões assim atendendo os objetivos da utilização desse elemento componente dos MC.

Já as utilizadas para os mais específicos, inferiu-se que estas não foram adequadas, tendo em vista que a sua utilização se traduz em uma relação incoerente entre os conceitos como pode ser visualizado na figura 24.

Figura 24 - Recorte do MC inicial do grupo A

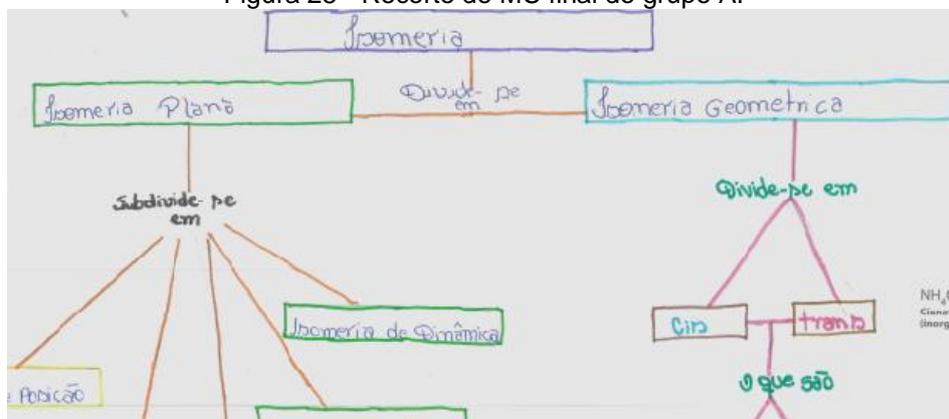


Fonte: dado da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Os termos utilizados nessas preposições não apresentam o provável sentido que o grupo queria passar na relação, esse fator pode ser consequência de uma dificuldade observada na construção dos MC, ou ainda de abordagem de ensino classificatória seja nos tipos das isomerias e em exemplos. Além disso, pode-se perceber durante a construção dos MC percebeu-se que os estudantes apresentaram dificuldades na utilização das preposições, tanto no sentido de qual seria mais adequada, como no de saber em que lugar as utilizar.

No que se refere ao MC final (figura 19), observou-se a utilização de algumas preposições no mesmo sentido do que foi observado no MC inicial (figura 18), porém todas as que foram utilizadas de forma adequada, alcançando o objetivo desse componente, estas tinha a intenção de deixar mais clara a relação entre os conceitos mais gerais e foram as únicas apresentadas, como mostra a figura 25.

Figura 25 - Recorte do MC final do grupo A.



Fonte: dado da pesquisa elaborado pelos estudantes.

É importante levar em consideração que mesmo com o pouco o uso de preposições o MC não perde a sua essência de apresentar relações conceituais, além disso, as outras relações feitas no mapa ficaram claras e são possíveis de entendimento sem a presença desse componente, afinal elas não são elementos obrigatórios na construção de uma MC (MOREIRA, 2006).

5.2.3 Análise das estruturas dos mapas conceituais construídos pelos estudantes

Os dois mapas construídos (figura 18 e figura 19) apresentaram a disposição do tipo hierárquica, em que os conceitos foram dispostos de forma desencadeada, dos mais gerais que estavam no topo, até os mais específicos, na parte inferior. Todos

os conceitos destacados nos mapas foram relevantes para a compreensão das relações feitas nos MC, além disso, a utilização desse tipo de mapa possibilita uma compreensão mais ampla do que o grupo entende do conteúdo com base na exposição dos conceitos e suas relações. Alguns autores (TAVARES, 2007; AGUIAR; CORREIA, 2013) afirmam que este tipo de mapa possibilita uma disposição mais adequada de conceitos, assim como é possível através dela realizar mais relações, facilitando a compreensão geral das informações apresentadas no MC. Levando em consideração que cada mapa é uma construção individual, foi possível através desses MC perceber as dificuldades como também evoluções conceituais desenvolvidas em todo o processo da SD.

5.3 CONSIDERAÇÕES ACERCA UTILIZAÇÃO DOS MODELOS MOLECULARES MEDIANTE A ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS.

No que diz respeito aos MC iniciais percebeu-se que os estudantes tinham um conhecimento parcial do conteúdo, tendo em vista que a maioria dos mapas apresentavam os conceitos referentes somente a isomeria constitucional. Esse fato se deu ao fato de os estudantes terem tido um contato inicial com o conteúdo, onde foi abordado apenas a isomeria constitucional, dessa forma foi possível apenas apresentarem conceitos referentes a esse caso do fenômeno em seus mapas.

Foi observado também em outros mapas, que estes apresentavam além do conceito de isomeria constitucional, o conceito geral referente a isomeria especial, mostrando que apesar de não terem tido um estudo do conteúdo por completo, tinham conhecimento da subdivisão do fenômeno da isomeria. Essa situação foi observada nos questionários, na questão que pedia uma definição para o conceito de isomeria, onde as respostas apresentadas permitiram inferir que os grupos não tinham a compreensão da subdivisão da isomeria, em constitucional e espacial.

Essa situação pode ser resultado da utilização das formas usuais de representação, onde o uso de fórmulas estruturais e moleculares para representar os compostos pode ter ocasionado dificuldades, uma vez que os estudantes não tinham uma forma de representação adequada que auxiliasse no desenvolvimento da abstração do conteúdo e compreensão das estruturas. Segundo Romero (1998), esse

tipo de dificuldade é comumente encontrada nas salas de aulas brasileiras, pois a maioria dessas tem um abordagem dos conteúdos no nível bidimensional, por meio dos livros, quadros e desenhos, dessa forma os estudantes não desenvolvem experiências com o tridimensional, apresentando dificuldades em compreender conteúdos mais abstratos como o de isomeria.

No que se refere aos mapas conceituais finais, pode-se observar que estes em sua maioria apresentaram evoluções conceituais. Nesses mapas foi possível perceber uma variedade maior de conceitos, sejam estes gerais ou específicos. Tendo em vista que inicialmente os estudantes não tinham acesso a uma abordagem do conteúdo na forma tridimensional, pode-se observar uma dificuldade em compreender as especificidades do fenômeno. Deste modo, percebeu-se que a partir da resolução dos questionários os estudantes puderam interpretar o fenômeno em diferentes níveis de representação, favorecendo assim uma melhor compreensão do conteúdo (WARTHA; GUZZI FILHO; JESUS, 2012).

Diferentemente do que se tinha nos MC iniciais, em relação aos conceitos gerais, percebeu-se que nos finais havia a representação dos dois conceitos referentes a subdivisão do fenômeno da isomeria. Estes foram considerados satisfatórios visto que apresentavam os conceitos gerais e específicos relacionados ao fenômeno da isomeria, enquanto que nos iniciais observava-se apenas a isomeria constitucional.

Esse fato pode ser consequência da utilização dos modelos para resolução dos questionários, que proporcionou a experiência de construir e manipular as estruturas dos compostos além disso, os estudantes puderam desenvolver sua habilidade visuoespacial, que é definida como a capacidade de transição entres os níveis 2D e 3D (WU; SHAH, 2004). O desenvolvimento dessa habilidade possibilitou que os estudantes conseguissem reconhecer aspectos dos compostos estudados, visto que agora podiam observar as estruturas em 3D e não apenas 2D.

Além disso, foi possível observar uma maior quantidade de conceitos nos mapas finais referentes a isomeria constitucional e espacial. Também apresentaram as definições de isomeria de função, cadeia, tautomeria, além de exemplos relacionados aos conceitos apresentados, como do ácido láctico, citado para representar a atividade óptica e quiralidade. Essa evolução na disposição de conceitos está relacionada a utilização dos modelos, que possibilitaram através do

manuseio destes uma maior compreensão do conteúdo, em virtude dos diferentes níveis de representação, resultado em uma aprendizagem mais satisfatória.

No que diz respeito às inter-relações, é evidente que os MC finais apresentaram um número maior dessas, visto que na construção do MC inicial os estudantes tinham apenas um conhecimento introdutório do conteúdo. No momento da construção final dos MC os estudantes já possuíam uma compreensão mais ampla do conteúdo, possibilitando não só um número maior de conceitos, mas também de relação entre esses.

Pode-se inferir também sobre o uso das preposições, que nos mapas finais e iniciais, os estudantes utilizaram pouco desse elemento. Isso pode estar relacionado a dificuldade de utilização das preposições durante a construção dos MC. Porém, é importante considerar que mesmo tendo sido pouco utilizadas ainda foi possível entender a maioria das relações feitas entre os conceitos representados nos mapas.

No que se refere a estrutura dos MC, foi possível observar que a escolha do tipo de mapa baseou-se no conhecimento que os estudantes tinham do conteúdo, quando optaram pelo modelo hierárquico e teia de aranha, que são considerados de fácil construção (TAVARES, 2007).

Nos MC finais observou-se que alguns grupos utilizaram o mesmo tipo de mapa hierárquico, enquanto outros apresentaram a mudança do tipo teia de aranha para o hierárquico. Isso se deve ao fato de os estudantes terem uma maior compreensão do conteúdo, possuindo uma maior quantidade de conceitos para serem relacionados nos casos analisados.

No anexo A estão todos os mapas conceituais elaborados pelos grupos. Vale ressaltar, que toda a análise deste trabalho foi efetuada com o grupo focal.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que a utilização das formas de abordagem tradicionais aliadas as abstrações dos conteúdos de química ocasionam o surgimento de dificuldades no processo de aprendizagem, evidencia-se cada vez mais a necessidade da inserção de materiais didáticos que possibilitem superar essas dificuldades e que propiciem uma compreensão desses conteúdos. Deste modo, pode-se pensar na utilização de Modelos Moleculares para a representação dos compostos orgânicos para a aprendizagem de isomeria.

O uso dos modelos moleculares possibilitou o desenvolvimento de habilidades, bem como forneceu suporte para as atividades de abstração e posterior superação das dificuldades relacionadas ao conteúdo de isomeria. Na resolução dos questionários utilizando os modelos os estudantes estiveram inseridos em atividades de modelagem, que lhes permitiu construir modelos para representar as moléculas orgânicas, e a partir destes desenvolver justificativas para as respostas as questões propostas.

No que se refere aos mapas conceituais iniciais foi possível caracterizar o que os estudantes conheciam previamente sobre isomeria. A partir desses foi possível inferir que havia pouco conhecimento, tendo em vista que os estudantes tinham tido apenas uma introdução deste conteúdo. Ainda assim, foi possível perceber relações conceituais entre alguns conceitos. Entretanto, percebeu-se que algumas relações estavam equivocadas, e podiam ser consequência da falta de compreensão do conteúdo, assim como da abordagem usual, onde prevaleceu a utilização de fórmulas e representações bidimensionais.

Quanto aos mapas conceituais finais, foi observado uma evolução dos conceitos apresentados ao final da sequência. Quando comparados com os mapas iniciais, observou-se que os estudantes apresentaram uma compreensão maior do conteúdo, visto que houve uma maior quantidade de conceitos expostos e um maior número de relações entres esses. Esse resultado pode estar relacionado a utilização dos modelos para resolução dos questionários, que possibilitou aos estudantes saírem da posição de receptores e para agentes ativos no processo de aprendizagem.

No que tange a utilização dos modelos moleculares, estes podem ser considerados como um dos materiais didáticos propícios para compreensão do

conteúdo de isomeria, pois permitiram que os estudantes desenvolvessem sua habilidade de abstração. Além disso o uso dos modelos para representação das moléculas permitiu que os estudantes tivessem a possibilidade de desenvolver outras habilidades, como a visuoespacial, que lhes permite transitar entre os diferentes níveis de representação do conhecimento químico, tendo como consequência uma compreensão efetiva do conteúdo, que pôde ser constatada nos mapas conceituais construídos pelos estudantes.

Por meio da utilização dos modelos também foi possível reconhecer as suas limitações enquanto recurso didático para aprendizagem para o conteúdo de isomeria no contexto dessa pesquisa. Dentre as limitações pode-se perceber a dificuldade dos alunos na elaboração dos seus modelos mentais dificultando também a representação destes por meio dos modelos de representação (modelos moleculares sólidos). além disso, foi possível reconhecer que a utilização dos modelos pode não ser oportuno para moléculas com um grande número de compostos, podendo ocasionar em dificuldades na construção dos modelos e na manipulação destes.

No que diz respeito as perspectivas futuras para o prosseguimento dessa pesquisa, apresenta-se a utilização da modelagem como foco em uma abordagem que busca analisar o desenvolvimento de habilidades investigativas através da mesma para conteúdos de química. Uma vez que nesse trabalho utilizou-se apenas de aspectos específicos desse tipo de abordagem, como os modelos de ensino (os modelos moleculares), os modelos mentais e processo de elaboração, representação e manipulação destes.

REFERENCIAS

- AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 141–157, 2013
- BARBOSA, L. C. A. **Introdução à Química Orgânica**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- BORGES, T. Um Estudo de Modelos Mentais. **Investigações em Ensino em Ciências**. Porto Alegre, 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**: bases legais/ Ministério da Educação – Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Médio e Tecnológica, 1999.
- CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 1. ed. -- São Paulo: Saraiva, 2016.
- CAREY, F. A. **Química Orgânica**. 7. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2012. vol. 1.
- CORREIA, P. R. M., SILVA, A. C., & JUNIOR, J. G. R. Mapas conceituais como ferramenta de avaliação na sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 32, n. 4, p. 1-8, 2011.b
- CORREIA, P.; AGUIAR, J.; VIANA, A.; CABRAL, G. Por Que Vale a Pena Usar Mapas Conceituais no Ensino Superior? **Revista de Graduação USP**, v. 1, n. 1, p. 41-51, 18 jul. 2016.
- COSTA, R. G.; PASSERINO, L. M.; ZARO; M. A. Fundamentos Teóricos Do Processo De Formação De Conceitos E Suas Implicações Para O Ensino E Aprendizagem De Química. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, vol.14, n.1, pp.271-281, 2012.
- FONSECA, M. R.M. **Química**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2013.

_____. **Completamente química**: química orgânica, São Paulo, 2001.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (organizadoras). **Métodos de Pesquisa**. 1ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 19-26, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Gilbert, J. K. **Visualization in Science Education**, Netherlands: Springer, 2005.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. Positioning models in science education and in design and Technology education. In J. K. GILBERT; C. J. BOULTER (Eds.), **Developing models in science education**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.3 - 17, 2000.

JOHNSTONE, A.H. **The Development of Chemistry Teaching**, The Forum, v. 70, n 9, 1993.

JUSTI, R. Modelos e Modelagem no Ensino de Química. In: SANTOS, W. L. P. e MALDANER, O. A. (Ed.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí, RS: Ed. Unijuí, 2010. p. 209-230.

LIMA, M. B., LIMA-NETO, P. De. Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de química - **Química Nova**. 22º Ed, Vol. 22, n.6-1999.

MCMURRY, J. **Química Orgânica** - Vol. 1 - Tradução da 9ª Ed. Norte-Americana; Química Orgânica - Combo - Tradução da 7ª Norte-americana 2011.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. In: **International Journal of Science Education**. p. 515-652, 2004

MILAGRES, V.; JUSTI, R. Modelos de ensino de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, n. 13, p. 41-46, 2001.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem significativa**. Porto Alegre, 1997.

_____. **Mapas Conceituais e Diagramas V**. Porto Alegre: Ed. Do autor, 2006.

_____. Mapas Conceituais. **Caderno Catarinense Ensino Física**. Florianópolis, 3(1): 17-25, abril 1986.

MORTIMER, E. F., MACHADO, A. H., ROMANELLI, L. A Proposta Curricular da Química no Estado de Minas Gerais: Fundamentos e pressupostos, **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**: ensino médio. 2. ed. – São Paulo: Scipione, 2013.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação. **Parâmetros Curriculares de Química**. Ensino Médio, Recife, 2013.

PERUZZO, FRANCISCO MIRAGAIA, CANTO, EDUARDO LEITE. **Química na abordagem do cotidiano**. 4. ed. — São Paulo: Moderna, 2006.

POZO, J. I. CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Tradução Naila Freitas. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAUPP, D.; MOREIRA, M. A.; SERRANO, 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.

ROGENSKI, M. L. C.; PEDROSO, S. M. D. **O ensino da geometria na educação básica: realidade e possibilidades**. 2008.

ROMERO, J.R. **Fundamentos de estereoquímica dos compostos orgânicos**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 1998.

ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A LINGUAGEM QUÍMICA E O ENSINO DA QUÍMICA ORGÂNICA. **Química Nova**, Vol. 31, No. 4, 921-923, 2008.

RUIZ-MORENO, L.; SONGSONO, C.; BATISTA, S. & BATISTA, N. “Mapa Conceitual: Ensaando Critérios de Análise”. **Ciência e Educação**, vol. 13, n. 3, pp. 453-463, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química Cidadã**. 3. ed. São Paulo: Editora AJS, 2016.

SILVA, A. A. Conhecimento Científico no Ensino de Química. **Revista Thema**, vol.09, n. 02, p. 1-16, 2012.

SILVA, A. F. A. **Ensino e Aprendizagem de Ciências nas Series Iniciais: Concepções de um Grupo de Professoras em Formação**. 2006. 166 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Instituto De Química Da USP. Instituto De Química Da USP Faculdade De Educação Da USP. Instituto De Biociências Da USP Curso Interunidades No Ensino De Ciências, São Paulo, 2006.

SILVA; SILVA. **Dificuldades de aprendizagem no ensino da Isomeria para estudantes do Ensino Médio**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 47., 2007. Anais... Natal: 2007. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/6/6-294-521.htm>>. Acesso em: 01 maio 2019.

SIMÕES NETO, J. E. **Abordando o conceito de isomeria por meio de situações-problema no ensino superior de química**. 2009. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. vol. 1.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Revista Ciências e Cognição**, v12, p72, 2007.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Revista Ciências e Cognição**, v13, Número 1, p94, 2008.

WARTHA, E. J.; MOTA, J. R.; GUZZI FILHO, N. J. O experimento da gota salina e os níveis de representação em química. **Educación Química**, v. 23, p. 55-61, 2012.

WU, H-K.; SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 465-492, 2004

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA APLICAÇÃO NA PESQUISA

QUESTIONÁRIO- ISOMERIA

1. Sabe-se que a fórmula molecular $C_{40}H_{82}$ dá origem a 62.491.178.805.831 de compostos químicos com fórmulas estruturais diferentes. Diante desse fato, defina o fenômeno que é responsável por essa variedade estrutural e qual a sua importância para o desenvolvimento dos estudos da química.
2. Utilizado nacionalmente como combustível de motores de explosão, encontrado em bebidas como cerveja, vinho e aguardente assim como também na indústria de perfumaria, é classificado como um biocombustível, tendo em vista que pode ser obtido de maneira renovável a partir da cana-de-açúcar. O etanol também conhecido como álcool etílico é uma substância orgânica pertencente ao grupo dos álcoois, possui fórmula molecular C_2H_6O , apresentando em sua estrutura um grupo hidroxila ligado a átomos de carbono sp^3 . Sabendo que existe o fenômeno da isomeria para compostos que apresentam a mesma fórmula molecular, responda as questões abaixo:
 - I. Construa as estruturas que representam as duas substâncias possíveis para a fórmula molecular C_2H_6O utilizando os MMS e identifique que tipo de isomeria esses compostos apresentam, justificando sua resposta.
3. “E se... o petróleo acabar? Além dos plásticos, combustíveis e até comida, o petróleo está presente onde menos imaginamos. Xampu, batom, esmalte e roupas (mesmo as de algodão, já que há petróleo nos produtos usados no tingimento). Tudo isso depende do óleo. Não é à toa que uma pessoa consome 22 barris de petróleo por ano. Isso dá mais de 9,5 litros por dia. 70% é gasto em transporte (no combustível do carro ou do ônibus), mas ainda sobra petróleo suficiente para quase tudo que você está usando enquanto lê a Super.”

<http://super.abril.com.br/comportamento/e-seo-petroleo-acabar> (adaptado)

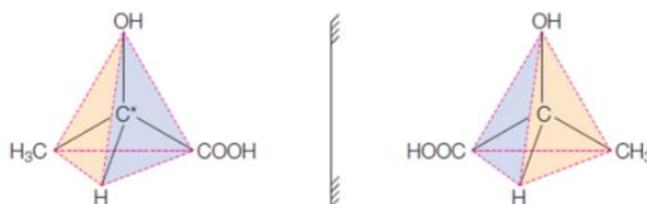
Fonte: SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química Cidadã**. 3. ed.

São Paulo: Editora AJS, 2016.

Os hidrocarbonetos são compostos constituintes do petróleo, e apresentam muita utilidade para a sociedade devido a sua grande aplicabilidade nos produtos em geral. Esses compostos como muitas outras na química orgânica podem apresentar o fenômeno da isomeria, para as duplas de hidrocarbonetos abaixo, construa as estruturas de cada par e identifique a forma de isomeria possível de existir entre eles, justificando sua resposta.

- I. Butano e isobutano;
- II. Dimetilpropano e metilbutano;

4. (Adaptado-Unicamp-SP) As plantas se comunicam com insetos e animais superiores com o objetivo de favorecer os seus processos de polinização, frutificação e maturação. Para isso, sintetizam substâncias voláteis que os atraem e que são conhecidos por feromônio. Um exemplo desse tipo de substâncias é o 3-penten-2-ol, encontrado em algumas variedades de manga, morango, pêsego, maçã, alho, feno e até mesmo em alguns tipos de queijo como, por exemplo, o parmesão.
- I. Sabendo que o 3-penten-2-ol apresenta o fenômeno da isomeria, construa a(s) estrutura(s) para esse composto, utilizando o MMS, e identifique-a, qual o tipo de isomeria presente, justificando em seguida a sua resposta.
 - II. O 3-penten-2-ol apresenta algum outro tipo de isomeria? Em caso de resposta afirmativa, analise os modelos construídos no item I, classifique os estereoisômeros, justificando a sua resposta.
5. (Adaptado-FAFI-MG) O ácido láctico (ácido 2-hidróxiopropanóico) é um ácido orgânico que possui fórmula química $C_3H_6O_3$, aparência cristalina e solubilidade em água. Este ácido é amplamente utilizado na indústria alimentícia devido a sua propriedade acidulante, empregado por isso na fabricação de cervejas, carnes curadas, fermentos químicos, iogurtes, sucos artificiais e etc. Este composto é produzido pelos animais como resposta a atividade física excessiva, causando dores musculares.
- Utilizando os MMS, construa as estruturas para o ácido láctico juntamente com sua imagem especular e em seguida discuta se as afirmativas abaixo são verdadeiras (V) ou falsas (F). Justifique sua resposta com base nos seus conhecimentos de isomeria óptica. Utilize a representação abaixo como referência para construção das moléculas.



- I. Possui átomo de carbono assimétrico.
- II. Possui atividade óptica.
- III. Possui isomeria cis-trans.
- IV. As suas estruturas não são superponíveis.

APÊNDICE B – PLANOS DE AULAS UTILIZADOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

PLANO I

Escola de Referência em Ensino Médio Deolinda Amaral

SÉRIE: 3º ano do Ensino Médio

IDENTIFICAÇÃO		
Disciplina	Professor (a):	E-mail:
Química	José Julio Gomes	julliogms@outlook.com

Assunto	Mapas conceituais
Data:	03/06/2019

OBJETIVO GERAL
Construir mapas conceituais sobre o conteúdo de isomeria

OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Ensinar o que são mapas conceituais e como construí-los • Construir mapas conceituais a respeito do conteúdo de isomeria.

METODOLOGIA
<ul style="list-style-type: none"> • Será ministrada uma aula expositiva sobre mapas conceituais fim de explicar o que são e como se fazer mapas. • A sala será dividida em grupos de até estudantes, em que cada um desses irá construir um mapa conceitual, com base na pergunta focal: o que você compreende por isomeria?

RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Data Show • Quadro • Folhas A4

PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO

Análise dos mapas conceituais para avaliação do conhecimento dos estudantes sobre o conteúdo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 2, p. 141–157, 2013

MOREIRA, M. A. *Mapas Conceituais e Diagramas V*. Porto Alegre: Ed. Do autor, 2006.

PLANO II

Escola de Referência em Ensino Médio Deolinda Amaral

SÉRIE: 3º ano do Ensino Médio

IDENTIFICAÇÃO		
Disciplina	Professor (a):	E-mail:
Química	José Julio Gomes	julliogms@outlook.com

Assunto	Isomeria
Data:	06/06/2019

OBJETIVO GERAL
Compreender o fenômeno da isomeria e suas divisões

OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Entender sobre o fenômeno da isomeria e suas divisões • Diferenciar os tipos de isomeria • Reconhecer a isomeria como aplicações em seu cotidiano

METODOLOGIA
<p>Será ministrada uma aula expositiva dialogada sobre o conteúdo de isomeria buscando despertar discussões e questões que levem os estudantes a refletirem a importância de conhecer o fenômeno e seus casos. Utilizar os modelos moleculares a fim de representar os compostos isoméricos, propiciando aos estudantes uma visualização destes facilitando o processo de abstração do conteúdo e a relação entre esses. Demonstrar exemplos cotidianos com o objetivo de aproximar os estudantes do conteúdo na sua importância e variedade.</p>

RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Data Show • Quadro • Modelos moleculares

PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO

Observação das interações durante a aula e notas de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, L. C. A. **Introdução à Química Orgânica**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 1. ed. -- São Paulo: Saraiva, 2016.
- CAREY, F. A. **Química Orgânica**. 7. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2012. vol. 1.
- FONSECA, M. R.M. **Química**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2013.

PLANO III

Escola de Referência em Ensino Médio Deolinda Amaral**SÉRIE:** 3º ano do Ensino Médio

IDENTIFICAÇÃO		
Disciplina	Professor (a):	E-mail:
Química	José Julio Gomes	julliogms@outlook.com

Assunto	Aplicação dos questionários
Data:	10/06/2019

OBJETIVO GERAL
Aplicar questionários referentes ao conteúdo de isomeria

OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar os modelos moleculares para resolver os questionários.

METODOLOGIA
Divididos em grupos cada um recebeu um questionário referente ao conteúdo de isomeria que deveria ser resolvido com auxílio dos modelos moleculares. A construção dos modelos foi feita utilizando palitos de madeira, jujuba e massa de modelar.

RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Palitos de madeira, jujubas e massa de modelar

PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO
Análise posterior dos questionários e observações durante a resolução os mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, L. C. A. **Introdução à Química Orgânica**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 1. ed. -- São Paulo: Saraiva, 2016.
- CAREY, F. A. **Química Orgânica**. 7. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2012. vol. 1.
- FONSECA, M. R.M. **Química**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2013.
- JUSTI, R. Modelos e Modelagem no Ensino de Química. In: SANTOS, W. L. P. e MALDANER, O. A. (Ed.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí, RS: Ed. Unijuí, 2010. p. 209-230.
- LIMA, M. B., LIMA-NETO, P. De. Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de química - **Química Nova**. 22º Ed, Vol. 22, n.6– 1999.

PLANO VI

Escola de Referência em Ensino Médio Deolinda Amaral**SÉRIE:** 3º ano do Ensino Médio

IDENTIFICAÇÃO		
Disciplina	Professor (a):	E-mail:
Química	José Julio Gomes	julliogms@outlook.com

Assunto	Mapas conceituais
Data:	13/06/2019

OBJETIVO GERAL
Construir mapas conceituais a respeito do conteúdo de isomeria

OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Construir mapas conceituais finais

METODOLOGIA
A construção do mapa conceitual deve ser feita em grupo e teve a como referência a mesma pergunta focal do mapa inicial: o que você compreende por isomeria. Serão disponibilizadas imagens referentes a aspectos discutidos durante a aula do conteúdo para que possam ser utilizados nos mapas.

RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Folhas de A3 • Imagens referentes ao conteúdo de isomeria

PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO
Análise posterior dos mapas e observações durante a resolução os mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 2, p. 141–157, 2013

MOREIRA, M. A. *Mapas Conceituais e Diagramas V*. Porto Alegre: Ed. Do autor, 2006.

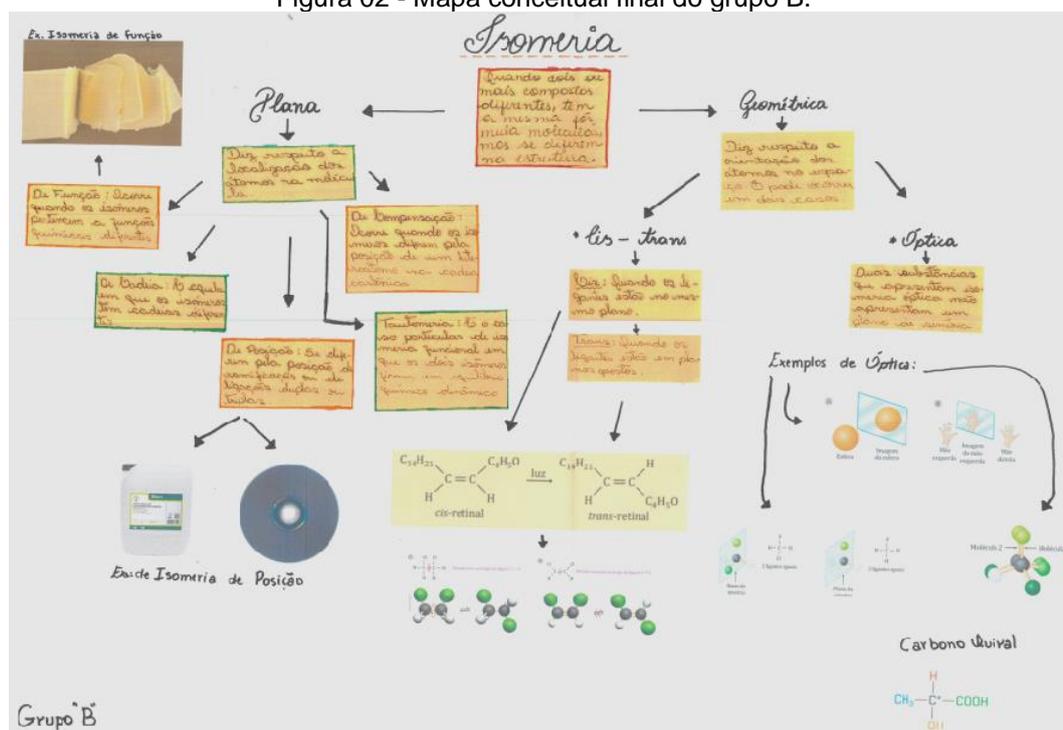
ANEXO A – MAPAS CONCEITUAIS CONTRUÍDOS PELOS GRUPOS.

Figura 01- Mapa conceitual inicial do grupo B.



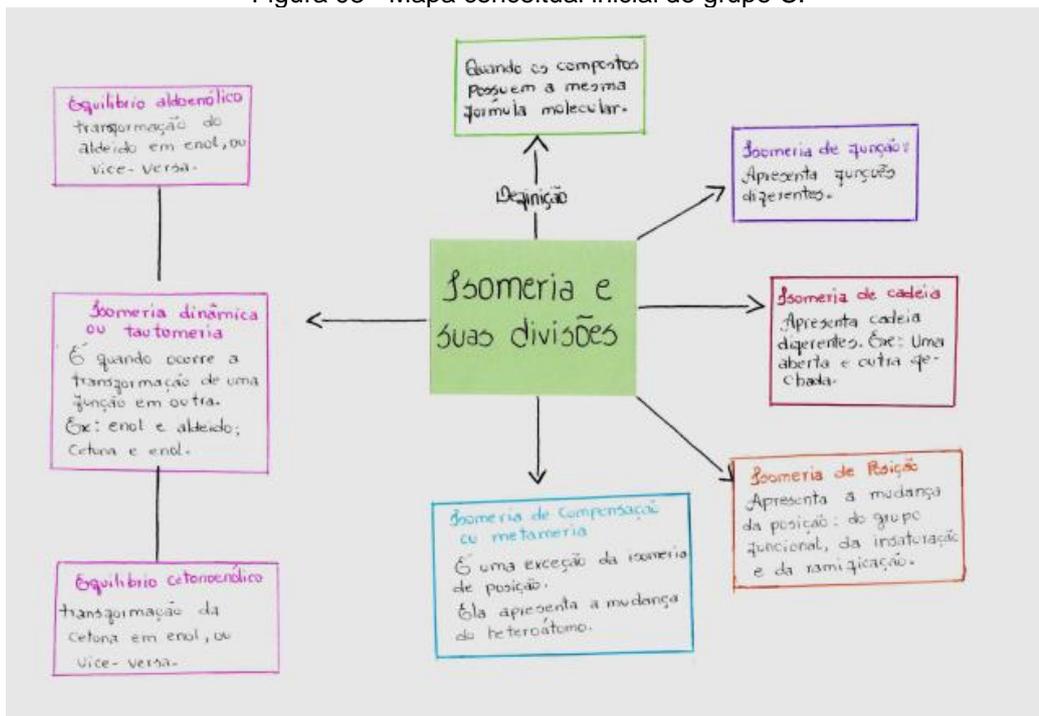
Fonte: dados da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 02 - Mapa conceitual final do grupo B.



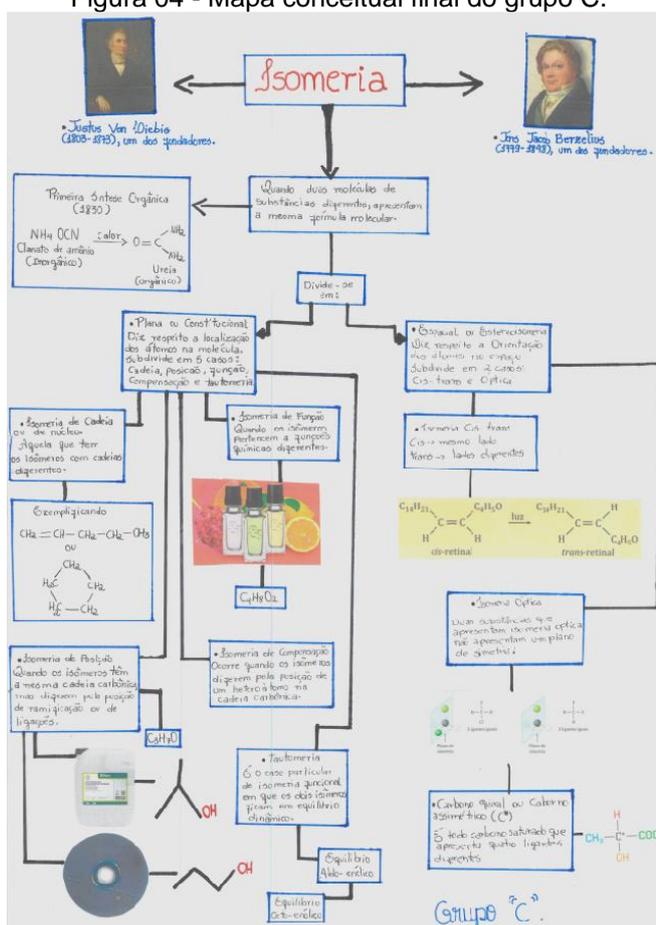
Fonte: dados da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 03 - Mapa conceitual inicial do grupo C.



Fonte: dados da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 04 - Mapa conceitual final do grupo C.



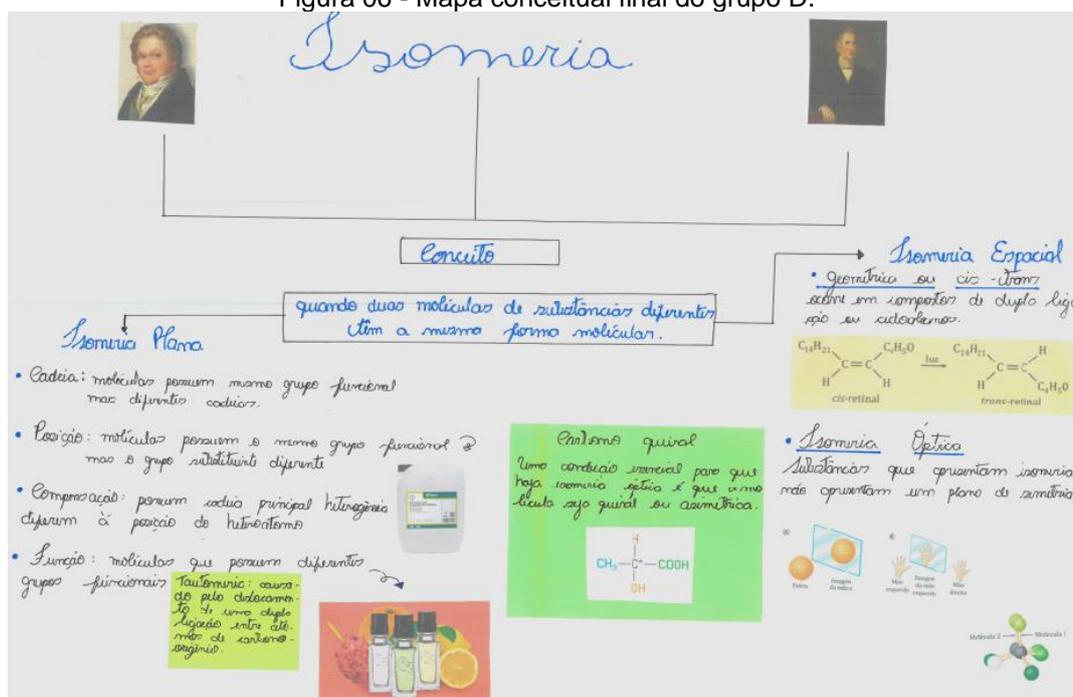
Fonte: dados da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 05 - Mapa conceitual inicial do grupo D.



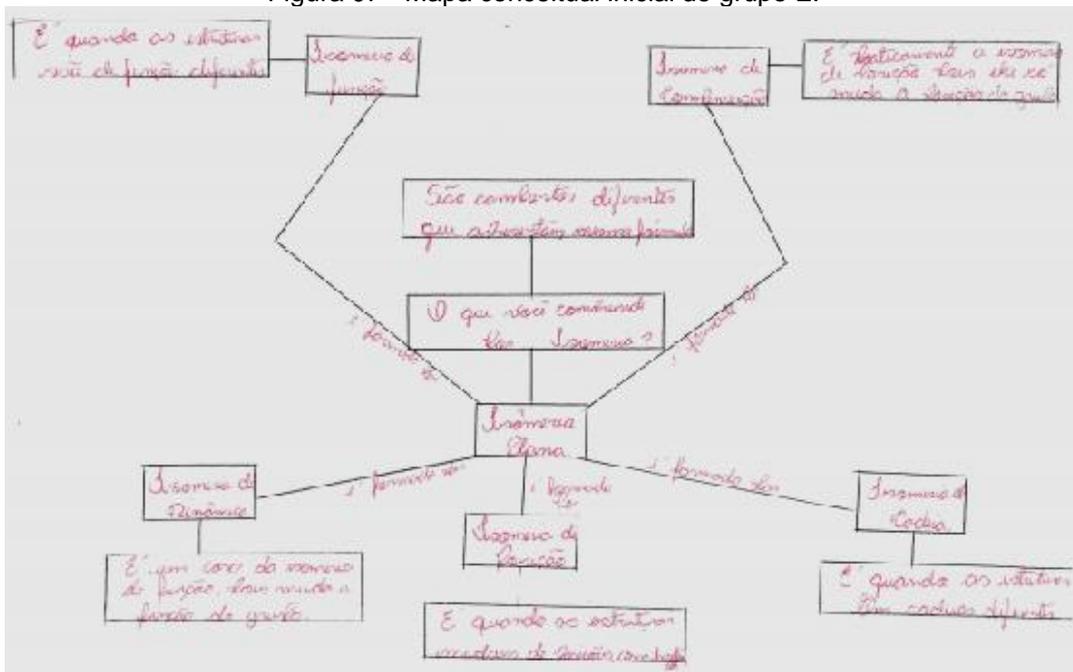
Fonte: dados da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 06 - Mapa conceitual final do grupo D.



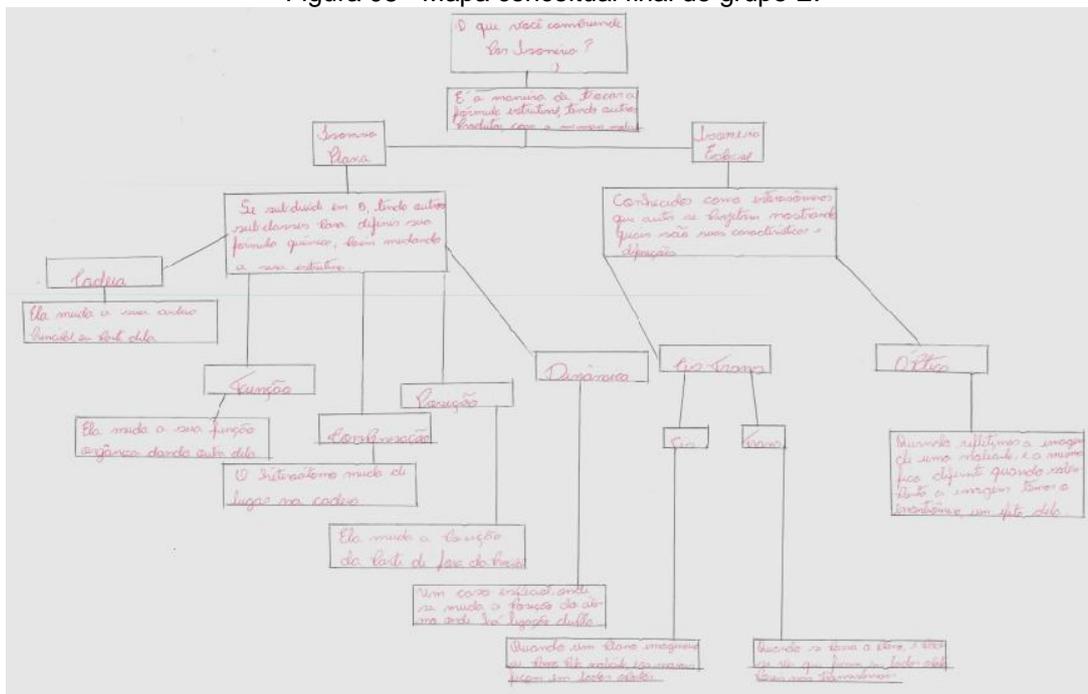
Fonte: dados da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 07 - Mapa conceitual inicial do grupo E.



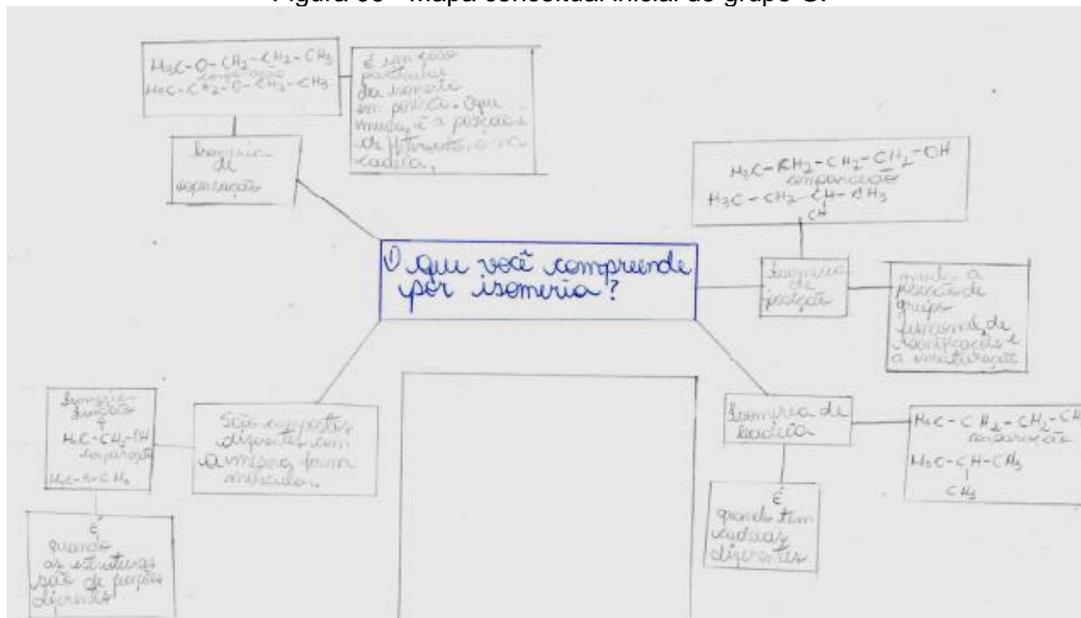
Fonte: dados da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 08 - Mapa conceitual final do grupo E.



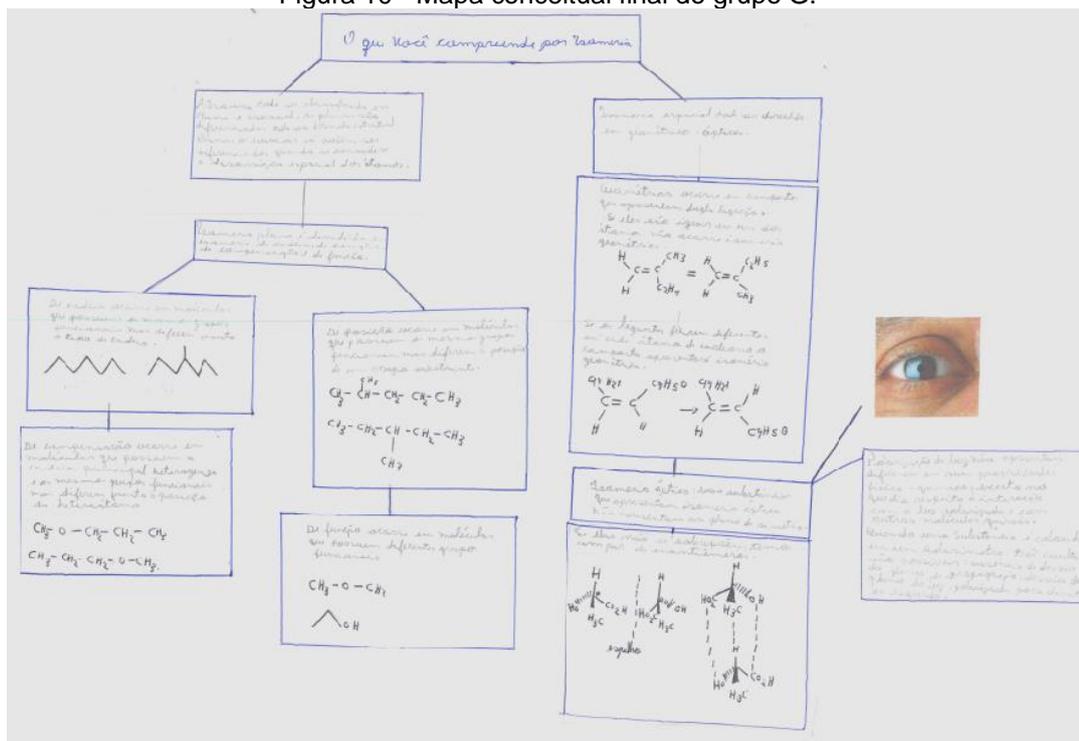
Fonte: dados da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 09 - Mapa conceitual inicial do grupo G.



Fonte: dados da pesquisa elaborado pelos estudantes.

Figura 10 - Mapa conceitual final do grupo G.



Fonte: dados da pesquisa elaborado pelos estudantes.